

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.

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

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

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en
aménagement du littoral et protection de l'environnement

THEME :

**LA PLAGE DE STAMBOUL (BORDJ EL-KIFFAN) ET
SON ENVIRONNEMENT :**
CONTRIBUTION A LA REFLEXION SUR LES PROBLEMES ET
PERSPECTIVES D'AMÉNAGEMENT ET DE PROTECTION D'UN SITE
BALNÉAIRE.

Jury :

Président : M^f BELKESSA R.
Promoteur : M^f LARID M^{ed}.
Examineur : M^f SEFIANE O.
Examineur : M^f BOUTIBA M.

Présenté par :

M^f BOUKAHEL Chafik
M^f BENKHARFELLAH Samir

Mai 1999

SOMMAIRE

Introduction générale.	01
Chapitre I .Quelques données sur le milieu physique et naturel.	
I.1. Situation géographique	03
I.2. Présentation du site d'étude (Stamboul)	03
I.2.1. La plage	05
I.2.2. La batterie turque	05
I.3. Approche géomorphologique	08
I.3.1. Géomorphologie de la région d'Alger	08
I.3.2. Géomorphologie du site d'étude	10
I.3.3. Croquis géomorphologique détaillé	10
I.4. Les données climatiques	13
I.4.1. Les précipitations	13
I.4.2. La température	15
I.4.3. Diagramme ombrothermique	15
I.4.4. Les vents	15
Interprétation des roses des vents	17
I.5. Le réseau hydrographique	19
I.5.1. Oued El-Harrach	19
I.5.2. Oued Hamiz	21
I.6. Les données hydrodynamiques	22
I.6.1. Les houles	22
I.6.1.1. Direction de la houle au large	22
I.6.1.2. Relation amplitude - direction de la houle au large	23
I.6.1.3. Relation amplitude - période de la houle au large	24
I.6.1.4. Caractéristiques de la houle au large	26
I.6.2. Les courants	27
I.6.2.1. Les courants généraux	27
I.6.2.2. Les courants côtiers	27
I.6.3. La marée et le niveau de la mer	29
I.7. Les apports de matériaux	29
I.8. Description et répartition des différents sédiments dans la baie d'Alger	30
I.8.1. Les sédiments calcaires	30
I.8.2. Les sédiments siliceux	32
I.8.3. Les sédiments argileux	32
Chapitre II . Evolution urbaine et nuisances sur la zone côtière.	33
II.1. Développement du bâti	33
II.1.1. Le réseau routier	33
II.1.2. Système du bâti de Bordj El-Kiffan	35
II.1.3- Le système du bâti de Stamboul	35

II.1.4. Occupation du sol aux environs de Stamboul	35
II.2. Démographie et activité dominantes	37
II.2.1. Démographie	37
II.2.2. Agriculture	38
II.2.3. Activités industrielles	38
II.2.4. Equipement	38
II.2.5. Assainissement	38
II.2.5.1. Etat du réseau d'assainissement	38
II.2.5.2. Traitement des rejets urbains et industriels	39
II.3. L'extraction des matériaux	40
II.3.1. Exploitation du sable de plage	41
II.3.2. Exploitation des cordons littoraux (dunes actuelles)	41
II.3.3. Exploitation des cordons dunaires (dunes anciennes)	42
II.4. Quelques indicateurs sur la pollution marine et littoral	42
Chapitre III . Reconnaissance d'un site balnéaire (Stamboul)	
III.1. Détermination de la limite d'action de la houle	44
III.2. Evolution du trait de côte	45
III.3. Approche Morphosédimentaire	48
III.3.1. Etude des profils de la plage aérienne	48
III.3.2. La bathymétrie	48
III.3.2.1. Mesures bathymétriques	48
III.3.2.2. Travaux au laboratoire	51
III.3.2.3. Interprétation de la carte bathymétrique	51
III.3.3. Etude des profils de la plage sous-marine	51
III.3.4. Etude sédimentologique	54
III.3.4.1- Granulométrie	54
III.3.4.1.1. Définition	54
III.3.4.1.2. Mode opératoire	56
III.3.4.1.3. Les indices granulométriques	56
III.3.4.1.4. Les paramètres centraux	58
III.3.4.1.5- Etude de la plage sous-marine	58
III.3.4.1.5.1- Interprétation des indices granulométriques	58
a- Le classement (So)	58
b- L'asymétrie (Sk)	59
III.3.4.1.5.2. Interprétation des paramètres centraux	59
a. Répartition des médianes	59
b. Répartition des modes	59

c. Répartition des pélites	62
III.3.4.1.5.3. Corrélation entre les quatre cartes	62
III.3.4.1.6. Etude de la plage aérienne	65
III.3.4.1.6.1. Interprétation des indices granulométriques	65
III.3.4.1.6.2. Interprétation des paramètres centraux	65
III.3.4.2. Morphoscopie	67
III.3.4.2.1. Interprétation des résultats de la plage aérienne	68
III.3.4.2.2. Interprétation des résultats de la plage sous-marine	68
III.3.4.3. Calcimétrie	70
III.4. Approche hydrosédimentaire	72
III.4.1. Plans de vagues	72
III.4.2. Répartition des vitesses des courants	76
III.4.3. Transit sédimentaire	84
III.4.4. La répartition du décile supérieur	87
III.5. La qualité microbiologique du milieu	89
Chapitre IV . Approche critique sur les opérations et les orientations d'aménagement et de protection au niveau de Stamboul.	
IV.1. Les grandes orientations d'aménagement au niveau de Stamboul	94
IV.1.1. La zone d'expansion touristique (ZET) de Stamboul	94
VI.1.1.1. Principes d'aménagement	94
VI.1.1.2. Approche critique	96
VI.1.2. Perspectives d'aménagement au niveau de la plage de Stamboul .	97
VI.2. Approche critique des opérations de protection au niveau de Stamboul .	97
VI.2.1. Reconstitution de la plage de Stamboul	98
VI.2.2. Opération de protection de la cité de Stamboul	99
a- Principe de protection préconisé par l'A.P.C.	99
b- Principe de protection préconisé par le L.E.M. (Août 1998).	99
c- Principe de protection « accidentel »	101
Chapitre V . Causes et lutte contre l'érosion côtière	
V. 1. Causes de l'érosion côtière	103
V. 1.1 Les causes naturelles de l'érosion côtière	103
V.1.2. Les causes humaines de l'érosion côtière	104
V.2. Lutte contre l'érosion côtière	106
V.2.1. Protection statique ou techniques lourdes	106
V.2.2. Protection dynamique ou techniques douces	106
V.2.3. Quelques techniques en stade d'expérimentation	107

Chapitre VI . Perspectives de protection et d'aménagement intégré du site d'étude (Stamboul).

VI.1 Rechargement artificiel de la plage Stamboul	108
VI.1.1. Calcul du volume de matériau à mettre en place	109
VI.1.2. Comparaison granulométrique entre le matériau d'apport et le matériau naturel	115
a. Matériau naturel	116
b. Matériau d'apport	116
VI.1.3 Calcul du volume réel du matériau d'apport	120
VI.1.4. Calcul du volume de rechargement périodique	122
VI.1.5. Lieu et période de dépôt	122
VI.1.6. Estimation des prix	122
VI.2. La récréation et la stabilisation de la dune bordière	124
VI.3. Perspectives d'aménagement intégré au niveau de Stamboul	127
Chapitre VII . Le cadre réglementaire et institutionnel.	
VII.1. Le littoral dans la planification spatiale	129
VII.2. Analyse critique des mesures réglementaires et institutionnelles relatives au littoral	131
VII.3. Les mesures organisationnelles	132
Conclusion générale.	134

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo n°01 : - Disparition du tronçon de plage face à la cité Stamboul	
- Type de protection préconisé par la commune	
- Apparition du platier rocheux	06
Photo n°02 : Effondrement de la route et de certaine habitations à la cité Stamboul	06
Photo n°03 : Apparition d'un platier rocheux au niveau de l'estran de la plage de Stamboul	07
Photo n°04 : - L'Erosion marine menace le fort Turque	
- Les travaux de reprofilage de la plage	07
Photo n°05 : Construction de type « Pied dans l'eau » au niveau de la plage centre de Bordj El-Kiffan	34
Photo n°06 : - Rejet directe des eaux usées en mer de « type individuel »	
- Urbanisation de type « Pied dans l'eau » (Plage Sirène 2)	92
Photo n°07 : Rejet directe des eaux usées en mer de « type collectif » au niveau de la plage de la Sirène 2.	92
Photo n°08 : - Habitation en danger dans la cité Stamboul.	
- Rejets solide de toutes nature remet à la côte	100
Photo n°09 : Protection frontale « accidentelle » de la cité Stamboul.	100
Photo n°10 : Rejets solides participant à la dénaturation et la dégradation de la plage de Stamboul	105
Photo n°11 : Installation d'un parking à la partie Ouest de la plage de Stamboul.	105

LISTE DES FIGURES

Fig. n° 01 : Limites des communes à façade maritime du Gouvernorat du Grand Alger.	04
Fig. n° 02 : Carte géologique de la région d'Alger.	09
Fig. n° 03 : Géologie de la zone d'étude.	11
Fig. n° 04 : Photo-interprétation de la région de Stamboul. (Morphologie locale détaillée)	12
Fig. n° 05 : Moyennes mensuelles de précipitations.	14
Fig. n° 06 : Moyennes mensuelles des températures de l'air.	14
Fig. n° 07 : Diagramme ombrothermique.	14
Fig. n° 08 : Rose trimestrielle et annuelle des vents - Alger.	16
Fig. n° 09 : Fréquences cumulé des vents au large par direction et par mois	18
Fig. n° 10 : Carte du chevelu hydrographique	20
Fig. n° 11 : Rose trimestrielle et annuelle des houles (région centre de l'Algérie)	25
Fig. n° 12 : Transit sédimentaire entre l'embouchure de l'oued El-Harrach et Bordj El-Kiffan.	31
Fig. n° 13 : Evolution de l'occupation du sol entre 1957 et 1992 au environs de Stamboul.	36
Fig. n° 14 : Evolution du trait de cote de la plage de Stamboul.	47
Fig. n° 15 : Positionnement des profils de la plage aérienne	49
Fig. n° 16 : Profil de la plage aérienne.	50
Fig. n° 17 : Bathymétrie de la plage de Stamboul.	52
Fig. n° 18 : Profil de la plage sous-marine.	53
Fig. n° 19 : Positionnement des stations de prélèvements en mer.	55
Fig. n° 20 : Etape de la granulométrie	57
Fig. n° 21 : Carte des médianes de la plage sous-marine.	60
Fig. n° 22 : Carte du mode 1 (80 - 125 μm) de la plage sous-marine.	61
Fig. n° 23 : Carte du mode 2 (160 - 315 μm) de la plage sous-marine.	63
Fig. n° 24 : Carte des petites de la plage sous-marine.	64
Fig. n° 25 : Carte des médianes de la plage aérienne.	66
Fig. n° 26 : Carte du mode 1 (200 μm) de la plage aérienne.	66
Fig. n° 27 : Carte du mode 2 (250 - 400 μm) de la plage aérienne.	66
Fig. n° 28 : Répartition des formes dominantes des grains dans la plage sous-marine.	69
Fig. n° 29 : Répartition des éclats dominants des grains dans la plage sous-marine	69
Fig. n° 30 : Répartition des couleurs dominantes des grains dans la plage sous-marine	71
Fig. n° 31 : Carte des carbonates	73
Fig. n° 32 : Epure de propagation de la houle pour la direction N00°.	75
Fig. n° 33 : Epure de propagation de la houle pour la direction N315°.	77
Fig. n° 34 : Epure de propagation de la houle pour la direction N285°.	78
Fig. n° 35 : Plan de houle de direction N00° (Méthode manuelle)	79
Fig. n° 36 : Plan de houle de direction N315° (Méthode manuelle)	80
Fig. n° 37 : Abaque pour l'estimation de la vitesse du courant en fonction de diamètre des sédiments et de la profondeur.	82
Fig. n° 38 : Direction et répartition des vitesses de courants.	83
Fig. n° 39 : Détermination de H_b/H en fonction de H_0/gT^2	85
Fig. n° 40 : Relation de H_s en fonction de T_p en Méditerranée	85

Fig. n° 41 : Carte du decil supérieur de la plage sous-marine.	88
Fig. n° 42 : Points de prélèvement pour l'analyse microbiologique.	91
Fig. n° 43 : Zone d'expansion touristiques (ZET) de Stamboul.	95
Fig. n° 44 : Profil de rechargement $P_1 - P_2$	111
Fig. n° 45 : Profil de rechargement $P_2 - P_3$	112
Fig. n° 46 : Profil de rechargement $P_3 - P_4$	113
Fig. n° 47 : Courbe granulométrique de l'échantillon représentatif P_1E_1	117
Fig. n° 48 : Faisceaux des courbes cumulative de la plage aérienne	118
Fig. n° 49 : Courbe granulométrique du sédiment du carrière.	119
Fig. n° 50 : Isolignes du facteur d'apport initial R_A	121
Fig. n° 51 : Isolignes du facteur d'entretien R_J	123
Fig. n° 52 : Zonation de la végétation dunaire dans un site naturel.	126
Fig. n° 53 : Plan d'aménagement intégré.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°01 . Moyennes mensuelles des précipitations	13
Tableau n°02 . Moyennes mensuelles des températures de l'air	15
Tableau N°03 . Apport liquides et solides de l'Oued El-Harrach durant la période 1971-1974.	19
Tableau n° 04 . Apports et capacité du barrage Hamiz.	21
Tableau n° 05 . Fréquence mensuelle de la houle au large par direction	23
Tableau n° 06. L'état de la mer en fonction de l'amplitude de la houle au large	23
Tableau n° 07 . Fréquences des différents états de la mer au large par direction	24
Tableau n° 08 . Fréquence des différents états de la mer au large par période	24
Tableau n° 09 . Probabilités d'apparition de la houle associées aux périodes de retour.	26
Tableau n° 10 . Statistique de la houle au large	26
Tableau n° 11 . Taux de croissance démographique à Bordj El Kiffan.	37
Tableau n° 12 . Evolution de la population de Bordj El Kiffan.	37
Tableau n° 13° . Détermination de la profondeur limite par direction.	45
Tableau n° 14 . Vitesse de recul du trait de côte	46
Tableau n° 15 . Caractéristiques de la houle avant le déferlement.	74
Tableau n°16 . Vitesse des courants en fonction du diamètre du grain moyen et de la profondeur de l'échantillon.	81
Tableau n° 17 . Calcul du transit sédimentaire.	86
Tableau n° 18 . Normes algériennes requises pour la qualité des eaux de baignade	90
Tableau n° 19 . Détail qualitatif et estimatif de l'ouvrage proposé par le L.E.M. (1998)	101
Tableau 20 . Relations entre les médianes et les écarts types du matériaux naturel et du matériaux d'apport.	120

INTRODUCTION GENERALE

Le littoral est une zone d'activité intensive, une zone d'échanges à l'intérieur et entre le processus physiques, biologiques, sociaux, culturels et économiques. Elle est composée de systèmes interactifs multiples : marins, terrestres et fluviaux.

Comme dans la plupart des pays à façade maritime, en Algérie, le phénomène de la littoralisation n'a pas manqué de provoquer des pressions importantes dans certaines zones côtières. En beaucoup de régions, notamment au niveau des pôles industriels et urbains (Alger et sa métropole, Oran, Arzew, Skikda, Annaba,...) on constate de sérieuses dégradations du milieu naturel et de ses ressources.

En effet, les efforts d'industrialisation et de services entrepris depuis l'indépendance (basés sur l'utilisation des infrastructures de base « héritées » de la colonisation) n'a fait qu'accroître les déséquilibres régionaux, du fait de la concentration des activités sur les pôles côtiers. De plus, les facteurs climatiques et pédologiques ont favorisé le développement d'activités agricoles dans cet espace.

A la pression démographique exercée par la population permanente sur le littoral, s'ajoute durant la saison estivale des flux très importants de vacanciers. Ces flux se dirigent essentiellement vers les grandes agglomérations urbaines où se concentrent également la majorité des infrastructures touristiques.

En conséquence, ces régions littorales attirent aujourd'hui des masses humaines bien plus grandes que les terres de l'intérieur, d'où une compétition pour l'allocation et l'utilisation des ressources du littoral, avec pour corollaire la dégradation d'un milieu naturel fragile et de haute valeur.

Le littoral adjacent à la baie d'Alger illustre bien cette évolution. Aujourd'hui, c'est devenu une zone côtière qui subit les nuisances industrielles et urbaines de la capitale. Rivage autrefois naturellement équilibré, la plus grande proportion de ses sites balnéaires sont actuellement en déperdition.

Considérée comme une commune à façade maritime de la baie d'Alger, Bordj El-Kiffan n'a pas échappé à cette tendance. En effet, cette commune qui constituait une zone balnéaire très développée, subit actuellement une dégradation très importante, en raison de l'anthropisation hasardeuse et incontrôlée, qui se traduit par : une occupation

anarchique et non sélective du littoral, une surexploitation des ressources (sable de plage, foncier agricole, sites côtiers, ... etc.) et enfin, une dégradation du milieu (zones de rejets, piétinement, érosion et intrusion marine, ... etc.).

L'apparition de tels problèmes témoigne d'une mauvaise gestion de cet espace et d'un aménagement côtier fait, sans se soucier des contraintes d'équilibre et de protection durable du milieu.

De ce fait, les perspectives qui seront dégagées, devront reposer sur l'idée fondamentale que le développement économique, doit être conduit de manière à procurer richesse et prospérité, tout en assurant la protection et la restauration durable de l'environnement, des ressources naturelles et des structures sociales.

Cela signifie, la satisfaction à la fois des besoins du développement touristique dans la commune et la sauvegarde des plages et du rivage qui constituent le fondement du tourisme balnéaire.

C'est pour contribuer à cette approche du développement – protection dans la commune de Bordj El-Kiffan que nous avons étudié la plage de Stamboul. Notre objectif principal est déterminé par trois (03) principaux volets.

- Identification des facteurs d'évolution (naturels et anthropiques).
- Approche critique de la situation actuelle du site.
- Perspectives d'aménagement et de protection.

Pour cela, nous allons d'abord présenté quelques données sur le milieu physique et naturel, ensuite, essayé d'analyser l'impact du développement et des aménagements sur la zone étudiée, pour enfin fournir, en rapport avec les contraintes, des propositions d'actions qui nous semblent les plus adéquates, pour le site de Stamboul.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse inspirer une étude pilote pour toute la commune de Bordj El-Kiffan.

Chapitre I :

QUELQUES DONNEES SUR LE MILIEU PHYSIQUE ET NATUREL

1.1. Situation géographique :

La commune de Bordj El-Kiffan dont laquelle est située notre zone d'étude, s'étend sur une superficie de 325 Km² et située à environ 20 Km à l'Est d'Alger.

Elle fait partie de l'arrondissement (circonscription) de Dar El-Beïda, selon le découpage administratif du Gouvernorat du Grand Alger. Ces communes avoisinantes sont : à l'Ouest Mohammadia et Bab Ezzouar, au Sud Dar El-Beïda et à l'Est Rouïba et Bordj El-Bahri (Fig. n°01).

Du point de vue géographique, elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par le Piémont de l'Atlas Blidéen, à l'Est et à l'Ouest par les Oueds Hamiz et El-Harrach respectivement.

Ces coordonnées géographiques sont :

Latitude : Ouest : entre 3° 10' 05'' et 3° 14' 49''

Longitude : Nord : entre 36° 46' 53'' et 36° 44' 22''

Son littoral orienté Nord-Ouest, a une longueur d'environ 6,4 Km et occupe la partie Est de la baie d'Alger. Il comprend les sites balnéaires suivant :

- Le Lido
- Bordj El-Kiffan (centre ville)
- Verte rive
- Bateau cassé
- Stamboul (Ex les Dunes)
- Doum.

1.2. Présentation du site d'étude (Stamboul) :

Situé à l'extrême Est de Bordj El-Kiffan, Stamboul constituait le premier lotissement de la commune, il date de 1932. Il était constitué de villas et chalets construits au bord de la mer, il avait un caractère plutôt estival que résidentiel.

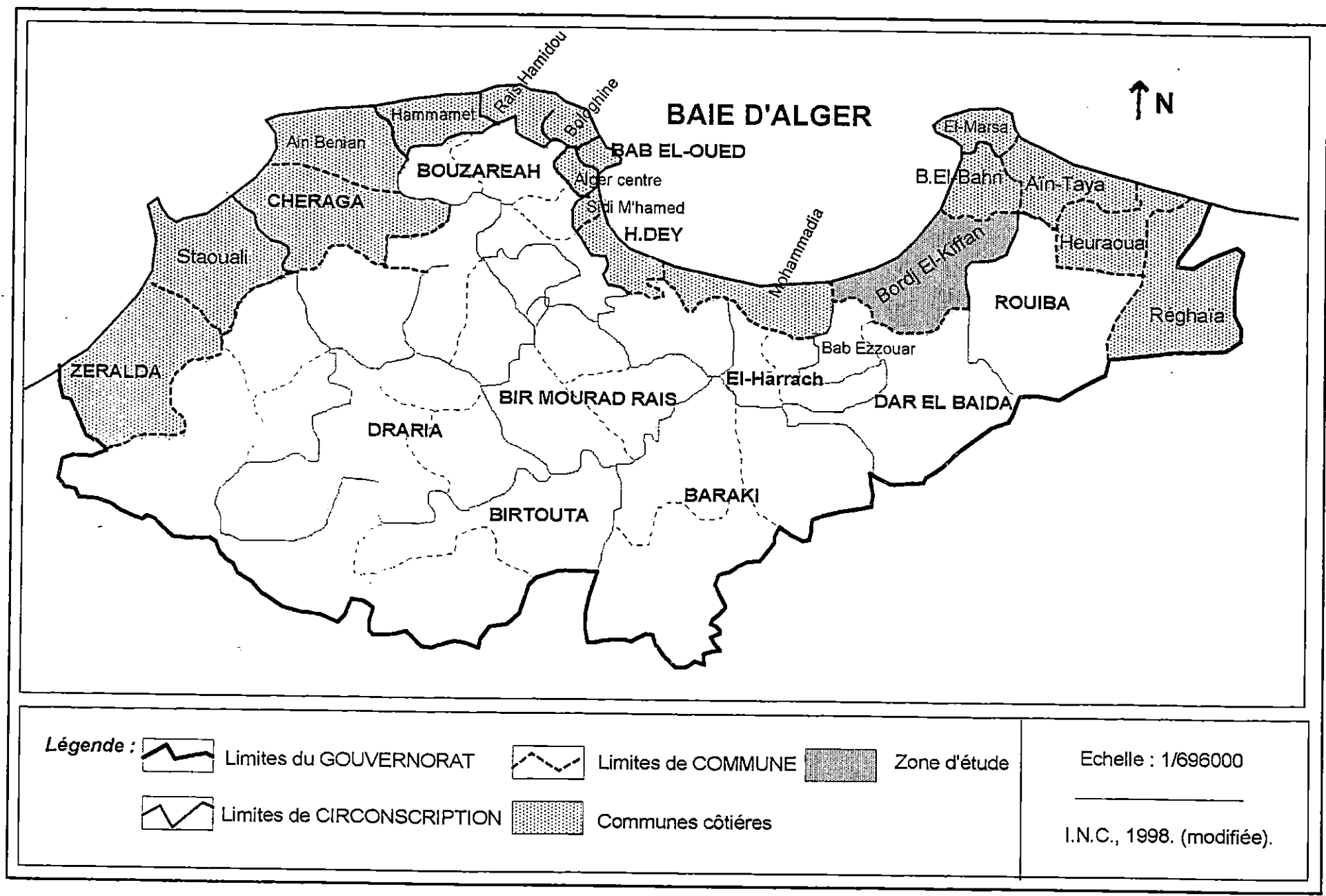


Fig. n°01 : Limites des communes à façade maritime du Gouvernorat du Grand Alger

Les motivations de sa construction pourrait être la présence d'une belle plage à proximité d'Alger et la présence d'une batterie turque qui assurait la défense et la protection du site.

1.2.1. La plage :

D'après la photographie aérienne de 1957 (échelle : 1/25000), l'ensemble de la côte comprise entre le Bateau Cassé et le lotissement Stamboul présentait une plage bien développée d'une largeur moyenne de 83 m.

Au cours de la dernière décennie, et suite à une forte érosion, le tronçon de la plage situé en face de la cité Stamboul a disparu (photo n°01). C'est ainsi que la mer attaque directement la dune provoquant donc la disparition d'une route préexistante et l'effondrement de plusieurs habitations (Photo n°02).

De ce fait, ce qui reste de la plage de Stamboul est constitué : d'une portion de plage située entre la limite Ouest de la cité et la quille du Bateau Cassé et correspond à notre site d'étude. Ce dernier, présente une longueur d'environ 500m et une largeur moyenne de 70m.

Cette portion de plage est caractérisée par l'apparition d'un platier rocheux au niveau de l'estran (Photo n° 03).

1.2.2. La batterie turque :

C'est une fortification de forme rectangulaire, avec 22m de long et 15m de large et une hauteur de 7m. Elle est construite sur une dune consolidée à environ 6m au dessus du niveau de la mer.

La date exacte de sa construction est inconnue, tout ce qu'on peut dire, c'est qu'elle est construite avant 1683, puisqu'elle figure dans un dessin à plume fait à cette date.

Actuellement, le fort est à une trentaine de mètre du trait de côte (Photo n°04) et de ce fait, il est soumis à une menace de destruction en cas de tempête.

Ceci est confirmé par la tempête du 16/10/1998. La mer a atteint le fort avec des projections de galets et de blocs.

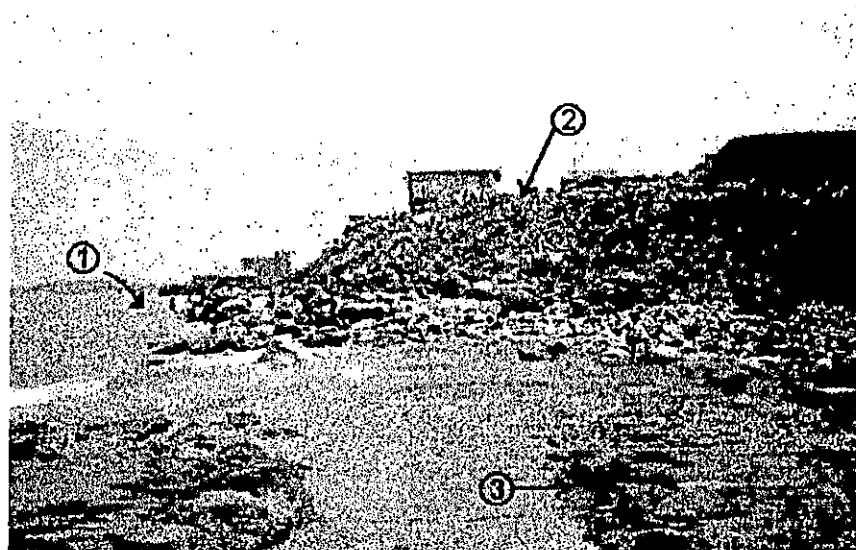


Photo 1 : 1- Disparition du tronçon de plage face à la cité « Stamboul ».
2- Type de protection préconisé par la commune.
3- Apparition du platier rocheux.



Photo 2 : Effondrement de la route et de certaines habitations de la cité « Stamboul ».



Photo 3 : Apparition d'un plattier rocheux au niveau de l'estran de la plage « Sтамoul ».

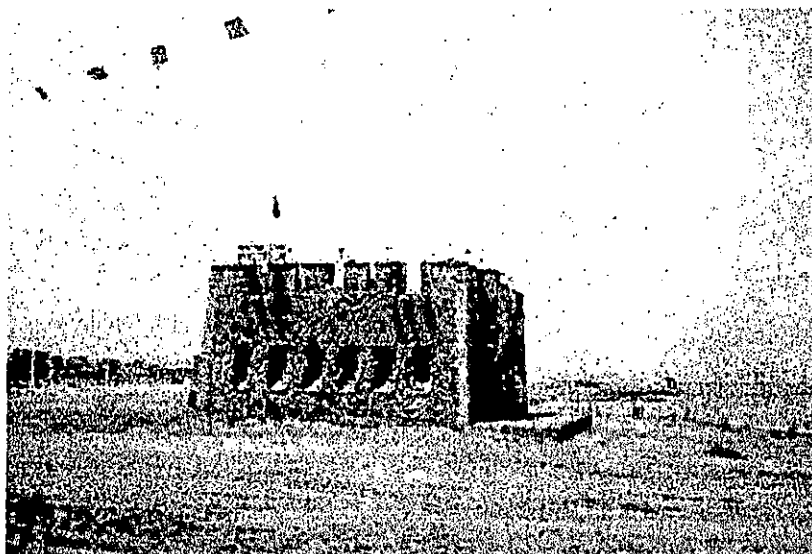


Photo 4 : L'érosion marine menace le Fort Turc.
- Les travaux de reprofilage de la plage

De ce fait, un dispositif de protection contre l'érosion marine doit être mis en place pour préserver ce monument culturel et historique.

I.3. Approche géomorphologique :

I.3.1. Géomorphologie de la région d'Alger (Fig. n°02) :

La géomorphologie de la région d'Alger est déterminée à partir des travaux de A. AYME (1948, 1951, 1952, 1962), de L. GLANGEAUD et *al.* (1952) et de L. LECLAIRE (1972).

La région d'Alger est caractérisée par deux massifs cristallophyliens d'âge primaire qui sont :

- Le massif d'Alger ou massif de Bouzaréah à l'Ouest.
- Le Cap Matifou à l'Est.

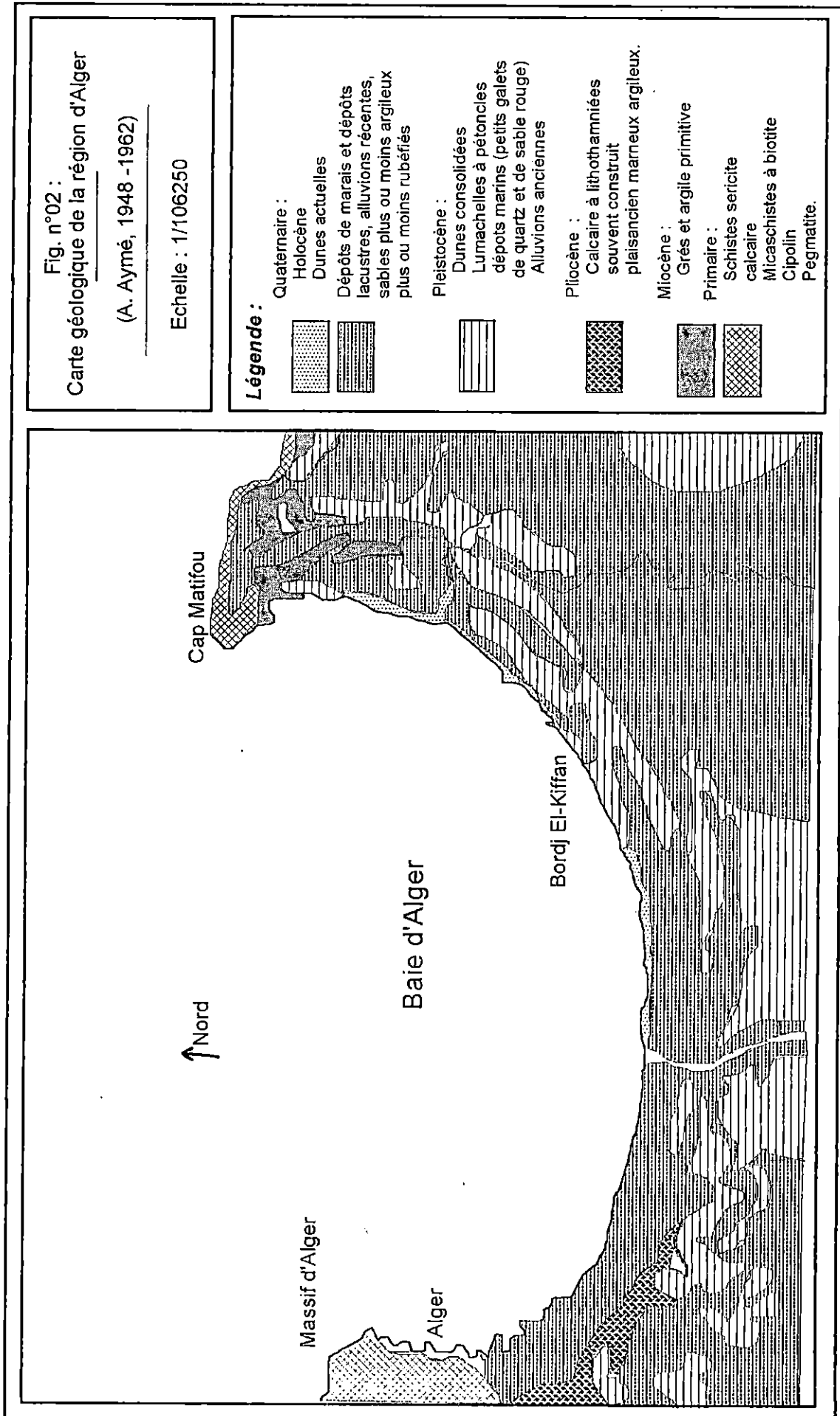
Entre le massif de Bouzaréah et la rive gauche de l'Oued El-Harrach s'étendent de petits reliefs formant le Sahel d'Alger. Au Sud de la région d'Alger se trouve la Mitidja, bassin néogène recouvert de dépôts quaternaire continentaux d'argile et de graviers alternés.

La baie d'Alger se présente sous forme d'un rivage incurvé, encastré dans les terres émergées de la Mitidja. Elle est entrecoupée de noyaux rocheux pléistocène au niveau de Bordj El-Kiffan, Bordj El Bahri et Tamentfoust (Cap Matifou).

Parallèlement, au rivage entre la rive droite de l'Oued El-Harrach et Bordj-El-Bahri, se développe deux cordons dunaires actuels : l'un se situe entre la rive droite de l'Oued El-Harrach et le Lido et l'autre entre la partie Est de Bordj-El-Kiffan et l'Oued Hamiz.

Ces cordons sont de nature sablo-gréseuse et correspondant à des dépôts continentaux holocènes de sable dunaire et de lits des Oueds actuels.

Cet ensemble est caractérisé par des plages réduites à largeur variable.



1.3.2. Géomorphologie du site d'étude (fig. n°03) :

Les terrains les plus anciens de notre site d'étude sont d'âge Tyrrhénien II. Ils sont formés de dunes consolidées, de lumachelles à pétoncles, poudingues, grès marins et de quartz plus ou moins cimentés.

Ils affleurent selon une bande parallèle à la côte. Cette bande couvre environ une largeur de 700 m, de l'Oued Hamiz à Verte Rive, constituant le noyau rocheux du Bateau Cassé qui est recouvert partiellement des dépôts de marais.

Notre site d'étude présente aussi des formations dunaires actuelles localisées entre les formations Tyrrhénienne et une barrière sableuse, qui constitue une série de plages actuelles dont fait partie la plage de Stamboul.

Le dépôt sableux de Stamboul recouvre partiellement l'affleurement gréseux du Bateau cassé.

L'ensemble dune-plage fait partie du petit cordon littoral qui caractérise la baie d'Alger.

1.3.3. Croquis géomorphologique détaillé :

Pour avoir une vision plus détaillée de la géomorphologie locale, nous avons eu recours à la stéréoscopie; technique qui consiste à observer deux photographies aérienne (de 1980 à l'échelle 1/10000) en relief, par un appareil spécifique appelé « Stéréoscope ».

Le croquis ainsi obtenu a été actualiser par des observations et des mesures effectuées lors de nos sorties sur le terrain.

La zone étudiée est délimitée par l'Oued Hamiz à l'Est et le lieu dit « Bateau Cassé » à l'Ouest.

Interprétation :

La bande littoral étudiée est divisée en trois secteurs : A, B et C (Fig. n°04).

La formation marine existante représentée par le terrain Tyrrhénien II (en violet) est traversée par un cours d'eau (Oued Hamiz), laissant ainsi apparaître un versant qui se resserre de l'amont vers l'aval.

Fig. n° 03 :
Géologie de la zone d'étude

(R. DJENOUB et M. SAHLI, 1990).

Echelle : 1/19700

Légende :

Actuel :



Plages



Dunes actuelles



Dépôts de marais



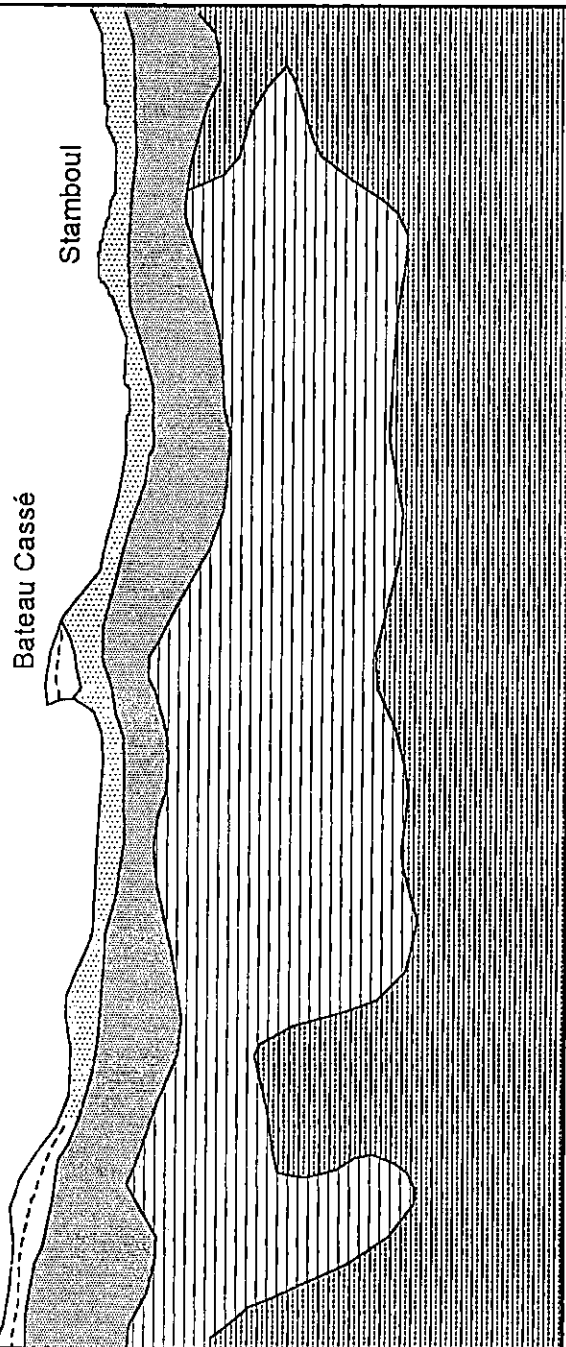
Dépôts de marais
recouvrant partiellement
le tyrrhénien

Pléistocène :



Tyrrhénien II.

Dunes consolidées.



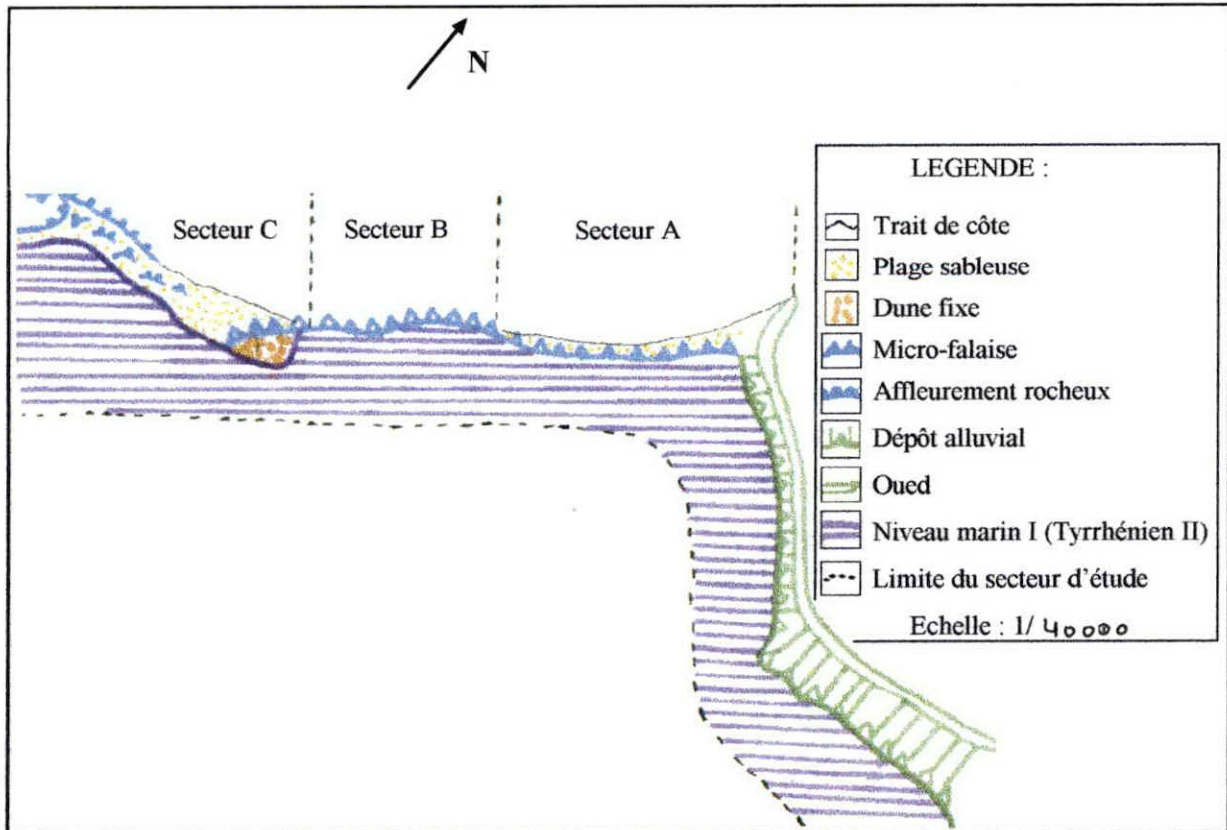


Fig. 4 : Photo interprétation de la région de « Stamboul »
(Morphologie locale détaillée).

Dans le secteur (A), les dunes actuelles (micro-falaises) sont séparées de la mer par une plage d'une largeur moyenne de 25 m (plage Doum); cette formation sableuse (la plage) disparaît dans le secteur (B).

Le secteur (C) quant à lui, est constitué d'une plage sableuse qui, à l'Ouest perd de plus en plus de son recouvrement sableux, laissant ainsi apparaître l'affleurement rocheux du Bateau Cassé.

1.4. Les données climatiques :

La région algéroise dans laquelle est située notre zone d'étude se caractérise par un climat méditerranéen humide à deux saisons distinctes :

- Une saison hivernale pluvieuse à fortes précipitations.
- Une saison estivale sèche et chaude.

1.4.1. Les précipitations :

Les pluies au niveau de l'algérois correspondent à des averses courtes et violentes. Elles conditionnent le régime des cours d'eau qui est généralement irrégulier.

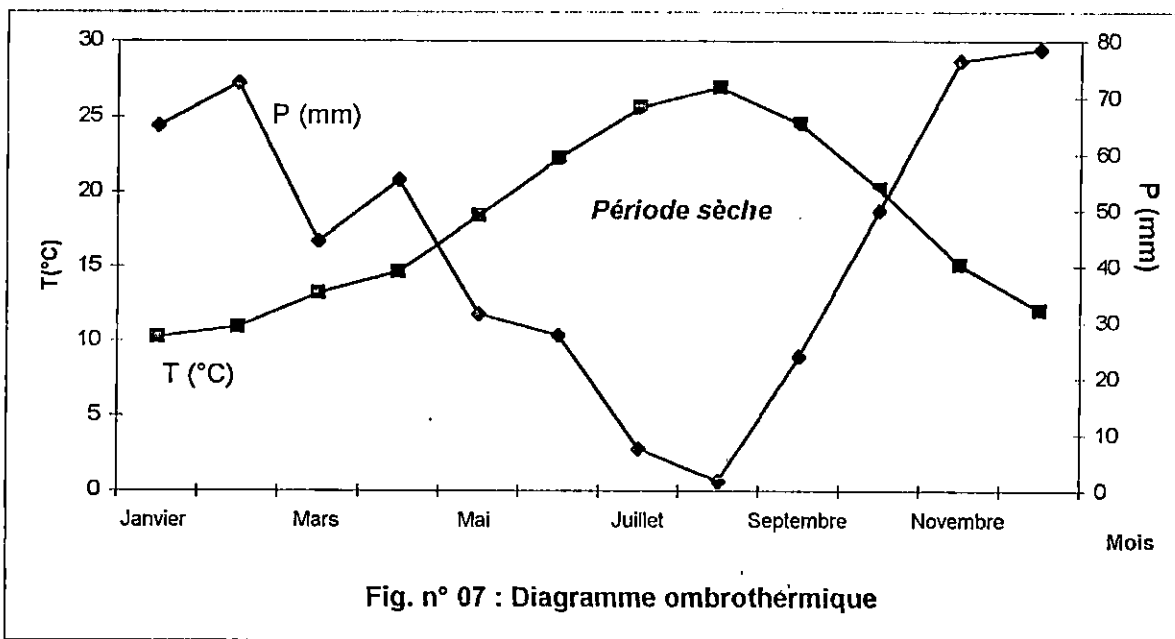
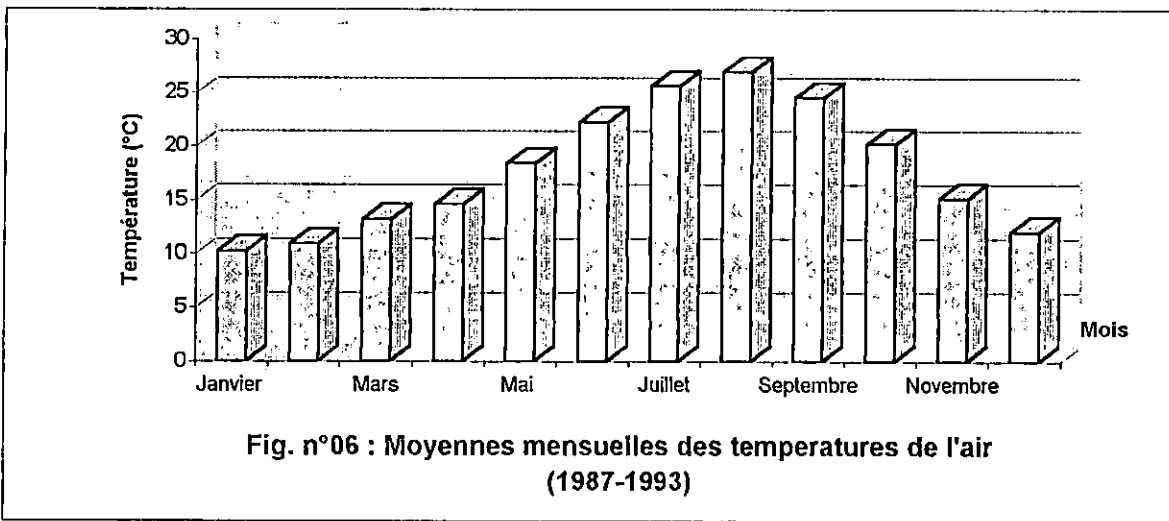
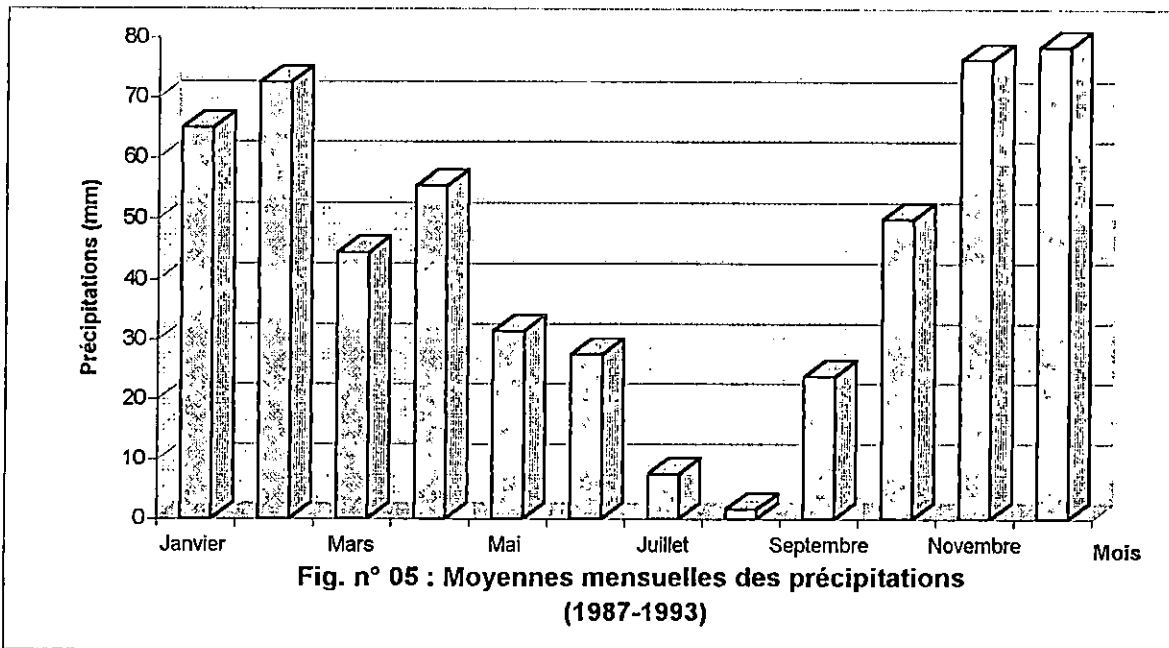
Les données relatives aux précipitations sont groupées dans le tableau n° 01.

**Tableau n°01 : Moyennes mensuelles des précipitations :
Dar El-Beïda (1987-1993).**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Précipitations (mm)	65,0	72,5	44,5	55,4	31,4	27,5	07,4	1,60	23,8	49,9	76,4	78,5
Nombre de mesure	10	11	10	09	06	03	02	02	04	07	10	11

Source : O.N.M.

Ce tableau nous a permis d'établir un histogramme de moyennes mensuelles des précipitations (Fig. n°05). L'analyse de ce dernier montre que la pluviosité augmente de septembre à février, avec un maximum de 78,5 mm au mois de décembre et diminue durant la période de février à juin. Pendant le reste de l'année (Juillet-Août), la pluviosité est faible (1 à 7 mm).



1.4.2. La température :

Les données concernant la température sont regroupées dans le tableau n° 02:

**Tableau n°02 : Moyennes mensuelles des températures de l'air :
Dar-El-Beïda (1987-1993).**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Température (°C)	10,2	10,9	13,2	14,6	18,4	22,2	25,6	26,9	24,5	20,2	15,1	12,0

Source : O.N.M.

Ce tableau nous a permis d'établir un histogramme des moyennes mensuelles des températures (Fig. n°06). L'analyse de ce dernier met en évidence deux périodes :

- Une période froide de décembre à mars, avec un minimum de température de 10,2°C au mois de Janvier.
- Une période chaude d'avril à novembre, avec un maximum de température de 26,9°C au mois d'août.

1.4.3. Diagramme ombrothermique :

Sur l'axe des abscisses sont présentés les mois et sur l'axe des ordonnées sont représentées les moyennes des températures et des précipitations.

L'intersection de la courbe de températures avec celle des précipitations donne la période sèche (Fig. n° 07).. Cette dernière s'étale du mi-avril jusqu'au début du mois d'octobre, alors que la période humide s'étale sur la période restante de l'année.

1.4.4. Les vents :

Le vent est la composante horizontale du déplacement d'une masse d'air par rapport au sol. Il conditionne l'hydrodynamisme marin, c'est à dire qu'il est générateur de houle au large et par conséquent les courants marins. De même c'est un agent de transport du sable en particulier le sable fin. Son impact croît avec sa vitesse et sa direction.

Les roses des vents trimestrielles et annuelles (Fig. n°08) que nous avons élaborés sur la base des données de l'U.S.N.W.S. (United States Naval Weather Service) pour la période 1963-1970, nous ont permis de déterminer les directions

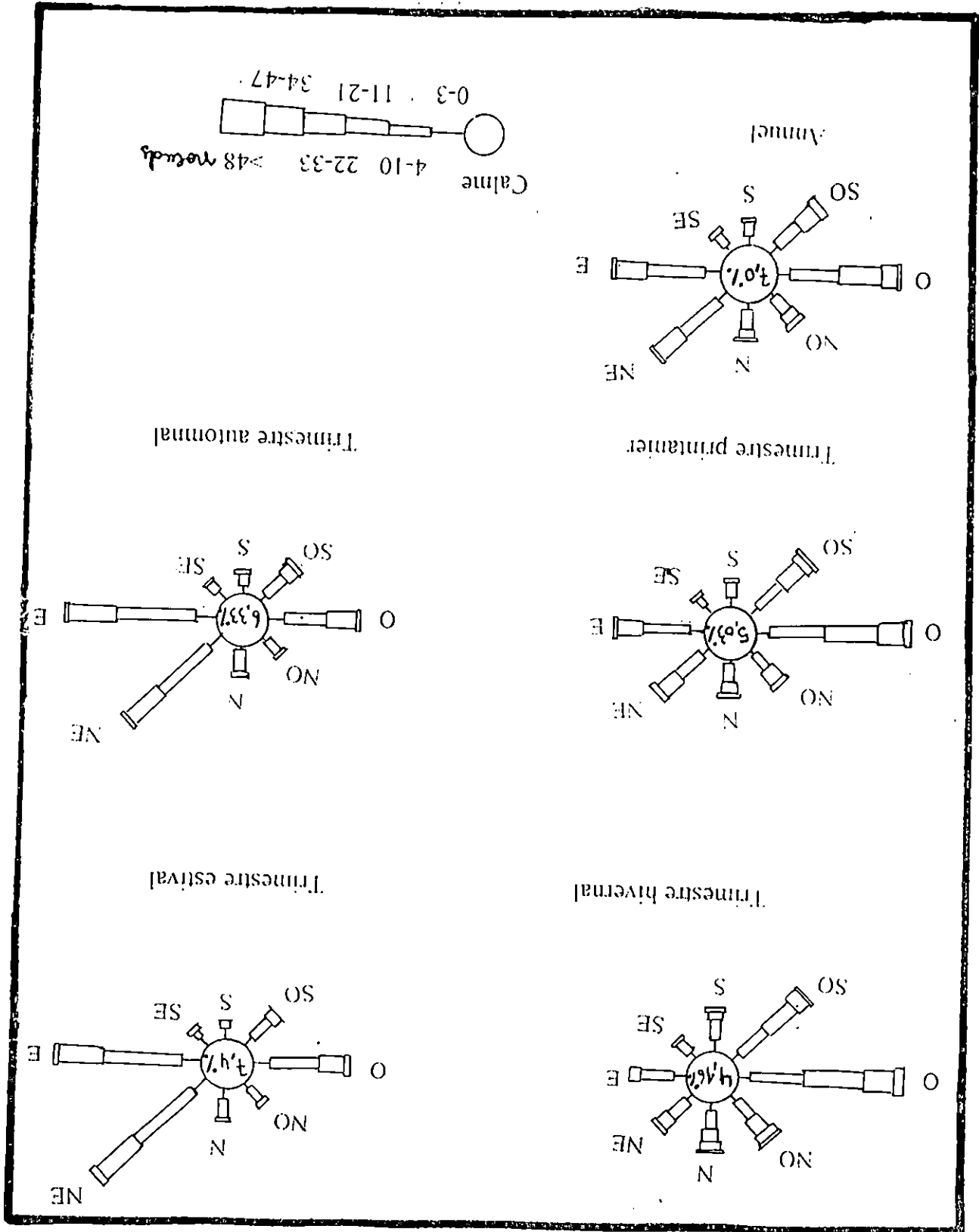


Fig. n°08 : Roses trimestrielles et annuelle des vents - Alger (S.S.M.O. 1963 - 1970).

dominantes des vents, ainsi que leur fréquence d'apparition au large de la baie d'Alger.

Interprétation des roses des vents :

** Rose du trimestre hivernal (Novembre-Janvier) :*

Les vents prédominants proviennent des secteurs Ouest et Sud-Ouest avec une fréquence d'apparition de 27,88% et 16,84%, alors que les vents des autres secteurs ont une fréquence maximale de l'ordre de 11,75%. Les vitesses maximales (34 à 47 nœuds) ne sont pas enregistrées pour les secteurs Est, Sud-Est et Sud.

** Rose du trimestre printanier (février - Avril) :*

Ce trimestre est marqué par la prédominance des vents du secteur Ouest, Est, Sud-Ouest et Nord-Est ayant respectivement des fréquences d'apparition de 26,48%, 15,22%, 13,69% et 12,53%. Les vitesses maximales (34 à 47 nœuds) sont enregistrées uniquement pour les directions Ouest et Sud-Ouest.

** Rose du trimestre estival (Mai-Juillet) :*

Durant ce trimestre, les vents dominants sont de secteur Nord-Est (25,31 %), Est (24,66%) et Ouest (16,72%). Les vitesses maximales sont de l'ordre de 22 à 33 nœuds, enregistrée pour les directions : Ouest, Nord, Est, Sud-Ouest et Nord-Est.

** Rose du trimestre automnal (Août-Octobre) :*

Les fréquences d'apparition des vents du régime Est, Nord-Est et Ouest sont respectivement de l'ordre de 25,99%, 22,22% et 16,11%. Les vitesses maximales (34 à 47 nœuds) apparaissent seulement pour la direction Ouest.

** Rose annuelle :*

L'analyse de la rose annuelle montre que les vents des secteurs Ouest (21,9%), Est (18,9%), Nord-Est (16,8%) et Sud-Ouest (11,7%) prédominent durant l'année par leur fréquence, alors que seul le vent d'Ouest prédomine par leur force.

Nous avons aussi le diagramme des fréquences cumulées des vents au large par direction et par mois (Fig. n° 09), qui nous donne la fréquence cumulée des vents au large par direction et par mois.

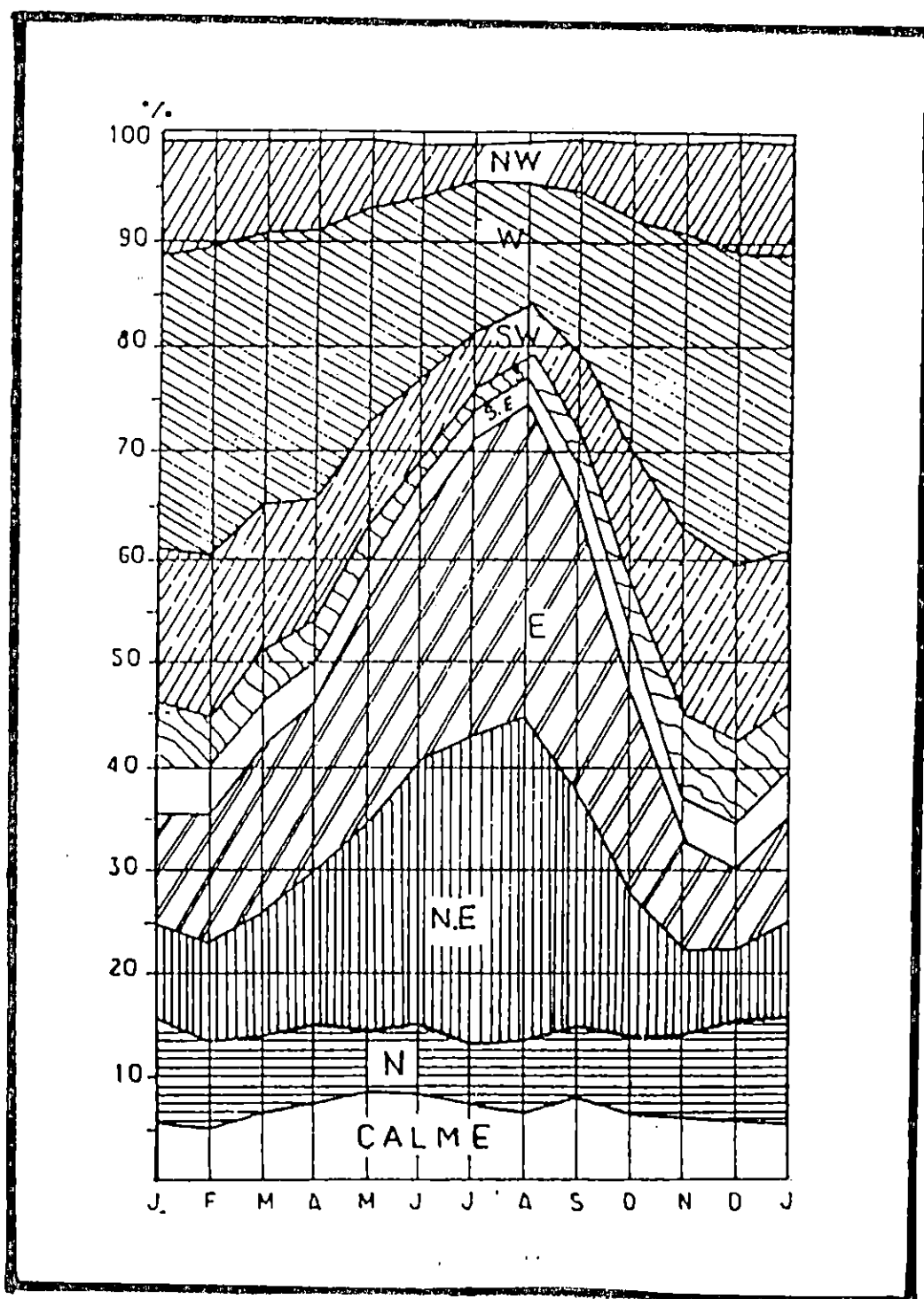


Fig. n° 09 : Fréquence cumulée des vents au large par direction et par mois.

On remarque une analogie entre les roses suscitées et le diagramme, telle que la fréquence des vents durant l'hiver se concentre dans les secteurs Ouest et Nord-Ouest; alors que pendant la période estivale, la fréquence de ces vents se concentre dans les secteurs Est et Nord-Est.

1.5. Le réseau hydrographique :

La nature et la quantité des sédiments terrigènes qui arrivent en mer dépendent des caractéristiques des bassins versants du réseau hydrographique.

La baie d'Alger est alimentée par l'Oued El-Harrach et l'Oued Hamiz (Fig. 10), ces cours d'eau prennent naissance au niveau de l'Atlas Blidéen, traversant la plaine de la Mitidja pour enfin se jeter en mer.

1.5.1. Oued El-Harrach :

Il constitue l'un des principaux cours d'eau du Tell central en raison de la superficie de son bassin versant qui est de l'ordre de 1270 Km². Il s'écoule du Sud vers le Nord en traversant la Mitidja, le Sahel d'Alger et débouche au cœur de la baie d'Alger.

Les données en matière d'apports liquides et solides de ce Oued sont portées sur le tableau n°03.

Tableau N°03 : Apport liquides et solides de l'Oued El-Harrach durant la période 1971-1974.

Années	Apports liquides en Hm ³	Apports solides M.T	Taux d'abrasion en T/Km ² /an
1970-1971	90,7	0,157	410
1971-1972	322	2,37	6200
1972-1973	275	1,14	3000
1973-1974	227	3,01	8200
Total	914,7	6,68	17810
Moyenne	228,7	1,67	4452,5

Source : A.N.R.H

Ce tableau nous donne un taux d'abrasion moyenne de l'ordre 4450 T/Km²/an, une charge solide moyenne de 1.67 M.T, une charge liquide moyenne de l'ordre de 228 Hm³.

Fig n°10 :

Carte du Chevelu hydrographique

(DJOUDAR et HELLAL, 1993)

Echelle : 1/225300

Légende :

— Limite du bassin versant

— Oueds



La valeur maximale en apports liquides de l'Oued El-Harrach est observée durant la période 1971-1972 (322 Hm^3), alors que le minimum est enregistré entre 1970 - 1971 ($90,7 \text{ Hm}^3$).

Notons aussi, un maximum en apport solide durant la période 1973-1974 ($3,01 \text{ M.T}$) et un minimum entre 1970 - 1971 ($0,157 \text{ MT}$).

Le taux d'abrasion maximal est observé entre 1973 - 1974 ($8200 \text{ T/Km}^2/\text{an}$), alors la valeur minimale est enregistrée durant la période 1970 - 1971 ($410 \text{ T/Km}^2/\text{an}$).

1.5.2. Oued Hamiz :

C'est un cours d'eau de moindre importance que l'Oued El-Harrach, du fait de la superficie de son bassin versant qui est de l'ordre de 270 Km^2 .

Il se déverse à l'Est de la baie d'Alger. Son débit liquide moyen est de $0,49 \text{ m}^3/\text{S}$ (A.N.R.H., 1980 - 1988).

Son écoulement est réglé par un barrage qui réduit considérablement les apports solides vers la mer, d'où l'importance de définir les caractéristiques de ce barrage.

Barrage Hamiz : C'est un barrage poids en béton, mis en place en 1935 au niveau de l'Oued Hamiz. La surface de son bassin versant est de 139 Km^2 , recevant les eaux de l'Oued Arbatache.

Il est destiné à l'irrigation et l'alimentation du barrage de Keddara.

Les données de ce bassin en matière d'apport et de capacité sont portées sur le tableau n° 04. Elles proviennent de la monographie du barrage Hamiz effectuée par l'Agence Nationale des Barrages (A.N.B.) pour la période 1935 - 1996.

Tableau n° 04 : Apports et capacité du barrage Hamiz.

capacité initiale 1935	capacité en 1986	capacité en 1996	Apport annuel moyen	Envasement annuel moyen
21.10^6 m^3	$16,4.10^6 \text{ m}^3$	15.10^6 m^3	55.10^6 m^3	$0,35.10^6 \text{ m}^3$

Source : A.N.B.

I.6. Les données hydrodynamiques :

I.6.1. Les houles :

Les vagues sont observées dans la zone d'action du vent dite « Aire de génération ». Cette action se manifeste par des ondulations désordonnées de la surface de l'eau.

La houle résulte de la propagation de ces ondulations en dehors de l'aire de génération. Elle se présente comme une oscillation simplifiée et périodique de la partie superficielle du plan d'eau. Elle se propage sans déformation tant que la profondeur est grande par rapport à la longueur d'onde.

A l'approche du rivage ou des ouvrages artificiels, sa propagation est modifiée par réfraction, diffraction, réflexion ou déferlement (A. GUILCHER, 1950).

L'analyse des données de la réfraction de la houle nous permettent d'avoir une bonne appréciation de l'influence de la répartition énergétique de la houle sur l'évolution du trait de côte et du transit sédimentaire.

Principe de l'analyse des données du S.S.M.O.:

Cette analyse est basée sur les données d'un document de l'U.S. Naval Weather Command intitulé Summary of Synoptic Meteorological Observations (S.S.M.O.). Ces données s'étalent sur une période de huit (8) ans (1963-1970).

Une analyse statistique de ces données de base permet de définir les secteurs de houles prédominantes et leurs amplitude respectives.

I.6.1.1. Direction de la houle au large :

A partir du tableau n° 05, on constate que :

- * Les houles de secteur Ouest et Est sont les plus fréquemment observées.
- * Les fréquences d'observations sur l'année des houles des secteurs Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- * Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année.

**Tableau n° 05 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction
(1 mois = 100%).**

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
janvier	8.10	12.90	18.20	5.00	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	10.30	12.60	4.00	6.10	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.00	4.50	12.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.40	16.00	2.00	4.40	13.70	26.70	10.20
Mai	8.20	26.30	31.90	3.00	3.30	7.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	8.20	16.40	4.20
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	1.00	5.90	16.30	2.00
Août	8.80	27.70	37.30	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.40	40.50	2.20	2.30	4.60	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.20	14.80	28.80	6.80
Novembre	5.50	5.80	10.00	5.10	8.0	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.40	4.60	7.50	15.00	37.10	10.00

Source : S.S.M.O., 1963 - 1970.

1.6.1.2. Relation amplitude - direction de la houle au large :

L'état de la mer est caractérisé par les degrés et amplitudes correspondantes mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau n° 06. L'état de la mer en fonction de l'amplitude de la houle au large

Degré	Amplitude (m)	Etat de la mer
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

Source : S.S.M.O., 1963-1970

Les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction sont déterminées à partir des données du S.S.M.O. (voir tableau 3).

Tableau n° 07 : Fréquences des différents états de la mer au large par direction

Direction Etat de la mer	W	NW	N	NE	E
Calme	2.90	1.10	2.00	2.70	4.00
0	6.20	2.00	2.90	7.00	9.30
1	10.90	2.70	2.60	7.50	9.10
2	4.30	0.60	0.70	1.20	0.90
3	0.90	0.10	0.10	0.00	0.10
4	0.30	/	0.00	0.00	/
Total	25.50	6.50	8.30	18.40	23.40

Source : S.S.M.O., 1963 - 1970.

Un examen du tableau 7 permet de faire les constatations qui suivent :

- L'agitation provenant des secteurs Est et Ouest est la plus fréquente.
- L'agitation provenant des secteurs Nord et Nord-Ouest est la moins fréquente.
- Les fortes houles et les houles de tempêtes proviennent essentiellement du secteur Ouest.

Les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction sont également représentées sous forme de roses de houles trimestrielles et annuelles reportés sur la figure n° 11.

1.6.1.3. Relation amplitude - période de la houle au large :

Les observations du S.S.M.O. font ressortir les fréquences des houles au large par période indiquées dans le tableau n° 08.

Tableau n° 08 : Fréquence des différents états de la mer au large par période

Périodes Etat de la mer	< 6 S	6 à 7 S	8 à 9 S	10 à 11 S	11 à 12 S
Calme	5.20	0.10	0.40	/	/
0	20.80	1.90	2.70	/	/
1	24.60	13.10	3.10	0.50	0.20
2	2.60	5.40	1.00	0.90	0.20
3	0.40	1.10	0.30	0.60	0.20
4	0.10	0.50	/	0.30	0.30
Total	53.70	22.10	7.50	2.30	0.90

Source : S.S.M.O., 1963-1970.

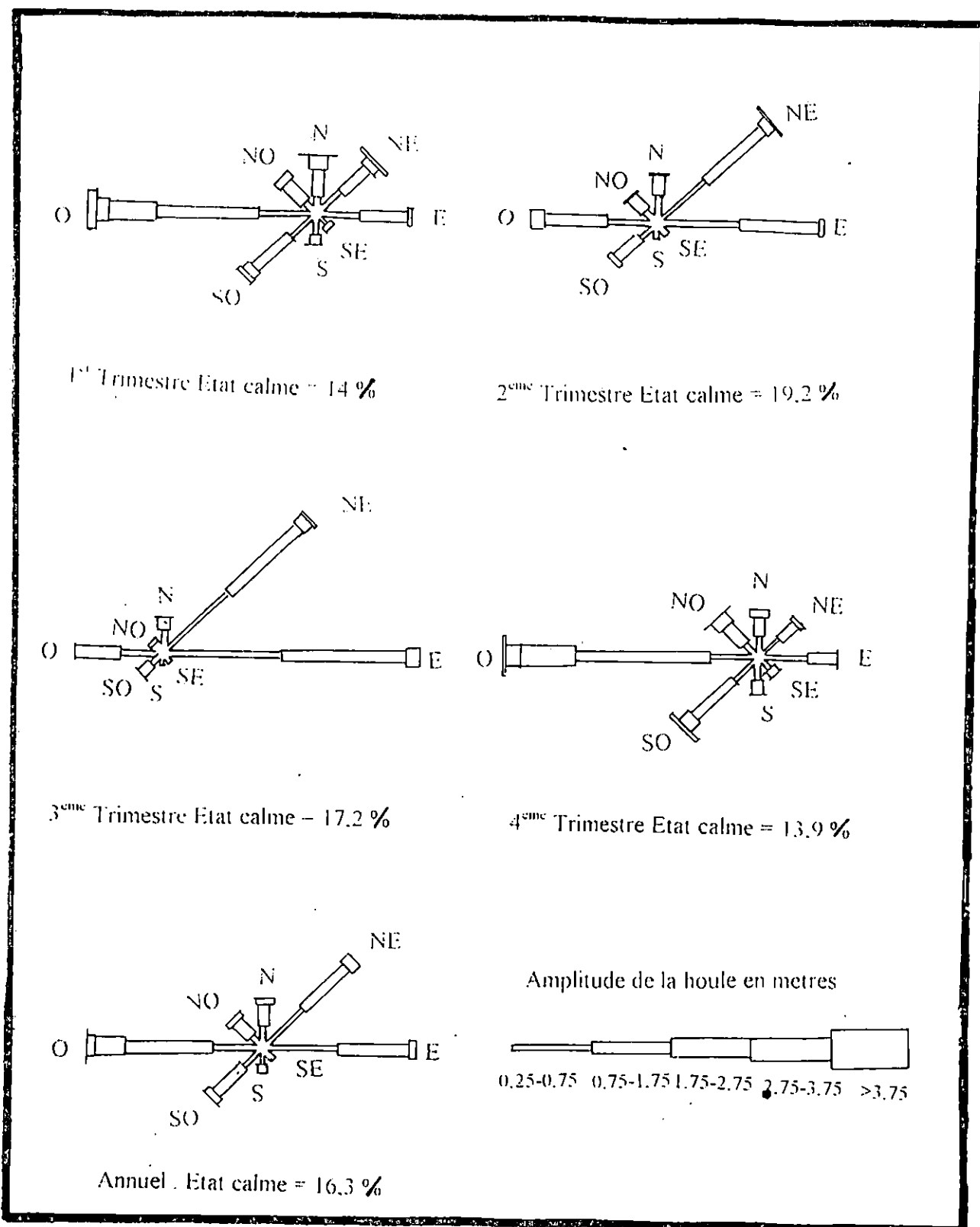


Fig. n°11 : Rose trimestrielle et annuelle des houles
Région centre de l'Algérie
(S.S.M.O. 1963 - 1970).

Ces fréquences nous révèlent que 75 % des houles observées ont une période inférieure ou égale à 7 s et 3 % seulement des houles ont une période comprise entre 10 et 13 s.

I.6.1.4. Caractéristiques de la houle au large :

On définit la probabilité (Pn) d'apparition d'une houle, d'une amplitude donnée, associée à la période de retour pluriannuelle (n) par la relation suivante :

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

où : n : Période de retour.

Ceci suppose qu'en 24 heures, on constate trois états de mer différents.

Tableau n° 09 : Probabilités d'apparition de la houle associées aux périodes de retour.

Période de retour	Probabilités associées
Biennale	$4,56 \cdot 10^{-4}$
Quinquennale	$1,82 \cdot 10^{-4}$
Décennale	$9,13 \cdot 10^{-5}$
Vingtennale	$4,56 \cdot 10^{-5}$
Cinquantennale	$1,82 \cdot 10^{-5}$
Centennale	$9,13 \cdot 10^{-6}$

A partir des données de houles traitées en fonction de la direction, de l'amplitude et de la période, un calcul de la fréquence d'apparition est effectué pour chaque classe et amplitude (tableau n° 10) :

Tableau n° 10 : Statistique de la houle au large .

Direction de la houle	E	NE	N	NW	W	Toutes directions
Biennale	4.12	4.93	4.90	4.16	7.36	7.44
Quinquennale	4.70	5.67	5.75	4.87	6.43	8.34
Décennale	5.14	6.23	6.38	5.40	9.22	9.02
Vingtennale	5.59	6.79	7.02	5.94	10.02	9.70
Cinquantennale	6.17	7.53	7.87	6.65	11.08	10.60
Centennale	6.62	8.08	8.50	7.18	11.88	12.27

Par ailleurs les observations journalières pendant deux années au Cap Caxine et Cap Matifou ainsi que des données de houles des Ponts et Chaussées ont permis à

L. LECLAIRE (1972) de préciser le régime des houles de la baie d'Alger, considéré comme représentative de la marge algérienne.

Ce régime saisonnier se caractérise par une rose annuelle où l'on observe deux directions privilégiées :

* Ouest-Nord - Ouest (300°)

* Nord - Nord - Est (20° - 40°).

En hiver, les houles prédominantes sont de secteur Ouest - Nord - Ouest (>80%) avec une période moyenne de 8 à 9 s; des périodes supérieurs à 10 s et pouvant atteindre 13s sont relevées lors des grandes tempêtes.

L'amplitude moyenne correspondante est la plus fréquente est de 2 à 3m; des houles pouvant atteindre des amplitudes maximales de 4 à 6m ont été observées.

Les houles de la période estivale, de direction Nord-Nord-Est se caractérisent par une période moyenne de 6 à 7 s et une amplitude de 0,5 à 1,5 m; 50 % de ces houles ont une période de 6 à 9 s et n'atteignent que très rarement 3 m d'amplitude.

1.6.2. Les courants :

6.2.1. Les courants généraux :

La vitesse du courant général des eaux atlantiques venant du détroit de Gibraltar reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1m/s au large des côtes algériennes (L. LECLAIRE, 1972).

Le courant général dans la plus part des baies, crée un contre courant littoral vers l'Ouest.

Dans la baie d'Alger, les courants atlantiques orientés d'Ouest en Est induisent des contres courants vers l'Ouest de faible vitesse sous l'influence du Cap Matifou.

1.6.2.2. Les courants côtiers :

Le sens et l'intensité de ces courants sont en fonction de l'amplitude et de l'incidence de la houle sur la côte; mais également de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie.

a. Les courants liés au vent :

L'intensité des courants, les fréquences et les directions des houles et des vents évoluent dans un même sens et selon une bonne proportionnalité. En d'autre terme, un maximum de la vitesse du courant correspond à un maximum de l'amplitude de la houle, ainsi qu'à un maximum de la vitesse du vent. Cette relation est beaucoup plus franche par gros temps.

Seules les courants induits par les vents du secteur Ouest ont une grande influence sur notre site d'étude.

b. Les courants liés à la houle :

En l'absence de courant de marée, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seules à agir de façon active sur la sédimentation (J. CAULET; 1972).

De ce fait, les courants induits par les houles de direction Ouest-Nord-Ouest dominant notre site d'étude.

c. Les courants de retour :

Ces courants sont induits par les houles d'incidence frontales. Ils assurent la dissémination vers le large des sédiments arrachés à la côte. Ils sont responsable d'une grande part de l'érosion côtière (A.RIVIERE, *in* A. GUILCHER, 1965).

Ces courants de retour sont, d'autre part, un facteur d'équilibre puisqu'ils restitueraient au fond marin les sédiments dragués par la houle (A. RIVIERE, *in* F. OTTMANN, 1965).

Dans notre site d'étude, ces courants sont engendrés par les houles de direction Ouest-Nord-Ouest.

d. Les courants de dérive littorale :

ECKMAN (1923), MUNK (1949), SHEPARD et INMAN (1950) (*in* DJ. BRAIK, 1989), ont noté que le vent et la houle interviennent d'une manière déterminante dans la création de courants parallèles à la côte et par conséquent dans le transit littoral des sédiments.

Les travaux de KINZ (1972) (*in* DJ. BRAIK, 1989) montrent que le volume des sédiments déplacés et d'autant plus important que l'amplitude de la houle est élevée et que la taille des particules est faible.

Pour notre zone d'étude, ces courants sont engendrés par les houles des secteurs Nord et Ouest.

Remarque : Cette analyse ne constitue qu'une approche théorique des courants existants dans notre site d'étude (Stamboul), les sens réels des courants seront déterminés par la suite.

I.6.3. La marée et le niveau de la mer :

La marée en mer Méditerranée et en particulier sur les côtes Algériennes est relativement faible (< 0,50 m en moyenne) (L. LECLAIRE, 1972).

Il s'agit plus d'une marée barométrique que d'une marée astronomique. De ce fait, il est plus intéressant de parler du niveau de la mer .

Cette notion est importante du fait que la mise en place de n'importe quel ouvrage de défense se fait par rapport au niveau zéro de la mer.

De plus, le relèvement contemporain du niveau marin et ses conséquences sur les côtes et les édifices de protection augmente son importance, ce qui nous incite à présenter quelques indications relatives à ce paramètre près de nos côtes :

- Le niveau maximale : + 0,60 m (NGA)
- moyenne des hautes mers de vive eau : + 0,10 m (NGA).
- Les plus basses mers : - 0,34 m (NGA).

Avec : NGA : Nivellement Général Algérien.

I.7. Les apports de matériaux : Ils sont de deux types :

- a. Les apports terrigènes dus au Oueds qui charrient une importante quantité de sédiments terrestres.
- b. Les apports issues de l'érosion marine ; notamment le démantèlement du platier rocheux.

c. Les apports biogènes marins : Ils sont d'origine benthiques (biocénoses benthiques) ou pélagiques (organismes planctoniques). En baie d'Alger, l'étude du plancton a fait l'objet de nombreux travaux de recherche (L. BERNARD et J. LECAL-SCHLAUDE, 1953 in A. BAKALEM, 1979), qui font ressortir une certaine richesse des eaux en organismes planctoniques, notamment les organismes possédant un squelette calcaire.

Une fois en mer, ces sédiments vont se distribuer suivant le schéma représenté sur la figure n° 12.

1.8. Description et répartition des différents sédiments dans la baie d'Alger :

D'après L. LECLAIRE (1972), les différents faciès sédimentaires au niveau de la baie d'Alger sont les suivants :

1.8.1. Les sédiments calcaires :

a. Les sables, les graviers et les vases calcaire : Le substratum affleure en plusieurs points et constitue des "fonds vifs" sur lesquels se développent des algues calcaires encroûtantes, des Bryozoaires, des Gastéropodes et des Lamellibranches. Les débris calcaires de cette biocénose s'accumulent sur place ou à proximité immédiate, en formant des sables et graviers calcaires.

Sur les bordures rocheuses du Cap Matifou, les algues encroûtantes forment souvent une patine calcaire sur des galets ou des fragments de roche.

b. Les vases calcaréo-argileuses : On rencontre ce faciès au niveau des abords Sud du Banc Matifou. La fraction arénitique est formée en partie par "un sable fauve" à débris d'algues calcaires, de coquilles, de Bryozoaires plus ou moins ferruginisés et en partie par des coquilles fraîches de Lamellibranches, des débris de tests d'oursins, on y trouve aussi des débris de roches cristallophylliennes, des quartz, des feldspaths et des minéraux lourds.

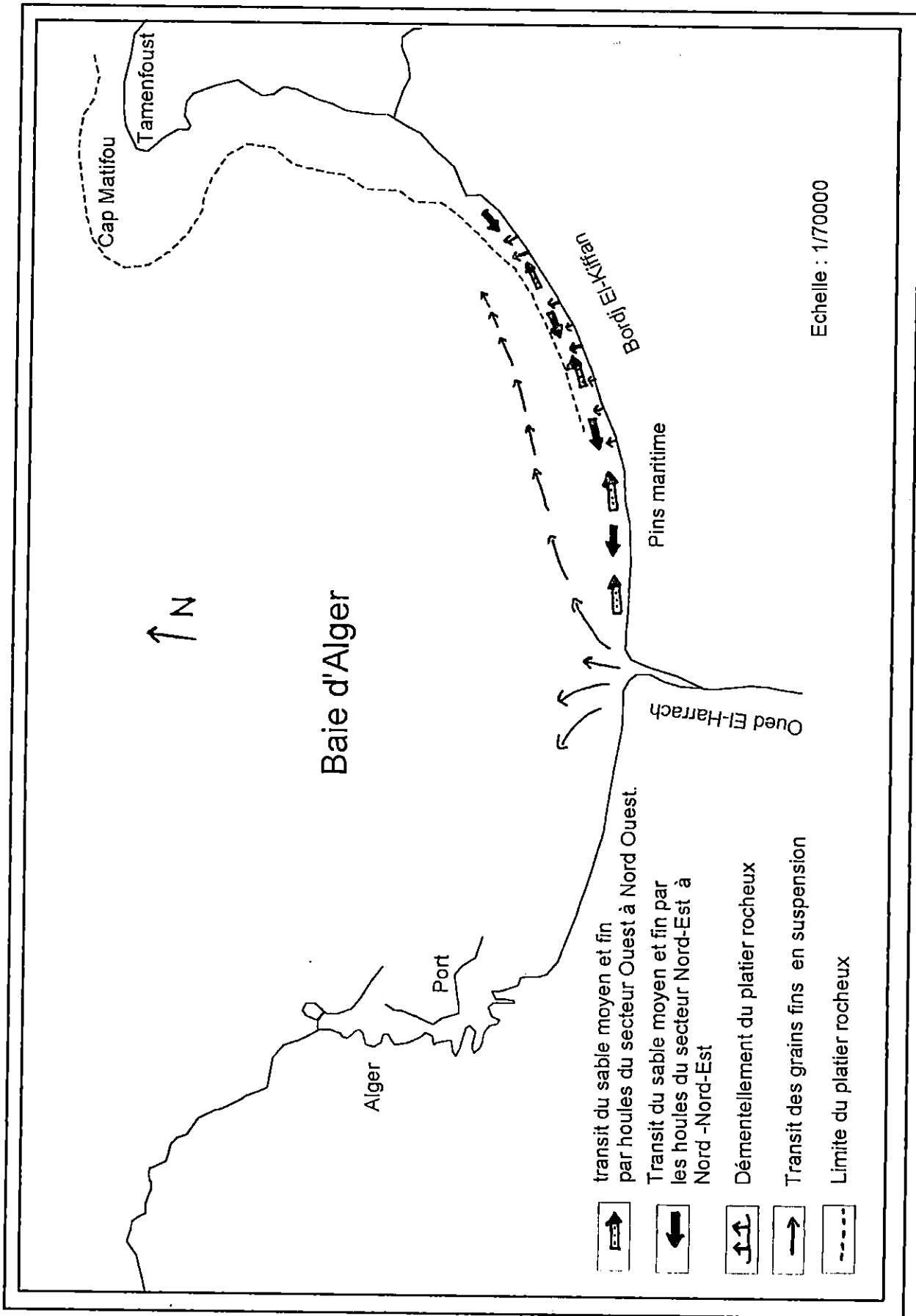


Fig n°12 : Transit sédimentaire entre l'embouchure de l'Oued El-Harrach et Bordj El-Kiffan (LEZZAR K. et MEDDAHI M., 1990)

I.8.2. Les sédiments siliceux :

- a. Les sables et sablons : Les plages sont étroites et formées par un sable roux qui, en bordure des « *platiers* » littoraux et dans les « *mattes* » est calcaréo-siliceux ou silico-calcaire. Au large, ces sables passent à des sablons noirs micacés, à débris ferrugineux abondants, qui s'enrichissent progressivement en argile.
- b. Les vases silico-calcaires : Ces vases contiennent des coquilles de Lamellibranches, des débris calcaires roux enrobés dans 10 à 20% d'argile.
- c. Les boues silico-argileuses : Ces sédiments bordent vers le large les sablons siliceux de l'avant plage.

I.8.3. Les sédiments argileux :

Ils sont très fins, leur fraction arénitique est très peu importante et même parfois inexistante.

Chapitre II :

EVOLUTION URBAINE ET
NUISANCES SUR LA ZONE
CÔTIÈRE.

II.1. Développement du bâti :

II.1.1. Le réseau routier :

La commune de Bordj El-Kiffan est favorisée par le passage de routes importantes qui offre la possibilité d'un accès facile à la ville d'Alger.

Ainsi, la RN 24 traverse la commune et le centre de Bordj El-Kiffan, assurant la liaison de cette commune et les villes de l'Est avec le centre d'Alger, elle rejoint l'autoroute de l'Est par l'intermédiaire d'un échangeur et le CW 145 et le CW 149 dans la région de Beni-Mered et Benzarga.

Une autre voie moins importante arrive du centre de Bordj El-Kiffan, traverse la « *Verte Rive* » et s'arrête à l'entrée de la cité Stamboul.

Donc, les accès à la zone d'étude se feront à partir de ces deux voies, dont les plus importants sont ceux de la RN24.

De ce fait, le développement de ce réseau a favorisé la sur-occupation de l'espace, (expansion de l'urbanisme et des activités) et a engendré la sur-fréquentation des zones balnéaires notamment les plages.

II.1.2. Système du bâti de Bordj El-Kiffan :

Plus de 8 % du nombre total de construction était constitué d'habitat précaire (O.N.S, 1994). L'invasion de ce type d'habitat constitue une véritable menace sur l'harmonie architecturale de la commune et participe à la dépréciation de la qualité du développement du tourisme.

Cependant, mis à part les lotissements qui sont édifiés sur le territoire de la commune, des constructions de type « *Pied dans l'eau* » caractérise le centre de Bordj El-Kiffan (photo n° 05), du fait que ces habitations sont implantées sur la dune bordière, l'échange plage-dune étant entravé. Ceci démontre les erreurs faites en matière d'occupation et d'aménagement des zones côtières.

Plus grave encore, des baraques sont implantés en permanence sur certains points de la plage de Bordj El-Kiffan, à quelques mètres du niveau des hautes mers, ce qui constitue un danger réel sur la vie de ces citoyens notamment en période de tempête.



Photo 5 : Construction de type « pied dans l'eau » au niveau de la plage « centre » de Bordj-El-Kiffan.

Malheureusement ces lotissements et ces bâtisses continuent à se développer au détriment des terres agricoles (qui sont parfois abandonnées en raison de l'intrusion saline), et envahissent les parties dynamiques de la plage sans aucun respect des orientations du P.D.A.U. (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme).

Remarque : L'absence du P.O.S. (Plan d'Occupation du Sol) constitue un handicap quant à la prise de décision au niveau de cette commune concernant l'autorisation ou l'interdiction de certains types d'habitats ou d'activités dans tel ou tel endroit.

Il devient donc urgent d'élaborer un plan d'occupation, qui intègre les contraintes naturelles (évolution morphologique, équilibre du rivage, biodiversité,...etc).

II.1.3- Le système du bâti de Stamboul :

Le lotissement Stamboul est composé de villas coloniales et des habitations illicites construites après l'indépendance.

Ces villas connaissent actuellement une dégradation due surtout à l'érosion et nécessite donc une restauration rapide pour leur protection et durabilité.

Les habitations précaires existante ne respectent aucun règlement, les autorités ont démolis plusieurs d'entre elles en 1997.

Cette situation reflète un phénomène d'urbanisation anarchique et improvisé du rivage, qui présente des tendances à l'aggravation.

II.1.4. Occupation du sol aux environs de Stamboul :

Pour mettre en évidence l'évolution du degré d'occupation du sol, on a utilisé deux photographies aériennes, l'une date de 1957 (échelle : 1/ 10000) et l'autre date de 1992 à la même échelle (Fig. n° 13).

A souligner aussi, que cette comparaison concerne la bande littorale située entre l'Oued Hamiz (à l'Est de Stamboul), le lieu dit « Base Naval » (à l'Ouest de Stamboul) et la R.N. 24 vers l'arrière pays.

L'analyse du croquis faite par superposition d'une photographie sur l'autre, confirme le développement anarchique de l'urbanisation au niveau de cette zone, ainsi qu'une forte densité du bâti.

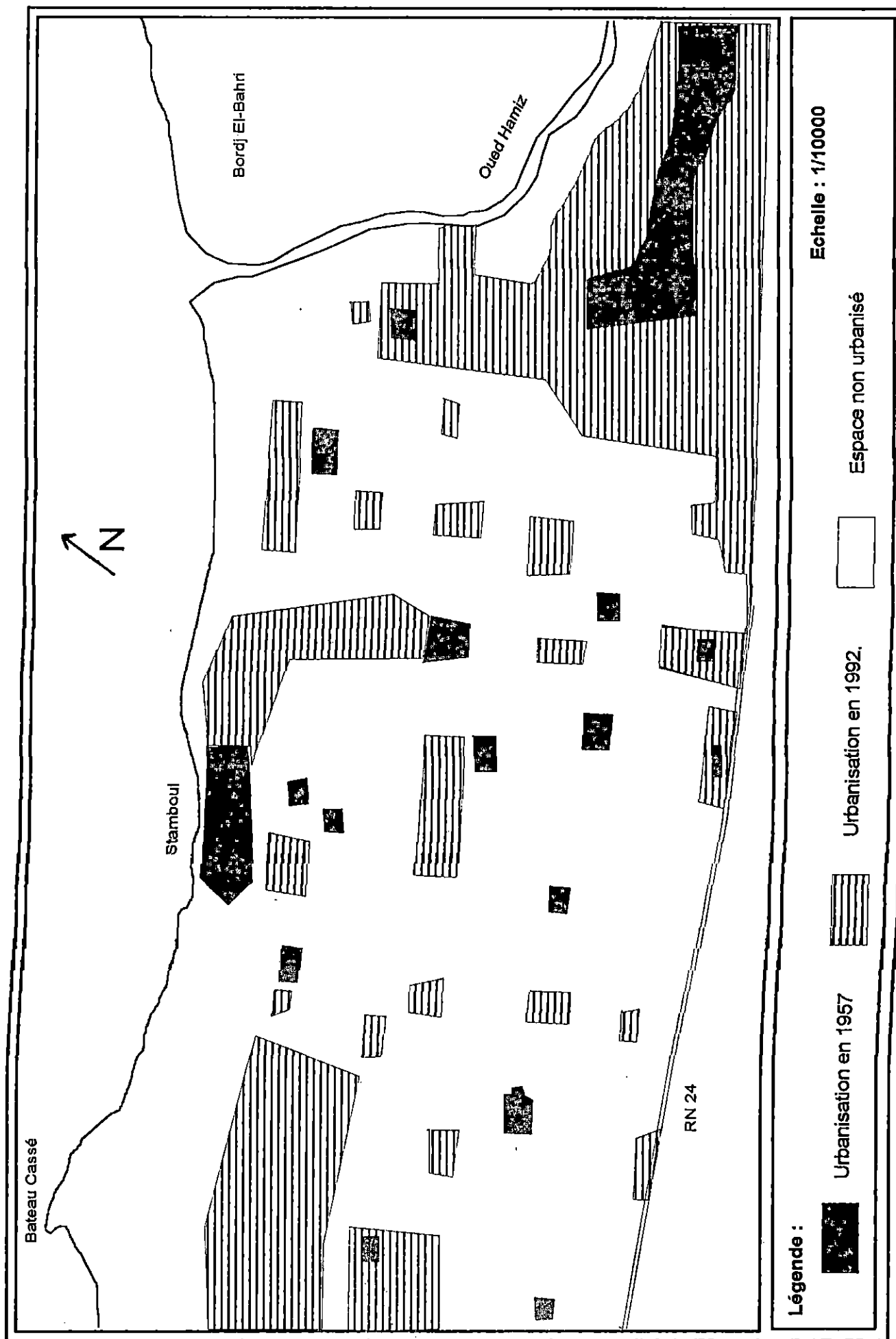


Fig n° 13 : Evolution de l'occupation du sol entre 1957 et 1992 aux environs de Stamboul.

En effet, les terres agricoles qui apparaissent sur la photographie de 1957 sont envahie en grande partie soit par des habitations isolées, soit par des habitations organisées en petites agglomérations, d'où une sur-occupation de cet espace qui participe à sa dégradation progressive.

Actuellement, on constate une forte tendance à l'aggravation de cette sur-occupation. En effet, au cours de nos visites sur le site, on a remarqué au coeur de ces agglomérations de véritables chantiers : de nouvelles bâtisses s'édifient, des bâtisses du type « R » se multiplient en « R+1 » et ainsi de suite.

II.2. Démographie et activité dominantes :

II.2.1. Démographie :

Les analyses relatives à la typologie démographique ont permis de définir les taux de croissances démographiques représentés sur le tableau ci-dessous.

Tableau n° 11 : Taux de croissance démographique à Bordj El Kiffan

Années	1977-1983	1983-1990	1990-2000	2000-2010
Taux de % croissance	4,16	3,61	3,13	2,27

Source : P.D.A.U., 1995

La densité de population résidente dans la commune de Bordj El-Kiffan est de 20 habitants /hectare (P.D.A.U., 1995).

L'évolution de la population est représentée sur le tableau n° 12.

Tableau n° 12 : Evolution de la population de Bordj El Kiffan.

Années	1987	1990	1995	2000	2010
Nombre d'habitant	62074	68902	79926	92714	115893

Source : P.D.A.U., 1995

Remarque : Vue l'évolution rapide de cette commune, ces valeurs sont largement dépassées (presque 100000 habitants en 1998, ce qui dépasse les prévisions pour l'an

2000). De même, l'observation de la croissance démographique révèle une pression de plus en plus importante sur le milieu et notamment sur l'urbanisation côtière.

II.2.2. Agriculture :

Au cour des années 80; 75 % des terrains au niveau de Bordj El Kiffan étaient destinés à l'agriculture. Actuellement, on assiste à une occupation anarchique de ces terres.

II.2.3. Activités industrielles :

L'activité industrielle dans cette commune se résume à :

- L'entreprise de manufacture de l'E.M.A.C.
- ECOTEX : Confection des vêtements.
- L'atelier de la S.N.T.R.
- COME DIAB : Fabrication de parfum.
- Quelques usines ou entreprises privées (parking, unités agro-alimentaires, etc.)

Ceci indique que les sources de pollution industrielle ne sont pas importante dans la commune. Les rejets sont à dominance domestique.

II.2.4. Equipement :

Actuellement, les besoins de la population de Bordj El Kiffan en équipement socio-économiques (écoles, centre de santé, maternité, ... etc) sont satisfaits.

Mais, avec le développement que connaît la commune, un besoin en matière d'équipements nouveau sera ressenti.

II.2.5. Assainissement :

En absence d'un schéma d'assainissement propre à notre zone d'étude, on a traité ce problème à une échelle plus grande (toute la baie d'Alger).

II.2.5.1. Etat du réseau d'assainissement :

C'est un réseau très ancien construit entre 1920 et 1956 pour la plupart des collecteurs, certains d'entre eux datent de plus d'un siècle.

En effet, ce réseau est dans un état de dégradation très avancées due principalement à la vétusté de ses ouvrages, et à l'absence d'une prise en charge efficace sur le plan d'entretien. Cette situation s'est aggravée par :

- L'absence d'un plan de réseaux.
- La disparition de certains équipement tel que : regards, avaloirs et bouches de réseau.
- L'envasement de la quasi-totalité du réseau, réduisant ainsi les écoulements et provoquant des inondations de surface.
- Inexistence des plans et d'inventaire de branchements particulières.
- Défectuosité des raccordements qui n'était pas en fonction du développement urbain, cela constitue un obstacle à la gestion rationnelle et efficace du réseau.

II.2.5.2. Traitement des rejets urbains et industriels :

Au début des années 70, les autorités ont lancés une étude d'assainissement d'Alger, en adéquation avec les études d'urbanisme à l'époque par COME DOR. Cette étude a aboutit à un Schéma Directeur d'Assainissement Général du Grand Alger (S.G.A.).

La mise en oeuvre de ce schéma par tranche, a permis en priorité le développement du réseau en fonction des nouvelles données d'urbanisme planifiée à l'horizon 2000. Ce schéma général a été mis en exécution dès 1978 dont les principaux ouvrages prévus sont :

a- Les collecteurs :

Les travaux lancés par la Direction d'Hydraulique de la Wilaya d'Alger (D.H.W.A.) dans le cadre du S.G.A., consistait à la mise en place d'un système unitaire, afin d'éliminer le problème de la pollution des milieux récepteurs, et plus particulièrement le milieu marin.

Le projet consiste à évacuer dans un système de canalisation commune des eaux usées (urbaines et industrielles) et des eaux pluviales.

La partie Ouest de Bordj El Kiffan est reliée au collecteur littoral, qui longe la côte et se raccorde au collecteur rive gauche par un siphon sous l'Oued El Harrach, pour enfin

arriver à la station d'épuration de BARAKI. Ce collecteur littoral a une longueur de 3500 m, et des sections comprises entre 700 et 1500 mm.

Quant à la partie Est de la commune (y compris la cité Stamboul) elle est actuellement dépourvue de toute réseau d'assainissement, les constructions existantes sont équipées de fosses septiques ou rejettent directement les eaux usées dans la nature.

Mais , un projet est en cours pour relier cette partie au futur collecteur Bacora et ensuite vers la station d'épuration de Reghaia.

b- Station d'épuration de BARAKI:

Elle est située sur la rive droite de l'Oued El-Harrach, à 6,8 Km de l'embouchure, elle est fonctionnelle depuis 1989.

Elle est réalisée dans le cadre du S.G.A., et ce traduit par la collecte et le traitement de l'ensemble des effluents de l'agglomération algéroise et les zones industrielles avoisinante, elle est d'une capacité de trois millions équivalent/habitant, soit six cent mille mètre cubes/jour.

Constat :

Actuellement, cette station n'est pas fonctionnelle, donc la partie des rejets qui était épurée ne l'est plus et se jettent directement en mer. Quant au fosses septiques, elles sont parfois installées sans fondation d'où une tendance à la saturation du sol et de se fait, une pollution certaine des nappes phréatiques déjà menacées par l'intrusion marine.

II.3. L'extraction des matériaux :

Les besoins en granulats se sont actuellement multipliés du fait des grands travaux de construction. Rapidement perceptibles, faciles à exploiter, les alluvions fluviales, les cordons littoraux, les dunes et les sables des plages constituant les principales sources de matériaux de construction.

Cependant, l'exploitation abusive de ces formations constitue des risques irréversibles, car elles sont peu ou non renouvelable, tendant à s'épuiser, et joue un rôle fondamentale dans le maintien de l'équilibre naturel de l'interface terre-mer.

Pour avoir une vision globale du problème nous avons jugé utile de le traiter non seulement au niveau de Bordj-El-Kiffan, mais dans toute la baie d'Alger.

II.3.1. Exploitation du sable de plage :

Les prélèvements des tonnes de sable depuis une vingtaine d'années, comme c'est le cas à l'embouchure de l'Oued El-Harrach, des sablières littorales au niveau des Pins Maritimes et de la plage de Stamboul, ont engendré un recul important du trait de côte, surtout à la partie Est de la baie d'Alger.

Malheureusement, on a pas pu quantifier les extractions faite au niveau de Stamboul, tous ce qu'on a comme information, c'est que depuis 1996, les habitants de cette cité se sont mobilisés avec l'aide des autorités locales pour arrêter ce genre de pratique, alors qu'avant, ces mêmes habitants participaient à ces « *massacres* » poussés par le chômage.

II.3.2. Exploitation des cordons littoraux (dunes actuelles) :

Deux cordons littoraux caractérisent la baie d'Alger : L'un se développe entre la rive droite de l'Oued El-Harrach et le secteur du Lido, l'autre depuis la partie Est de Bordj-El-Kiffan jusqu'à l'embouchure de l'Oued Hamiz.

Ces cordons littoraux constituent une petite barrière sableuse allongée parallèlement au rivage, qui sépare la rive maritime, des zones basses de la Mitidja, assurant aussi la protection de cette dernière des risques d'inondations en période de tempêtes.

Actuellement, le cordon littoral situé à proximité de l'embouchure de l'Oued El-Harrach est totalement exploité, il est remplacé par des remblais et des dépôts industriels. Il n'y a que le secteur des Pins Maritimes et du Champs de tir militaire où ce cordon est épargné de cette exploitation. Concernant le deuxième cordon littoral et principalement dans les secteurs de Verte Rive, Bateau Cassé et Stamboul, cette dune est totalement exploitée (extraction et/ou occupation), d'où une zone soumise aux menaces les plus graves dont nous citons :

* L'érosion spectaculaire de la côte, qui se traduit par l'amaigrissement voir même la disparition de certaines plages, ou le changement de leur qualité granulométrique (apparition des plages à galets = grèves à l'Ouest du Bateau Cassé).

* Dégradation par salinisation des sols notamment les terres agricoles.

* Salinisation de la nappe phréatique d'où la diminution des réserves d'eaux potables.

II.3.3. Exploitation des cordons dunaires (dunes anciennes) :

Une étude hydrogéologique et hydrochimique réalisée par J. MANIA et *al.* (1985) (*in* A. AOUDIA et N. HADIBI, 1992) de la boucle côtière du complexe alluviale de la Mitidja à l'Est d'Alger, a montrée l'existence d'une invasion par les eaux marines salées et le rôle que joue le cordon dunaire de Beni Mered et des collines Mouhous en tant que barrière hydraulique qui freine l'extension du biseau salé.

En effet, le pompage abusif des eaux sous-terraines pour les besoins quotidiens de la population et pour l'irrigation (agriculture) a provoqué une baisse générale du niveau de la nappe phréatique, entraînant ainsi (en se combinant avec l'érosion marine) une invasion par les eaux marines.

La mise en évidence de l'intrusion saline dans cette étude est détaillée dans l'annexe 4.

Remarque :

Le biseau salé qui avait un portée de l'ordre de 1 Km à l'intérieur des terres lors de la réalisation de cette étude, atteint actuellement la région du Hamiz située à environ 3 Km au Sud de Stamboul (d'après certains témoignages).

II.4. Quelques indicateurs sur la pollution marine et littoral :

La convention de Barcelone (1975), dans son article n° 02 sur l'environnement, définit la pollution marine comme suit : « *C'est l'introduction directe ou indirecte de substances et d'agents nocifs dans le milieu marin. Ces agents influent négativement sur la qualité de l'eau, par conséquent, sur la vie aquatique (dégradation de la faune et de la flore) ; mais aussi sur toutes les activités maritimes (pêche, tourisme, ...etc)* »

En effet, à l'échelle de la baie d'Alger, cet étendu marin est soumis à une forte pression de la charge polluante, provenant de l'agglomération algéroise, du bassin versant de l'Oued El-Harrach et l'Oued Hamiz et du trafic maritime, à savoir le port d'Alger et le mouillage des navires en rade.

Par sa situation dans la baie d'Alger, la commune de Bordj El-Kiffan, qui, constitue

notre zone d'étude, est surtout sous l'influence des rejets urbains domestiques.

L'importance de ce type de pollution est liée à la consommation d'eau et de la charge polluante qu'elle véhicule.

Dans l'environnement marin, l'un des risques les plus importants est dû aux bactéries pathogènes (Vibrions et Salmonelles), soit par contact direct (baignade) soit par l'ingestion des ressources biologiques polluées (moules, Oursins, etc...) et de ce fait, la perturbation d'activités tel que la pêche et le tourisme balnéaire.

Conclusion :

La demande croissante de l'espace côtier au niveau de la commune de Bordj El-Kiffan se traduit par une occupation anarchique de cet espace.

On constate l'absence de planification ou de rationalisation dans l'affectation de l'espace. Dans la plupart des cas on a ignoré la vocation des sites et on s'est peu soucié de la préservation du milieu naturel.

Le choix des implantations est surtout dicté par la disponibilité des moyens (réseau routier développé, proximité : de la capitale, de l'aéroport Houari Boumedienne, de l'U.S.T.H.B. et des zones industrielles (Rouiba, Hamiz, Oued Smar , etc...), ou bien la possibilité d'avoir « *une vue imprenable sur la mer.* »

Après que le mal soit fait, le problème de l'extraction des matériaux semble actuellement maîtrisé par les autorités locales.

En matière de lutte contre la pollution et mis à part la pollution domestique qui doit être soumise à des mesures curatives ou préventives, les autres types de pollution devront être identifiées et quantifiées pour mieux les maîtriser.

Chapitre III :

RECONNAISSANCE D'UN
SITE BALNEAIRE
(STAMBOUL).

III.1. Détermination de la limite d'action de la houle :

Cette limite correspond à la profondeur à partir de laquelle commence l'action de la houle sur le fond. Elle varie d'une direction de houle à une autre.

Il s'agit d'une limite dynamique à partir de laquelle les sédiments sont remaniés et remis en suspension.

On peut la déterminer par la formule suivante :

$$P(L) = 2 H_s + 11 \sigma \quad : \text{modèle de HALLERMEIR (in R.E. QUELENNEC, 1987)}$$

$P(L)$: Profondeur limite (m)

H_s : Hauteur significative pour une direction donnée.

σ : L'écart type.

Détermination de (H_s) :

C'est la moyenne arithmétique du tiers supérieur des hauteurs de houle mesurés lors d'un enregistrement.

Détermination de l'écart type (σ) :

On calcul la variance (Var) :

$$\text{Var} = \sum f_i (x_i - \bar{x})^2$$

Avec :

f_i : la fréquence

X_i : Centre de classe

\bar{X} : La moyenne.

$$\text{Où : } \bar{X} = \frac{\sum n_i x_i}{N}$$

Avec :

n_i : Nombre d'apparition de la classe.

N : Nombre totale d'observation.

Finalement :

$$\sigma = \sqrt{\text{Var}}$$

Pour l'application numérique, nous avons utilisés les enregistrements du S.S.M.O. (1963-1970) effectués au large de la baie d'Alger.

Les résultats obtenus sont représentés sur le tableau n° 13.

Tableau n° 13° : Détermination de la profondeur limite par direction

Direction	Hs	σ	P(L) (m)
N	3,3	0,81286	15,5
NE	3,3	0,68894	14
E	4,05	0,63007	15
W	5,55	1,00277	22
NW	2,85	0,66731	13
T.D.C	5,25	0,74573	19

T.D.C.:Toute direction confondues

Interprétation :

Les profondeurs limites varient d'une direction de houle à une autre. Elles atteignent un maximum de 22 m pour les houles de direction Ouest et un minimum de 13 m pour les houles de direction Nord Ouest. Pour toute directions confondus, la profondeur est de l'ordre de 19 m. Mais pour ce qui est de notre zone d'étude , les houles qui nous intéressent sont de secteur Nord et Nord-Ouest, ceci du fait de leur prédominance et de leur impact sur la côte. Elles sont caractérisées par des profondeurs limites respectives de 15,5 m et 13 m.

III.2. Evolution du trait de côte :

L'exploitation des photographies s'est avérée féconde dans l'étude des modifications des lignes de rivage (R. PASKOFF, 1981). Ces dernières, subissent suivant les cas une avancée, un recul ou une stabilité.

Notre étude est basée sur l'analyse de photographies aériennes concernant le site d'étude prises durant deux missions différents (1957 et 1992), ainsi que le trait de côte actuel (fait le 08/06/1998).

Ces documents nous ont permis d'établir un bilan mettant en évidence l'évolution du trait de côte pour chacune des périodes considérées.

Pour une meilleure approche, nous avons partagé la zone étudiée en trois secteurs : A, B et C (Fig. n° 14).

- La période de 1957 - 1992 : Durant cette période, le trait de côte a subi un recul moyen de 15m au niveau du secteur (A) de 10 m au niveau du secteur (B) et de 5m voir même une stabilité au niveau du saillie rocheux du lieu dit Bateau Cassé (secteur (C)).

- La période de 1992 - 1998 : Cette période est caractérisée principalement par la disparition du tronçon de plage qui constituerait le secteur (A).

Le secteur (B) a connu de sa part un recul moyen du trait de côte de l'ordre de 12 m.

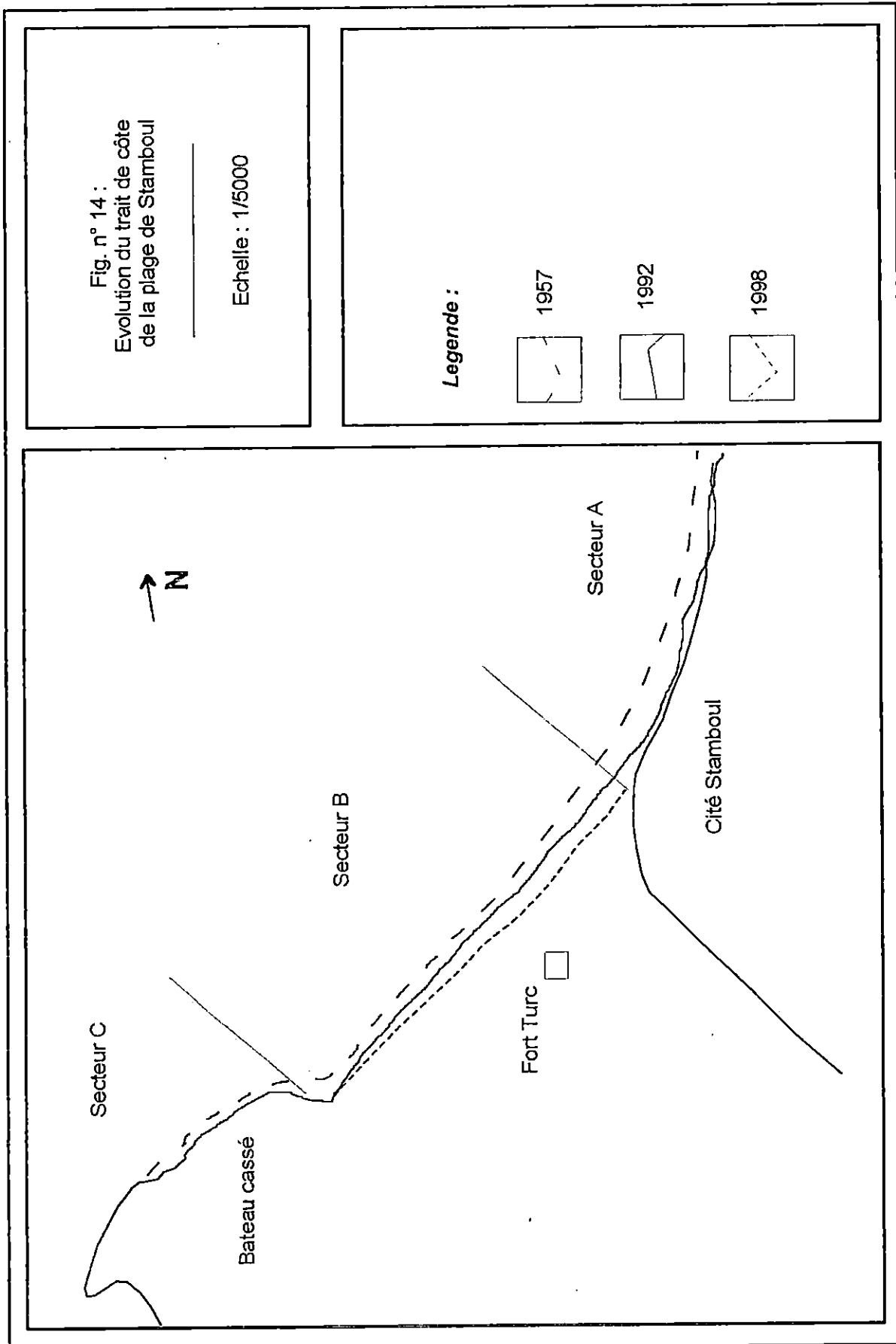
Enfin, la stabilité qu'a connu le secteur (C) durant cette période, peut s'expliquer par l'absence de formation sableuse. Donc, la configuration actuelle de la côte suit celle du promontoire rocheux.

A partir du recul moyen du trait de côte, on a pu calculer la vitesse de recul annuel pour chaque secteur (tableau n° 14).

Tableau n° 14 : Vitesse de recul du trait de côte :

Secteurs	périodes	Reculs moyen (m)	Vitesse de recul (m/an)
A	1957 - 1992	15	0,40
	1992 - 1998	7	1,20
B	1957 - 1992	10	0,30
	1992 - 1998	12	2,00
C	1957 - 1992	5	0,14
	1992 - 1998	0	0

A partir de ce tableau, on peut dire que durant la première période (1957-1992),



l'érosion décroît d'Est en Ouest, alors que durant la deuxième période (1992-1998), le recul du trait de côte se fait plus rapidement dans la plage actuel de Stamboul (secteur B).

III.3. Approche Morphosédimentaire :

III.3.1. Etude des profils de la plage aérienne :

Le profil d'une plage dépend de l'hydrodynamique local, du volume des matériaux disponibles et leurs calibres.

Suivants les circonstances, une plage peut perdre plus de sédiment qu'elle n'en reçoit et elle démaigrir, ou en recevoir plus qu'elle n'en perd et elle s'engraisse. Dans le premier cas, le profil s'abaisse; dans le second, il se relève (R. PASKOFF, 1981).

Quatre profils ont été effectués par l'intermédiaire d'un théodolite et d'une mire, au cours de la sortie du 16/06/1998 (Fig. n°15).

L'analyse de ces profils (fig. n°16), montre que les profils P1 et P2 présentent une plage large de 83 et qui est supérieur à celle des profils P3 et P4 (largeur de 74m).

En raison du rôle essentiel que joue la pente dans l'analyse du relief (M. DERRUAU, 1974), nous avons calculés la pente moyenne pour chaque profil.

Elle est de l'ordre de 4% pour les profils P1, P3 et P4 et 6% pour le seul profil P2.

A préciser que ces profils ont été réalisés après un reprofilage de la plage.

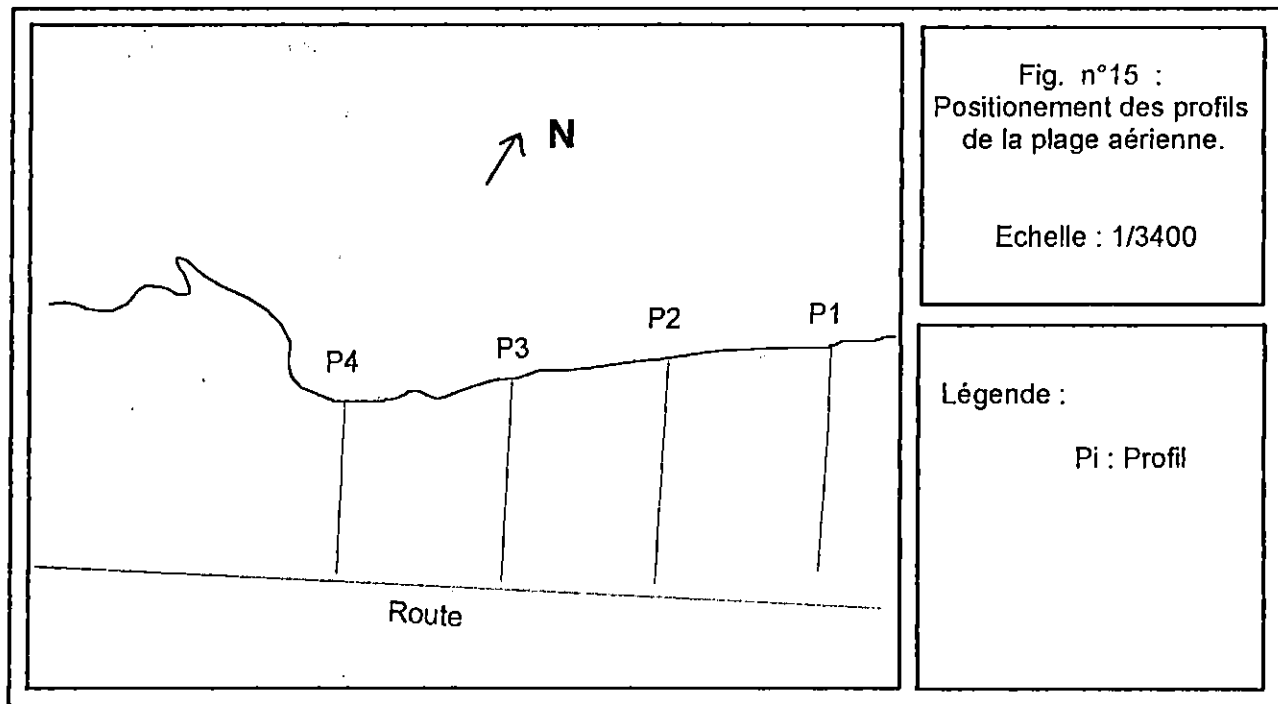
A noter aussi que la tendance évolutive d'une plage, ne peut être véritablement appréciée que si les observations portent sur toute l'année ou même sur plusieurs années. Or, en raison du court délai pour réaliser notre travail, on s'est limité à une seule période.

III.3.2. La bathymétrie :

III.3.2.1. Mesures bathymétriques :

Ils ont été effectués durant la mission du 17/08/1998 à bord du bateau océanographique de l'I.S.M.A.L. : « *IBTASSIM* ».

Les mesures ont été effectués à l'aide d'un échosondeur portable.



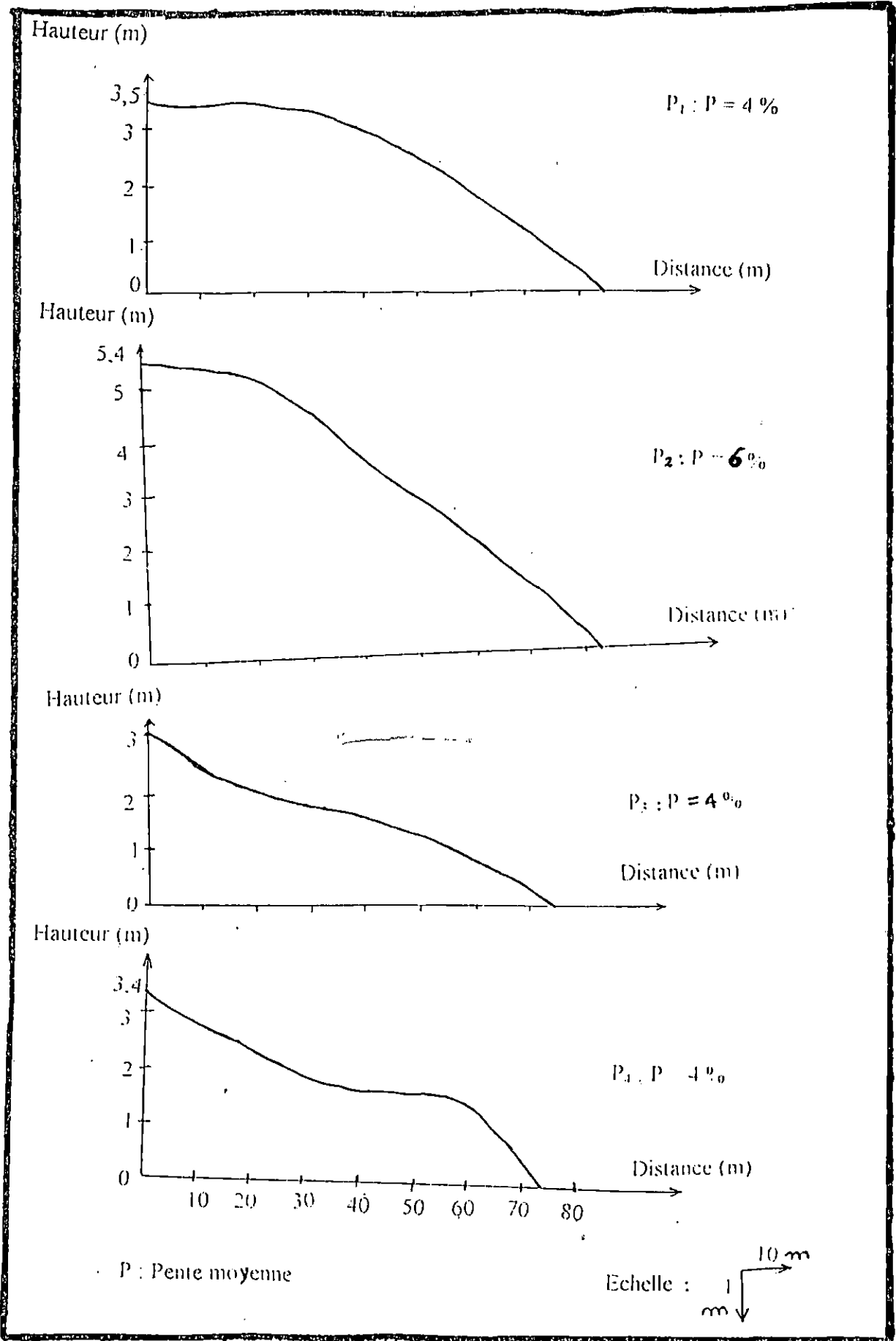


Fig n° 16 : Profils de la plage aérienne.

Afin d'éviter que la sonde n'émerge lors du tangage du bateau, elle a été immergée à 1 m de la surface.

Huit (8) radiales ont été réalisés à des profondeurs oscillant entre 5 et 16 m, sur une distance de 1200 m en allant vers le large.

La zone comprise entre 0 et 5m n'a pas été couverte en raison de l'inaccessibilité du bateau utilisé.

III.3.2.2. Travaux au laboratoire :

Après positionnement des radiales et correction des erreurs induites par le « G.P.S. », on a tracé les radiales nous permettant d'établir notre carte bathymétrique (Fig. n° 17), nécessaire pour la détermination de la morphologie sous marine du site.

III.3.2.3. Interprétation de la carte bathymétrique :

La carte bathymétrique de la zone étudiée fait ressortir les caractéristiques suivantes :

- De 5 à 7 m : Les isobathes sont irrégulières. Elles traduisent un fond marqué par une pente relativement forte. On note aussi la présence d'une barre d'avant côte dans le centre de la zone étudiée à 250 m de la côte.
- De 7 à 15 m : Cette partie présente une bathymétrie plus ou moins régulière. On note la présence d'un exhaussement du fond à la partie Est entre 7 et 9 m correspondant à un affleurement rocheux (d'après les relevés bathymétriques).

III.3.3. Etude des profils de la plage sous-marine :

Le suivi de l'évolution de la plage sous-marine est un élément fondamental pour une compréhension plus complète du processus sédimentaire littoral.

Ainsi un prolongement des quatre profils aériens a été effectué sur la carte bathymétrique (Fig. n° 17) les profils M1, M2, M3 et M4 sont réalisés (Fig. n° 18).

Interprétation :

- Profils M1 et M4 : Ces deux profils montrent un fond relativement régulier, avec une pente moyenne faible de l'ordre de 1,3 %.

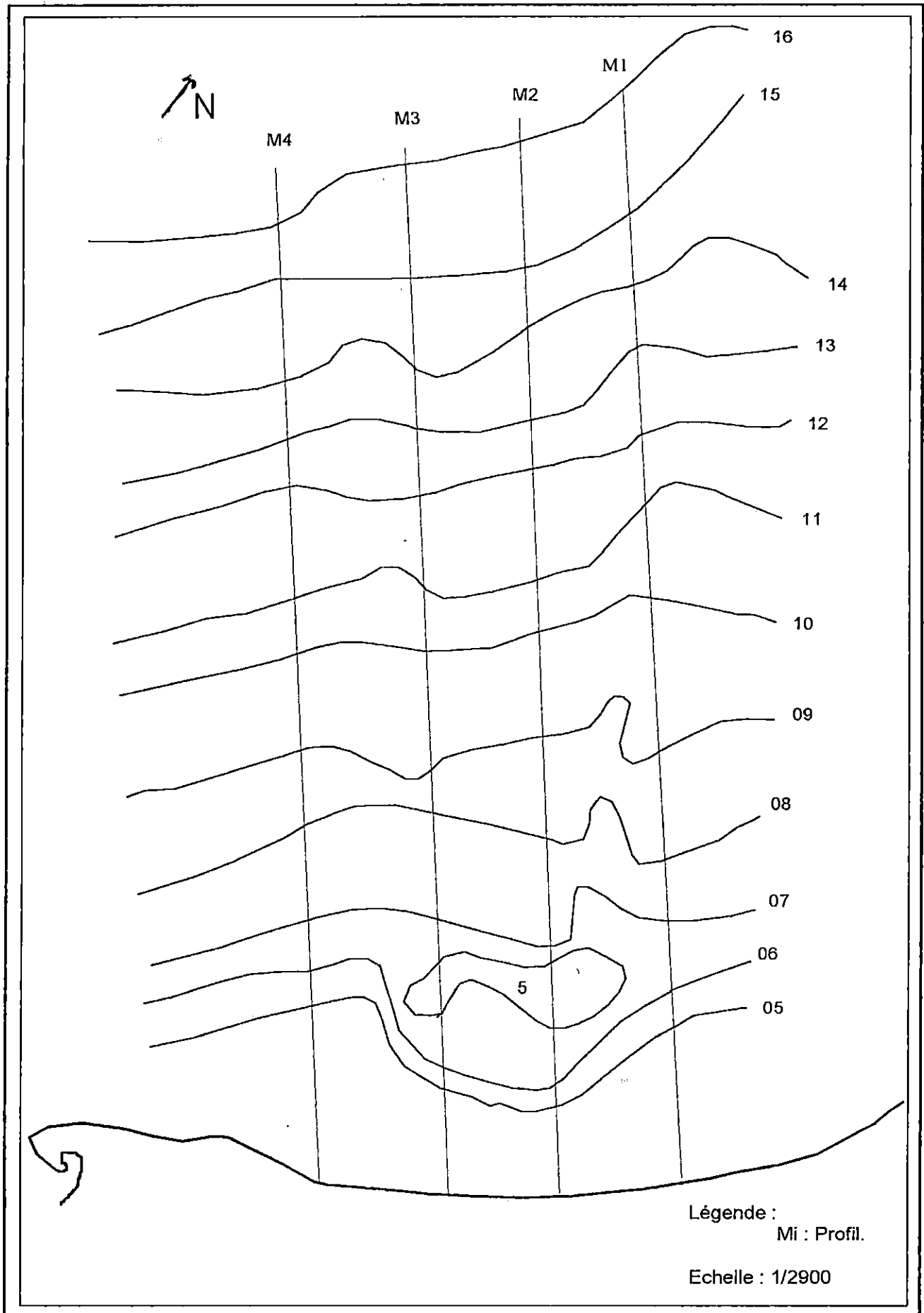
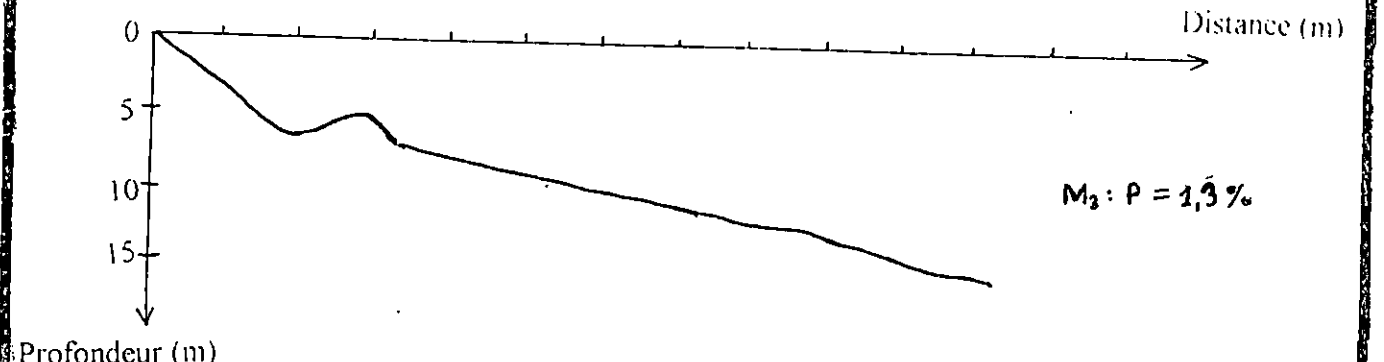
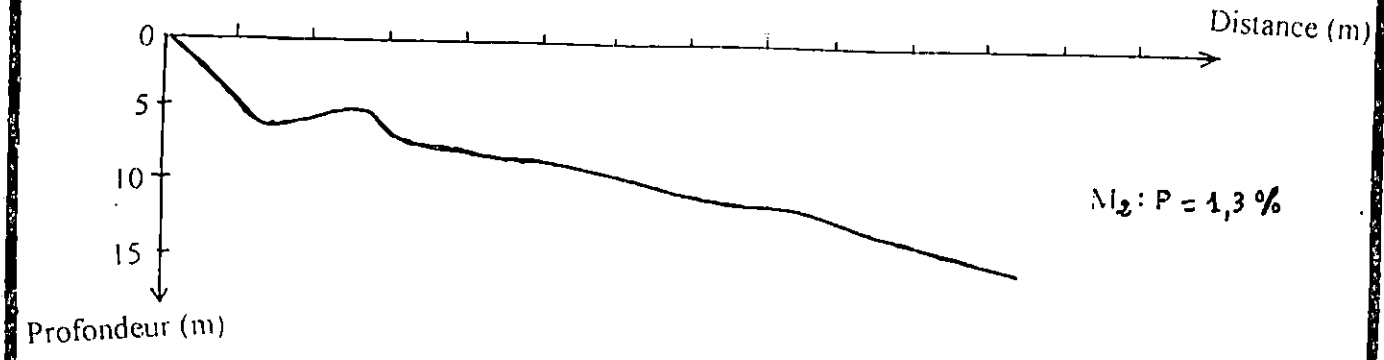
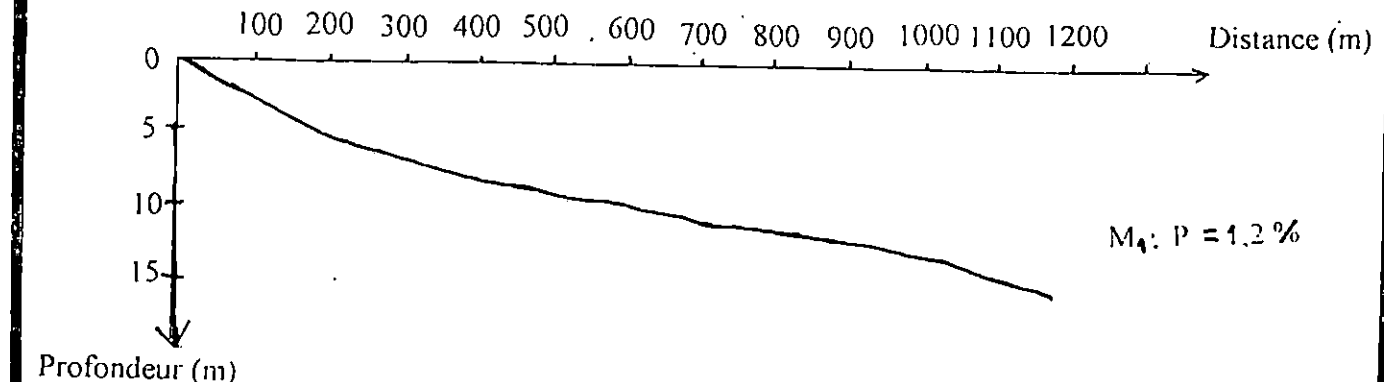


Fig n° 17 : Bathymétrie de la plage de Stamboul.



P : Pente moyenne

Echelle : $\begin{matrix} 100 \text{ m} \\ \swarrow \\ 5 \\ \downarrow \\ \text{m} \end{matrix}$

Fig n° 18 : Profils de la plage sous marine.

- Profils M2 et M3 : Ils sont caractérisés dans les six premiers mètres par une pente de l'ordre de 4 % . On note aussi la présence d'une barre d'avant plage distante de 250m de la côte et qui s'étend sur une largeur moyenne de 50m. Au delà, le fond est régulier.

Conclusion :

L'étude des profils aériens et sous-marins confirme la relation solidaire entre la plage aérienne et sous-marine.

En effet, la présence de la barre d'avant plage amortisse l'action hydrodynamique et peut participer à l'engraissement de la plage aérienne par le brassage de sa surface par les vagues de beaux temps.

III.3.4. Etude sédimentologique :

L'étude sédimentologique a été effectuée au niveau du laboratoire de géologie marine de l'I.S.M.A.L.

Trente trois (33) échantillons ont été prélevés, dont quinze (15) prélevés suivants les profils de la plage aérienne, et dix huit (18) autres prélevés en mer à l'aide d'une benne de type « *Van Veen* » à des profondeurs situées entre 4 et 15 m d'une façon à balayer notre zone d'étude. (Fig. n° 19)

Remarque : De ces dix huit (18) échantillons, douze (12) d'entre eux ont été prélevés lors d'une première sortie (26/06/1998) à bord du bateau océanographique « *El Mordjane* », le reste étant prélevé lors de la sortie du 17/08/1998 à bord du bateau océanographique « *IBTASSIM* ».

III.3.4.1- Granulométrie :

III.3.4.1.1. Définition :

C'est une technique simple, elle a pour but d'étudier la répartition de la taille des particules d'un dépôt. On distingue en général :

- * Les blocs et les galets.
- * Les sables grossiers moyens et fins.
- * Les pélites

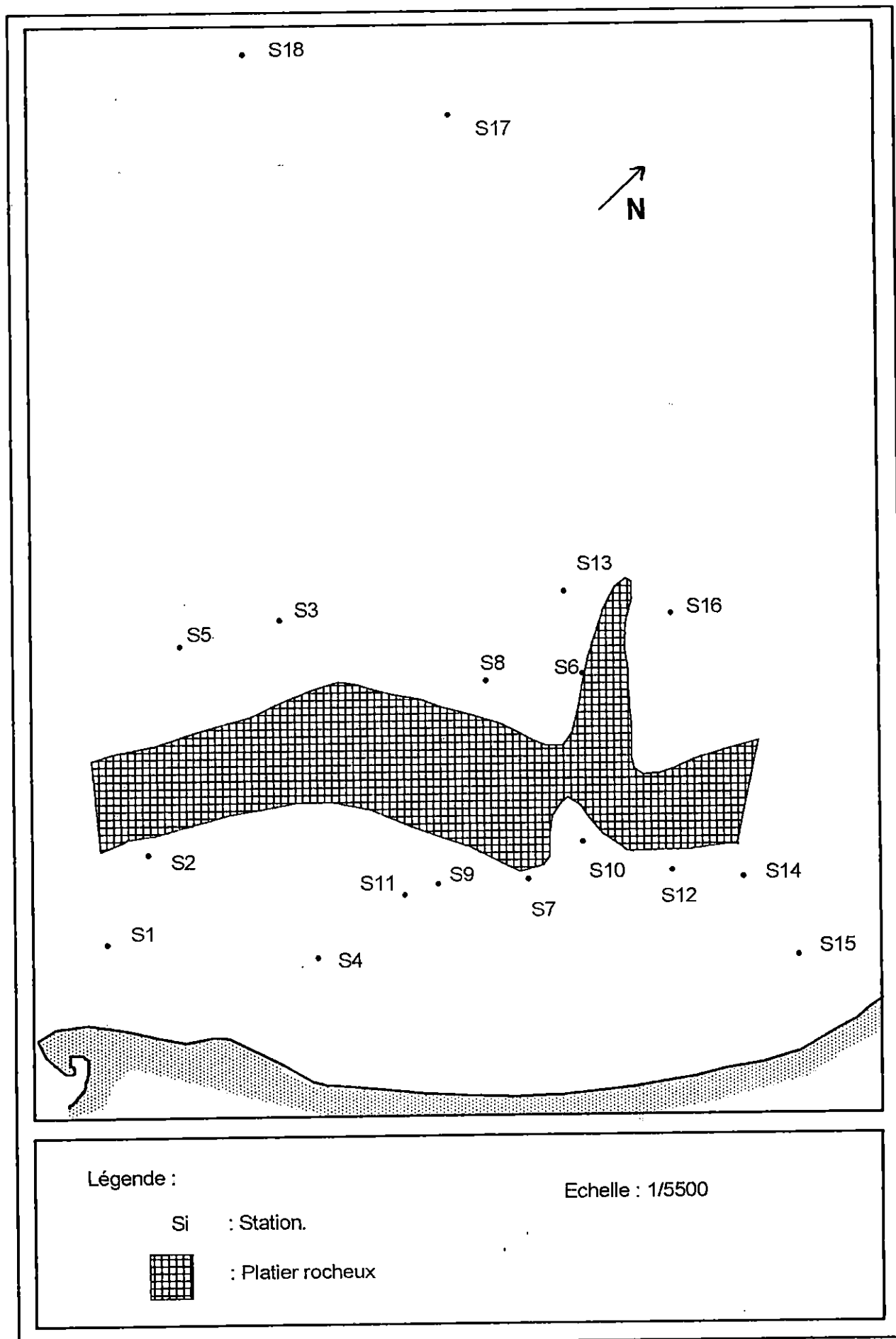


Fig N° 19 : Positionnement des stations de prélèvements en mer.

III.3.4.1.2. Mode opératoire :

Au laboratoire le traitement des échantillons s'est effectué suivant la méthode représentée dans la figure n° 20.

Une fois les courbes dressées, on cherche graphiquement les paramètres suivants : Q_1 , Q_2 et Q_3 correspondants respectivement aux points sur la courbes relatives aux diamètres du grain représentant 25 %, 50 % et 75 % de l'échantillon.

III.3.4.1.3. Les indices granulométriques :

Le classement (Sorting Index de TRASK : S_0) : Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$S_0 = \sqrt{Q_3/Q_1}$$

Cet indice indique la dispersion des taille par rapport à la taille moyenne de l'échantillon (H. CHAMLEY, 1987).

TRASK (1930) (*in* L. BERTHOIS, 1975) à proposé les limites suivantes :

$S_0 < 2,5$: sédiment très bien classé

$2,5 < S_0 < 3,5$: sédiment normalement classé

$3,5 < S_0 < 4,5$: sédiment assez bien classé

$4,5 < S_0$: sédiment mal classé

L'indice d'asymétrie (SKEWNESS : Sk) : Il est calculé à partir de la formule suivante :

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

Cet indice permet d'évaluer les tendances des sédiments vers le grossier ou vers le fin.

Selon L. BERTHOIS (1975), Si :

- $Sk = 1$: Le mode coïncide avec le diamètre très moyen.
- $SK < 1$: Le classement est maximale du côté fin.
- $SK > 1$: Le classement est maximale du côté grossier

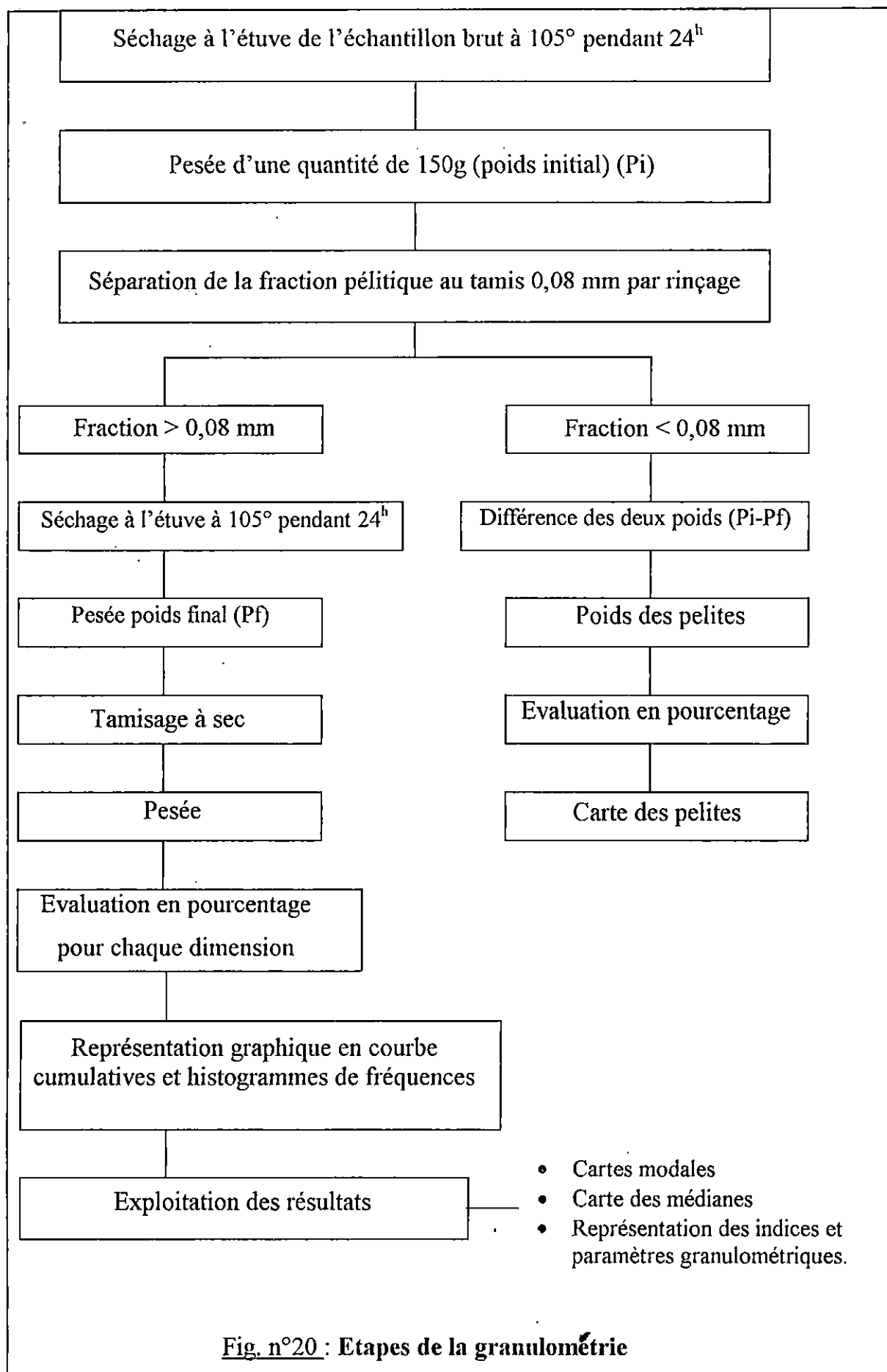


Fig. n°20 : Etapes de la granulométrie

III.3.4.1.4. Les paramètres centraux :

* La médiane :

Elle correspond au point de la courbe pour lequel 50 % du matériel est d'une taille inférieure, et 50 % d'une taille supérieure à celle correspondant au point considéré. La répartition de ce paramètre est importante du fait qu'elle nous renseigne sur la distribution spatiale des sédiments au niveau de notre zone d'étude. Les différents types de sédiments sont déterminés à partir de la classification de FOLK (1974) *in* A.E.G. AYATI et DJ. KHETTOUF (1994).

* Le mode :

Il correspond à la fraction dominante dans l'échantillon qui est représentée par un intervalle de diamètre de sédiment qui se répète plusieurs fois dans l'échantillon. Il est déterminé à partir des histogrammes, en prenant les rectangles les plus représentatifs.

Dans notre zone d'étude, on distingue les modes suivants :

* *Pour la plage sous-marine :*

- Mode 1 : 80-125 μm (mode prédominant)

- Mode 2 : 160- 315 μm

* *Pour la plage aérienne :*

- Mode 1 : 2000 μm (mode prédominant)

- Mode 2 : 250-400 μm

III.3.4.1.5- Etude de la plage sous-marine :

III.3.4.1.5.1- Interprétation des indices granulométriques :

a- Le classement (S_0) :

Il est inférieur à 2,5 pour la majorité des échantillons qui, se traduit par un très bon classement des sédiments, sauf un seul échantillon (S_{14}), où la valeur S_0 est comprise entre 2,5 et 3,5 correspondant à un sédiment normalement classé.

b- L'asymétrie (Sk) :

Pour l'ensemble des échantillons, Sk se représente de la manière suivante :

- 55 % des échantillons ont un $Sk > 1$, qui se traduit par un classement du sédiment maximal du coté grossier.
- 45 % des échantillons ont un $Sk < 1$, qui signifie que la classement du sédiment est maximale du coté fin.

Donc, il y a presque autant de sédiment fin que de grossier.

III.3.4.1.5.2. Interprétation des paramètres centraux :

a. Répartition des médianes (Fig. n° 21) :

Entre la côte et le plâtier rocheux (zone 1) on trouve des sables grossiers, moyens et fins. On a aussi localisé du sable très grossier au niveau de la station (S15) et du sable très fin au niveau de la station (S2).

Les sédiments de la partie Est sont constitués de sables très grossiers, grossiers et fins, par contre, à l'Ouest ils sont constitués de sables moyens, fins et très fins.

Donc, on peut parler d'une grano-décroissance d'Est en Ouest en passant des sables très grossiers (S15) aux sables très fins (S2). Cependant la présence d'une barre sableuse au centre confère une particularité à cette répartition. En effet, les sables présents au niveau de la Crête sableuse sont plus grossiers que ceux situés aux alentours. Au delà du plâtier rocheux (Zone 2) le sable devient très fin à l'exception de (S13) où le sable est moyen.

b. Répartition des modes :

* **Mode 1 (80 - 125 μ) (Fig. n°22) :** Dans la zone (1) la répartition du mode 1 n'est pas homogène puisqu'on a défini un pourcentage nul à l'Est et un pourcentage de 60% à l'Ouest, d'où une accroissement d'Est en Ouest.

Dans la zone 2, le pourcentage de ce mode devient très important surtout au niveau de la station (S18) où il atteint 80,5%.

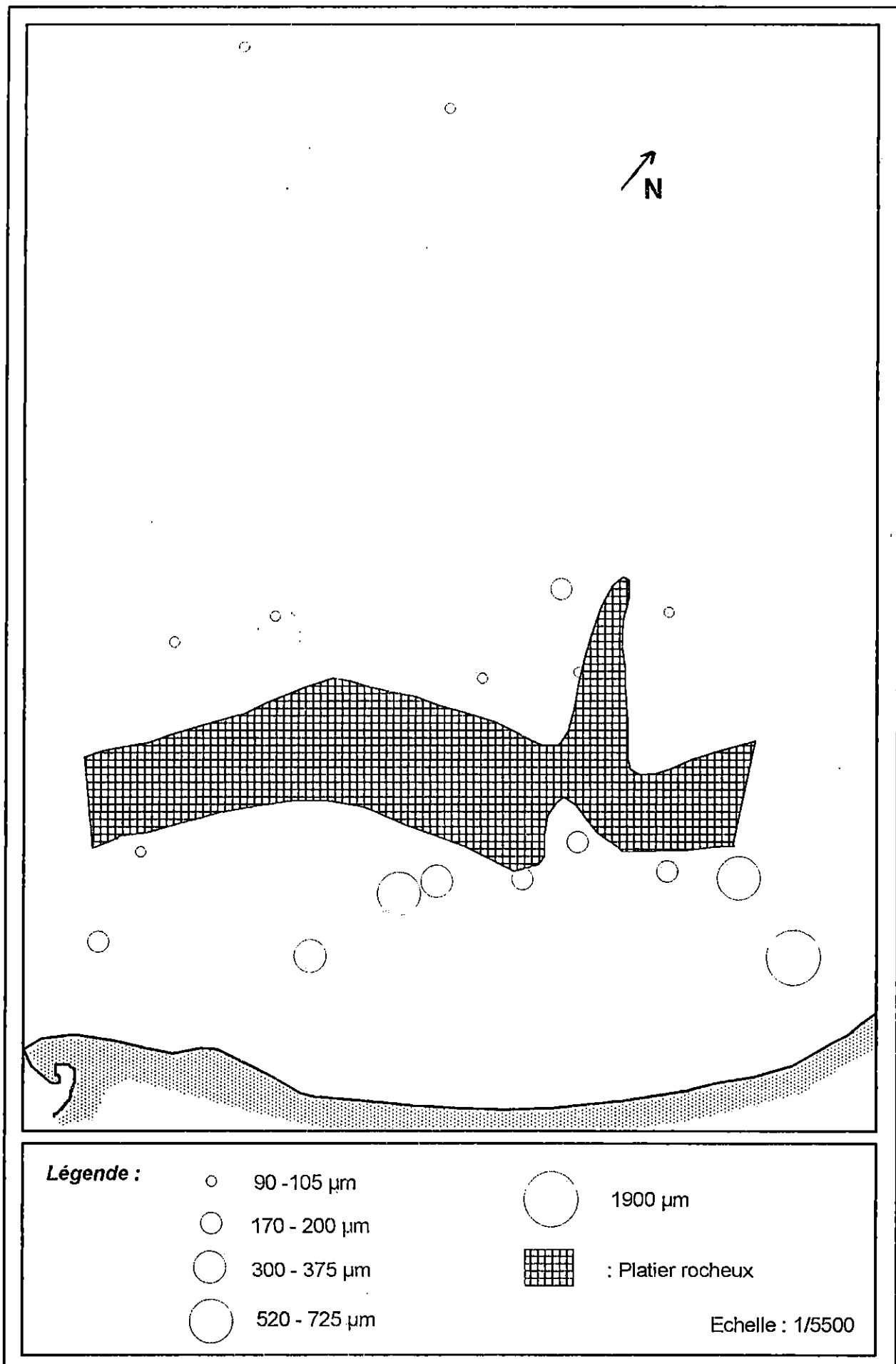


Fig n° 21 : Carte des médianes de la plage sous-marine.

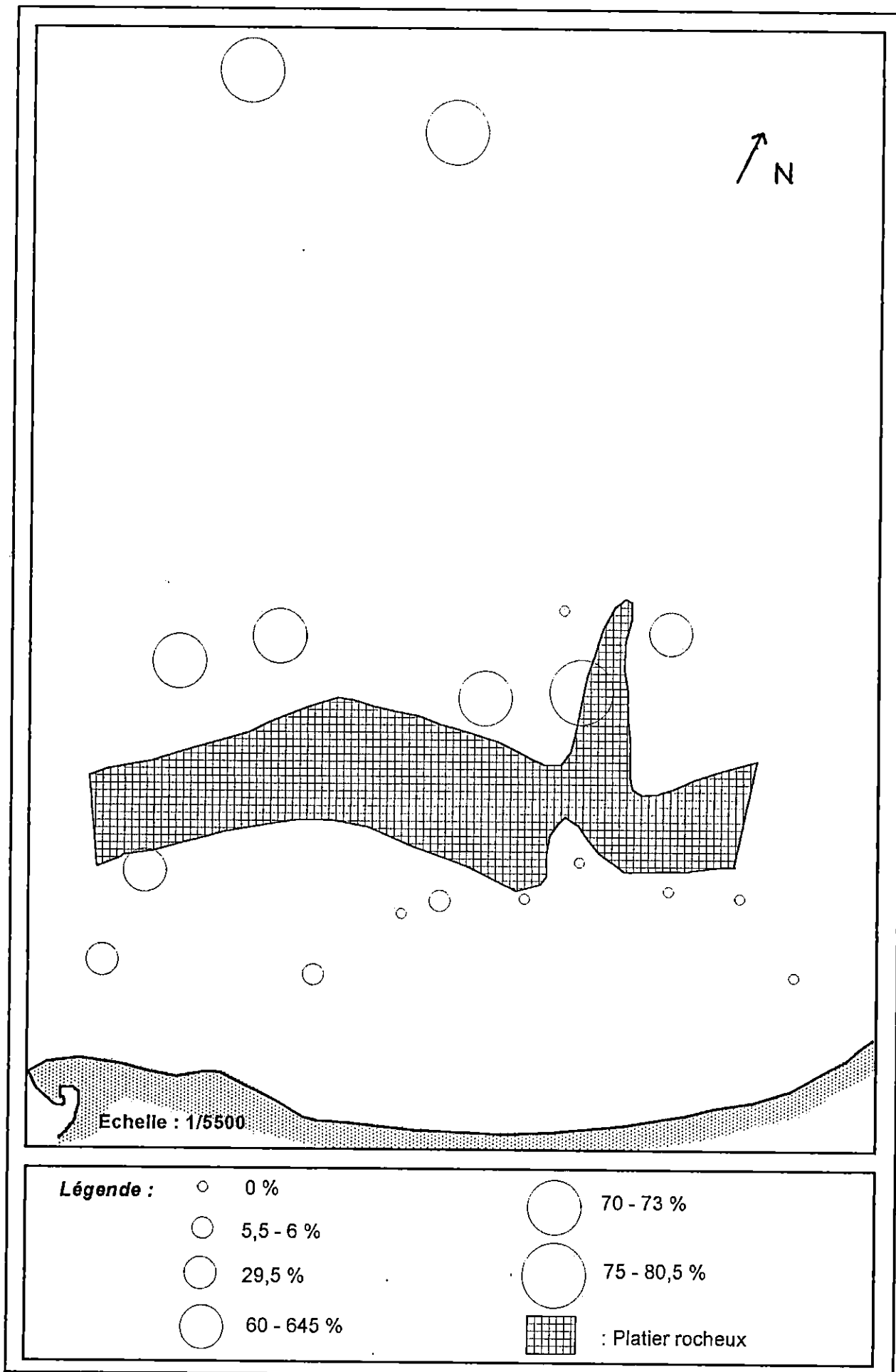


Fig N° 22 : Carte du mode 1 (80 - 125 μ) de la plage sous-marine.

* **Le mode 2 (160 – 315 μ) (Fig. n° 23)** : Dans la zone 1, ce mode est très important. On a observé un pourcentage nul à l'Ouest de la zone qui augmente progressivement en allant vers l'Est pour atteindre un maximum de 91%. Au delà du plâtier rocheux, ce mode est pratiquement nul à l'exception de (S13) où le pourcentage est de l'ordre de 51%.

c. Répartition des pélites (Fig. n° 24) :

La répartition des pélites est très importante à étudier du fait qu'elle nous renseigne sur l'aspect énergétique de la côte.

La zone (1) présente un taux de pélite faible à moyen, il se présente de manière différente entre la partie Est et Ouest. A l'Est le pourcentage en pélite est compris entre 0,33 et 0,95%, par contre, il atteint un pourcentage maximal de 9,6% à l'Ouest d'où une augmentation d'Est en Ouest.

La zone 2 quant à elle présente un pourcentage élevé en pélite, surtout au niveau des stations (S6) et (S8) qui est de l'ordre de 18,4 et 16%. Ceci est dû probablement à la présence d'une fosse d'accumulation d'éléments fins.

III.3.4.1.5.3. Corrélation entre les quatre cartes :

La répartition des sédiments au niveau de la plage sous marine se présente de la manière suivante :

* **Zone 1** : Il y a prédominance des sables très fins à moyens. On note cependant la présence des sables très grossiers à la partie Est (face à la cité Stamboul). et grossiers au centre (au niveau de la Crête de la barre d'avant plage).

* **Zone 2** : Au niveau de cette zone ,le sable très fin prédomine. Ce dernier dépasse les 80% au niveau de la station du large (S18).

Le pourcentage maximale du taux de pélite et du mode 1 au niveau des stations (S6) et (S8), et qui est presque égal à celui du large (S17 et S18), nous laisse supposer que ces deux stations sont situées dans une zone d'abri formées par deux exhaussement rocheux du fond, qui favorisent le dépôt de sédiments fins.

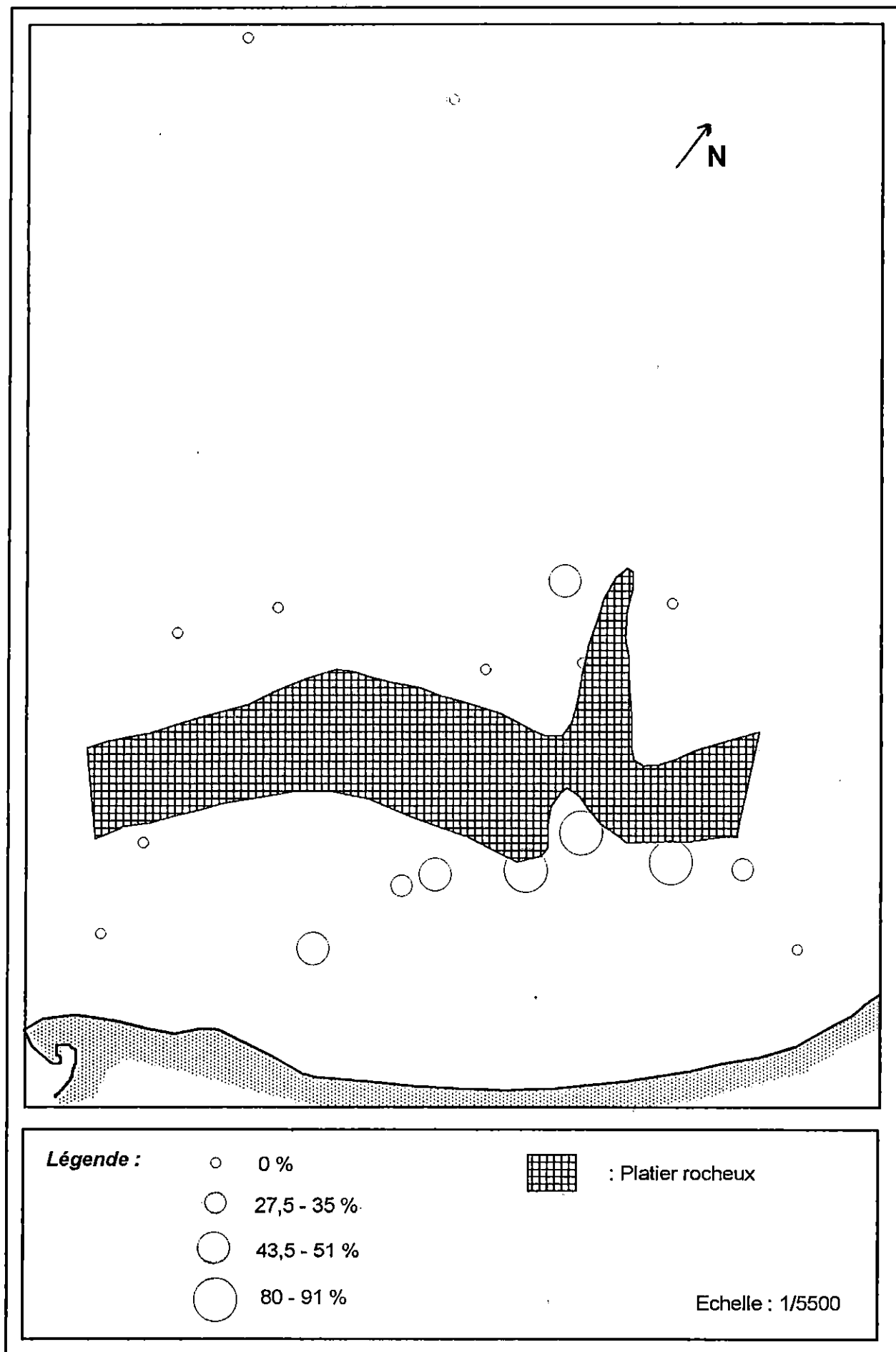


Fig n°.23 : Carte du mode 2 (160 - 315 μm) de la plage sous-marine.

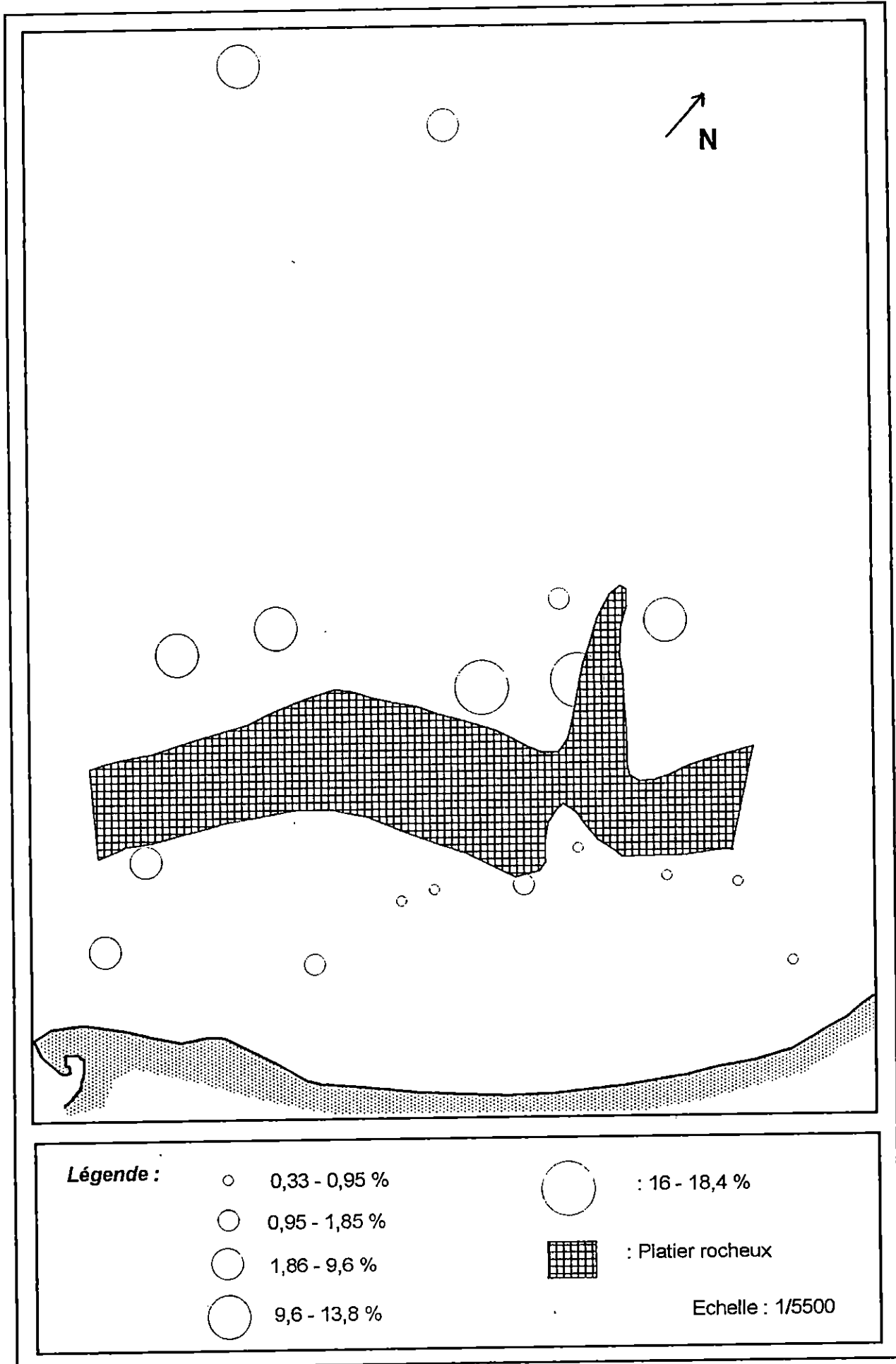


Fig N° 24 : Carte des pélites de la plage sous-marine.

Conclusion :

Vu la profondeur de la zone étudiée, relativement importante (16 m) et vu les taux de pelites très faibles, nous sommes en présence d'un faciès propre qui traduirait une énergie des houles assez importante sur la côte. Les sédiments plus fins (fraction pélique plus élevée) dans ce cas se déposerait en deçà de 16m, où la houle n'a pas d'effet sur le fond.

Il est à noter aussi que vu la granulométrie, l'hydrodynamisme est plus important à l'Est qu'à l'Ouest, où les médianes sont plus faibles et où les pelites atteignent environ 9,6%, témoignant ainsi d'une stabilité de ce secteur.

Ceci nous laisse supposé que le transit sédimentaire se fait d'Est en Ouest.

III.3.4.1.6. Etude de la plage aérienne :

III.3.4.1.6.1. Interprétation des indices granulométriques :

a- Le classement (S_0) : La quasi-totalité des échantillons sont très bien classés ($S_0 < 2,5$) à l'exception d'un seul échantillon (P_4E_3) où la valeur de S_0 est comprise entre 2,5 et 3,5 correspondant à un sédiment normalement classé.

b- L'asymétrie (Sk) : 80 % des échantillons présentent un classement maximal du coté grossier ($Sk > 1$) et 20% seulement présentent un classement maximal du coté fin ($Sk < 1$). Donc la majorité des échantillons tendent vers un classement du coté grossier.

III.3.4.1.6.2. Interprétation des paramètres centraux :

a- Répartition des médianes (Fig. n° 25)

La taille du grain moyen augmente en allant vers l'estran. On passe du sable moyen qui prédomine au niveau de la plage au sable très grossier au bas de la plage.

b- Répartition des modes :

* Le mode 1 (2000 μ) (Fig. n° 26) :

Le pourcentage du mode 1 augmente en allant vers l'estran. Au niveau de la plage son pourcentage est faible à moyen atteignant un maximum de 35 %, par contre, au bas de la plage, il est plus élevé et atteint un maximum de 50%.

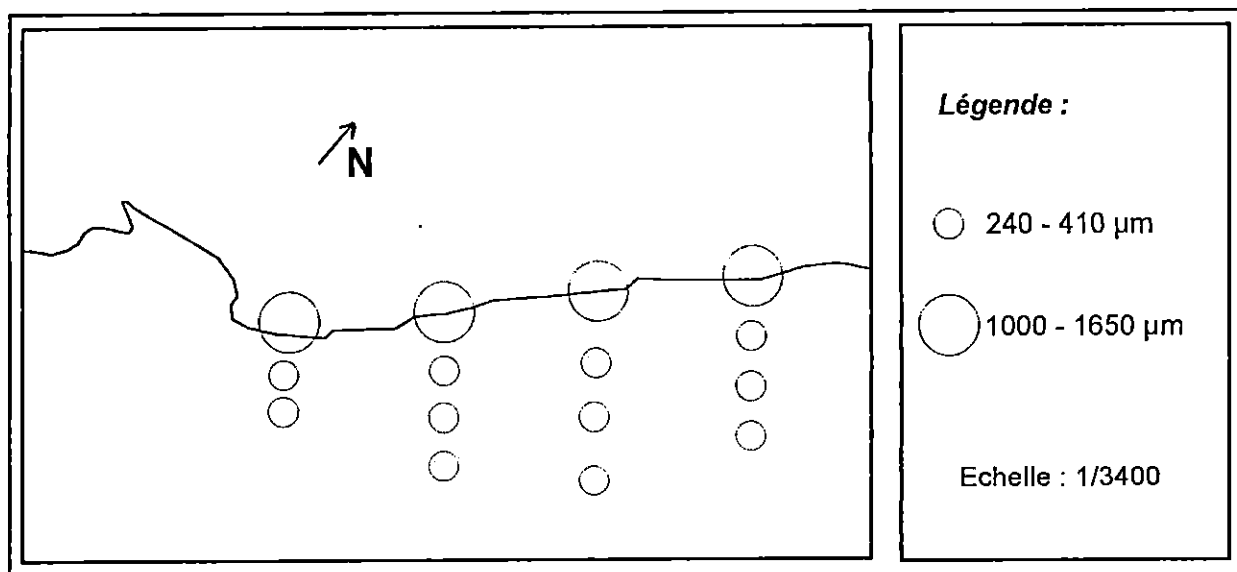


Fig N°25 : Carte des médianes de la plage aérienne.

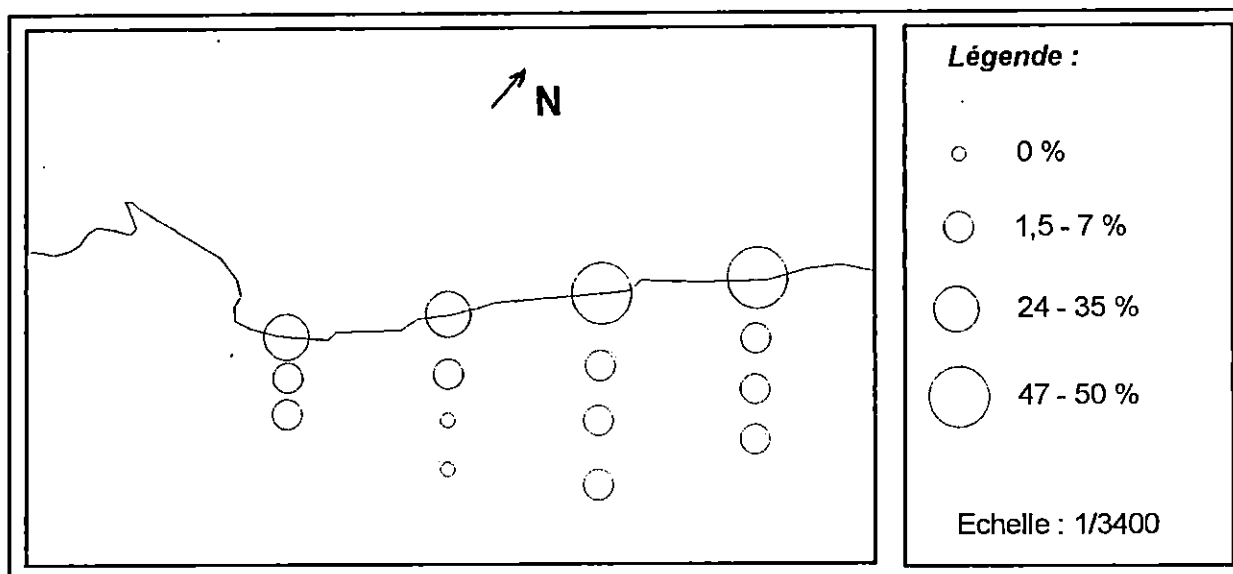


Fig N°26 : Carte du mode 1 (200 µm) de la plage aérienne.

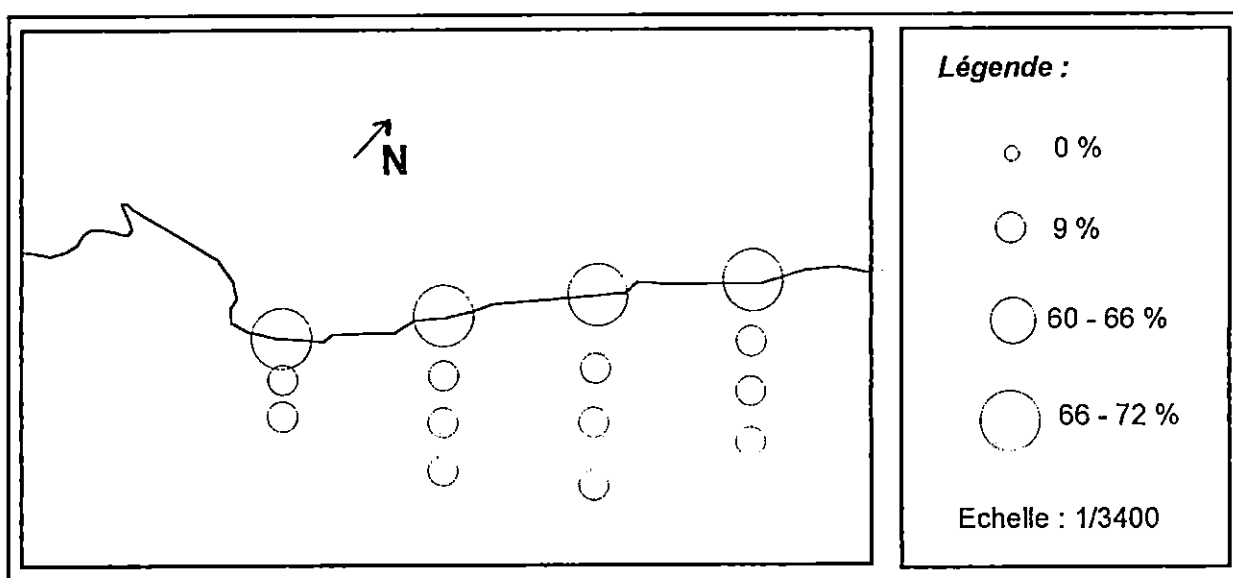


Fig N°27 : Carte du mode 2 (250 - 400 µm) de la plage aérienne.

* Le mode 2 (250-400 μ) (Fig. n° 27) :

Le pourcentage du mode 2 diminue en allant vers l'estran jusqu'à même s'annuler. Au niveau de la plage, son pourcentage est élevé avec un maximum de 72%.

Au bas de la plage, son pourcentage est nul, sauf au centre il est de l'ordre de 9%.

III.3.4.2. Morphoscopie :

La Morphoscopie étudie certains caractères des grains de quartz d'un sable, tel sa forme, son éclat et sa couleur.

Tous ces paramètres peuvent refléter le milieu de provenance, le lieu de séjour et même le mode transport.

Quatre (04) échantillons de la plage aérienne et huit (08) échantillons représentatifs de la plage sous marine sont choisis pour l'étude morphoscopique.

Pour chaque échantillon, 50 grains choisis au hasard sont observés à la loupe binoculaire, à sec.

On se référant aux travaux de CAILLEUX (1937-1942) (*in* L. BERTHOIS, 1975), il serait préférable de n'utiliser que quatre (04) degrés d'usure comme éléments de base :

Grains non-usés : Ce sont les fragments anguleux ou esquilleux.

Grains émoussés : Lorsque les parties saillantes du grain présentent des traces d'usure.

Grains arrondis : Lorsque toutes les extrémités initiales du grain ont disparu, ou remplacées par des surfaces courbées.

Grains très arrondis : Lorsque le grain est ovoïde ou sub-sphérique.

Les résultats obtenus sont représentés dans l'annexe de ce document.

Remarque :

L'appréciation des trois (03) paramètres étudiés (forme, éclat et couleur) dépend de l'observateur, qui induit inconsciemment un coefficient qui lui est propre.

III.3.4.2.1. Interprétation des résultats de la plage aérienne :

On remarque une quasi-dominance des grains émoussés, avec des valeurs très importantes en haut de plage (>80%). Ceci implique que ces sédiments sont fraîchement arrachés et leur transport est assez court.

Les sédiments très grossiers existants en bas de plage sont façonnés plus facilement, d'où la présence de grain très arrondis.

L'éclat mat dominant indique que ces sédiments sont exclusivement fluviaux; exception faite à la partie Ouest, où les grains luisants dominent témoignant ainsi une origine marine.

La couleur blanche dominante détermine un transport assez court des sédiments récents.

L'absence des grains picotés indique que les sédiments dunaires sont inexistantes.

III.3.4.2.2. Interprétation des résultats de la plage sous-marine :

L'ensemble de la plage sous-marine est dominé par les grains émoussés, ceci avec une augmentation de la côte vers le large et d'Ouest en Est (Fig. n° 28a). Ces grains sont témoins de sédiments qui sont fraîchement arrachés et ayant subi un court transport.

Cependant, à l'Ouest du site d'étude, les grains arrondis dominent, mais n'excèdent pas les 50% (Fig. n° 28b), attestent toujours d'un sédiment frais.

Quant à l'éclat, les grains mat caractérisent presque l'ensemble de la plage sous-marine, indiquant ainsi une origine fluviale. Ce type de grains s'accroissent d'Ouest en Est et de la côte vers le large (Fig. n° 29a).

Comme pour la plage aérienne, les grains luisants dominent la partie Ouest de la plage sous-marine (Fig. n° 29b), donc, origine marine.

On note également la présence de quelques grains picotés, indiquant ainsi la présence de "traces" de sédiment dunaire.

La couleur blanche domine toujours cette partie de la plage, avec une abondance à l'Ouest (Fig. 30.a) indiquant un transport assez court de sédiments récents.

De plus, la présence de la coloration orange des grains témoigne de l'ancienneté de ces

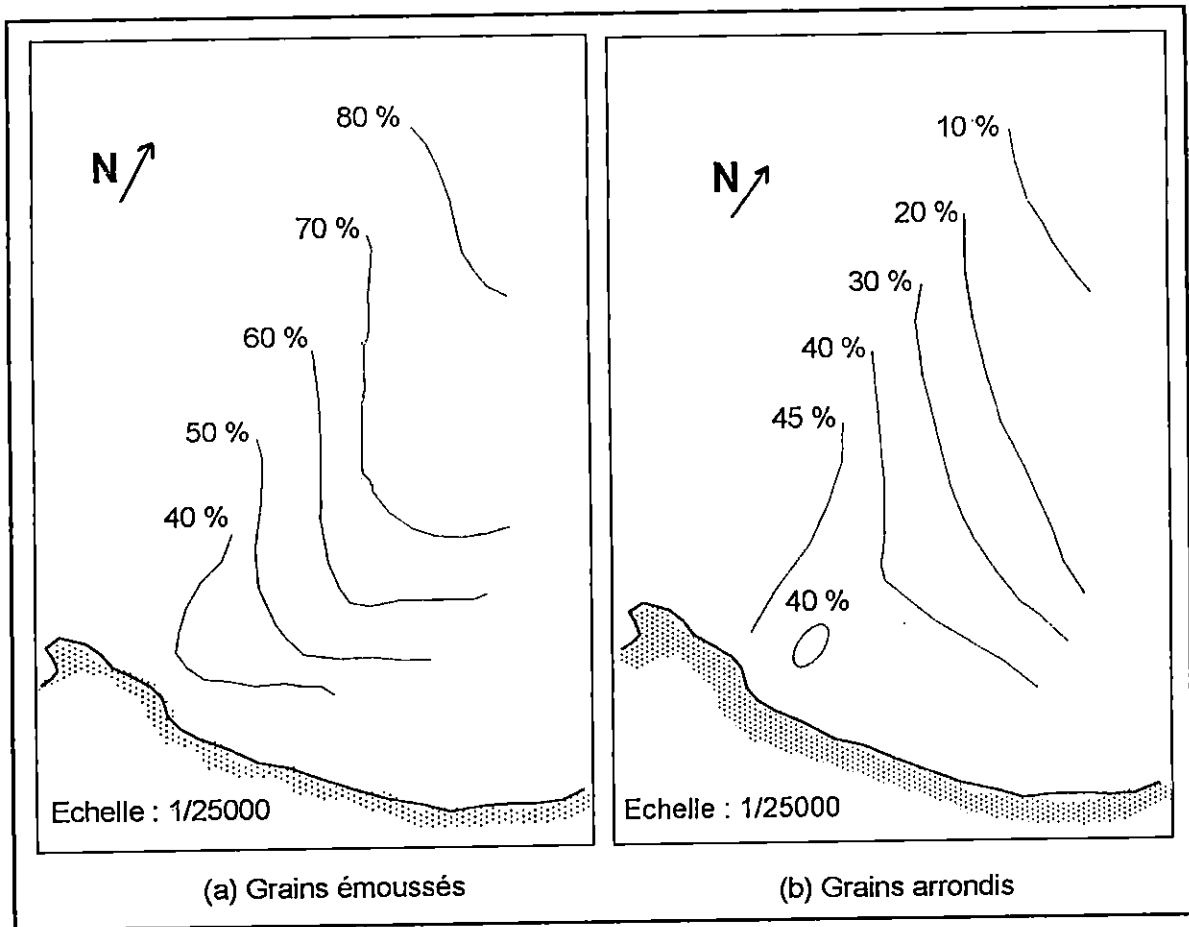


Fig n°28 : Répartition des formes dominantes des grains dans la plage sous marine.

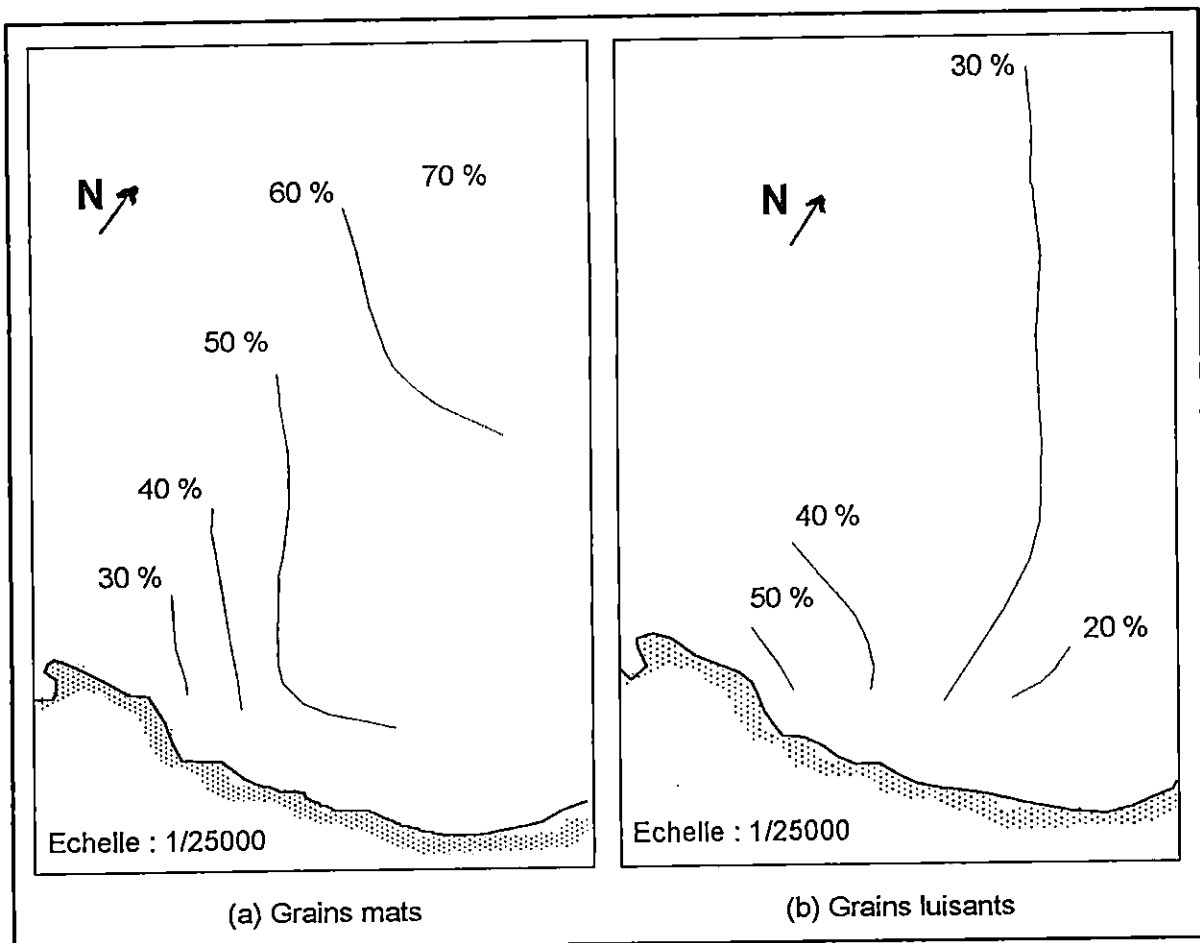


Fig n°29 : Répartition des éclats dominants des grains dans la plage sous-marine.

sédiments marins; ils s'accroissent d'Est en Ouest (Fig. n° 30b).

Conclusion:

Notre zone d'étude présente, de point de vue origine, deux types de sédiments :

- * Sédiment d'origine fluviale; plus fréquent et plus récent; les grains sont arrachés du bassin versant, puis transportés par l'Oued Hamiz vers la mer.
- * Sédiment d'origine marine : relativement plus ancien, présent surtout à la partie Ouest de la plage; les grains provenaient du démantèlement des formations rocheuses (fond et sailli rocheux du Bateau casse).

Les sédiments relativement plus anciens de la partie Ouest, nous permettrait de dire que cette partie est plus calme que le reste de la zone d'étude.

De même, la diminution des sédiments fluviaux d'Est en Ouest, indiquerait un transit sédimentaire d'Est en Ouest.

III.3.4.3. Calcimétrie :

On attaque à l'acide chlorhydrique (HCl) dilué à 30 %, 50 g de sédiment sec (séchage à 105° C pendant 24h).

L'opération dure jusqu'à élimination totale des carbonates (pas d'effervescence au rajout d'acide).

Les sédiments décalcifiés sont lavés plusieurs fois à l'eau du robinet et séchés (toujours à 105°C pendant 24h).

Le poids des carbonates est calculé à partir de la différence de poids après décalcification.

Les résultats obtenus sont représentés en annexe de ce document.

Remarque : On a utilisé pour la calcimétrie, les mêmes échantillons que ceux utilisés pour la morphoscopie.

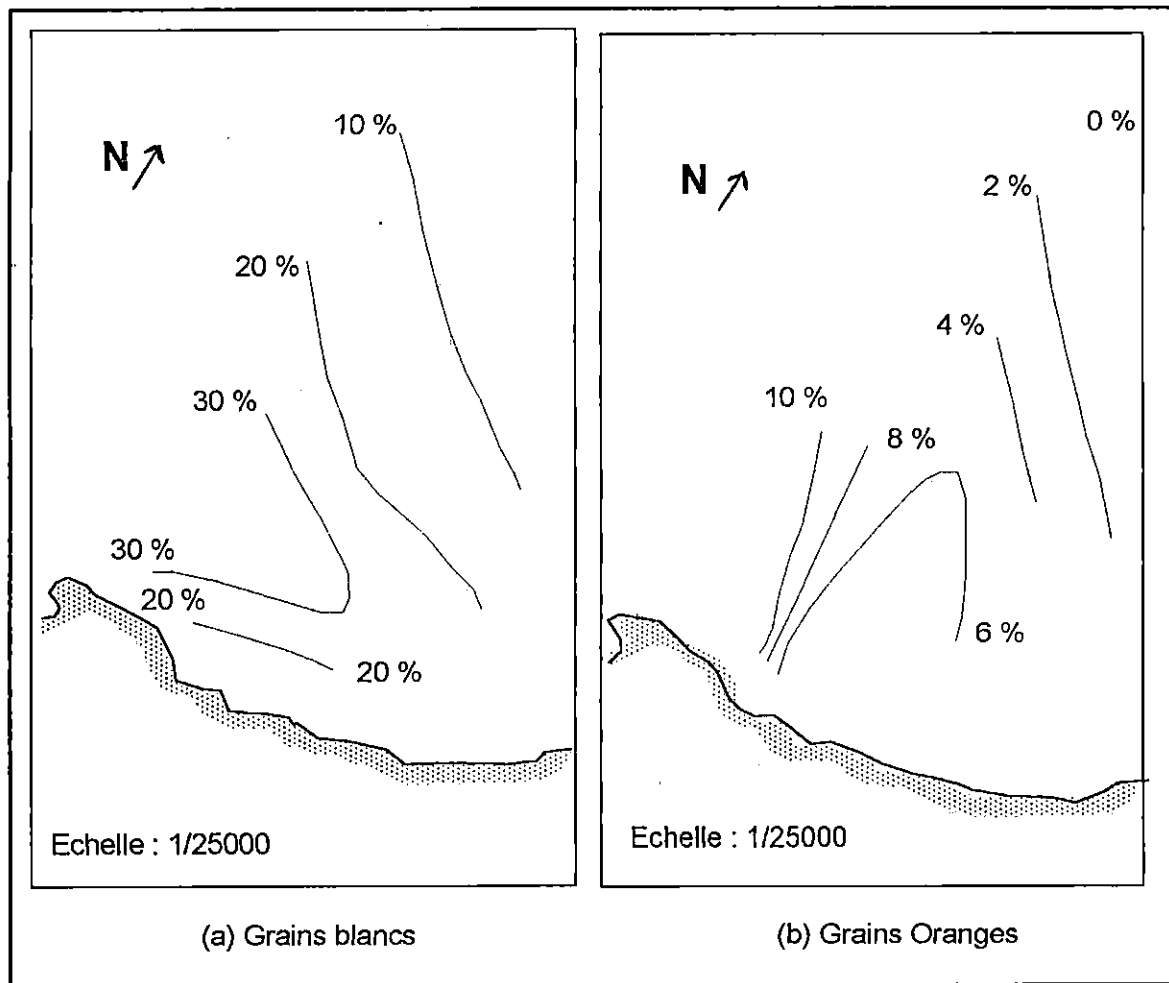


Fig n° 30 : Répartition des couleurs dominantes des grains dans la plage sous-marine.

Interprétation des résultats.

Les valeurs des carbonates de la plage aérienne sont comprises entre 25,60% et 28,70%, sauf pour l'échantillon de l'estran (P2E4), où une valeur minimale de 15% est observée. Pour ceux de la plage sous-marine, elles sont comprises entre 20,60% et 30,60% (Fig. n° 31).

Ces variations sont fortement liées à l'abondance de la fraction organogène (débris de Lamellibranches, de Gasteropodes et d'Echinodèrmes).

Les valeurs maximales s'observent à proximité du platier rocheux, d'où son rôle de fournisseur en matériel bioclastique riche en carbonate.

Alors que les valeurs minimales s'observent dans les sédiments grossiers, où l'action hydrodynamique relativement important, ne permettait pas aux sédiments fins d'origine calcaire de se décanter.

Conclusion :

L'augmentation des taux de carbonates d'Est en Ouest renforce l'hypothèse du transit sédimentaire dans le même sens (Est —> Ouest); de même qu'un départ de sédiments fin vers le large s'observe dans la partie de la plage sous-marine face à la cité Stamboul.

III.4. Approche hydrosédimentaire :

III.4.1. Plans de vagues :

Introduction :

En raison de l'insuffisance de notre bathymétrie (la réfraction se fait au delà de 16 m), nous avons utilisés les plans de vagues élaborés par le LEM (1998). Ces plans ont été établis grâce à un logiciel informatique; le « *REFRACT* ».

Le choix des directions étudiées est fonction de la morphologie littorale, de la dominance des houles ainsi que leur action différente sur le transit sédimentaire.

Le site de Stamboul est exposé à toutes les houles du quadrant Nord-Ouest; trois (03) directions comprises dans ce secteur ont été retenues dans cette étude, avec chacune

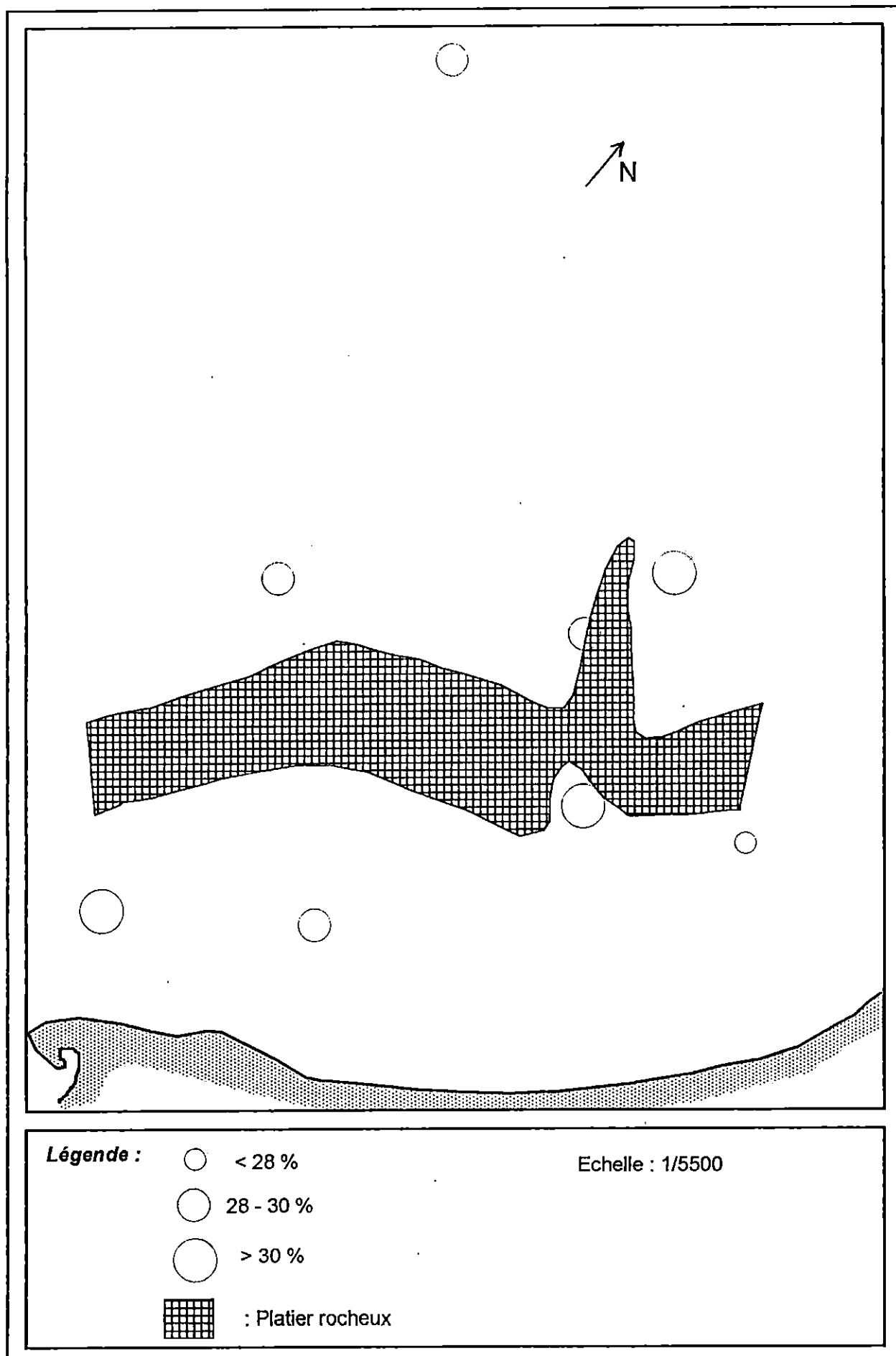


Fig N° 31 : Carte des carbonates

trois (03) périodes différentes : 6,8 et 10s :

- Une direction approximativement perpendiculaire à la côte (315° N), pour mesurer les effets d'éventuels hauts-fonds à la côte.
- Deux directions de part et d'autre de cette perpendiculaire à la côte, à savoir 0° N et 285° N.

L'interprétation de ces plans de vagues est basée sur les caractéristiques de la houles avant le déferlement. (Tableau n°15).

Tableau n° 15 : Caractéristiques de la houle avant le déferlement

Direction	Période T(s)	Coefficient de réfraction K	Angle d'arrivée à la côte (degré)
0° Nord	6	0,455	336
	8	0,725	337
	10	0,630	279
285° Nord	6	0,903	288
	8	0,878	289
	10	0,406	295
315° Nord	6	0,902	314
	8	0,960	313
	10	1,000	311

Source : L.E.M., 1998.

Interprétation des plans de vagues :

Direction 0° N : (Fig. n° 32 (a,b,c)) :

Les houles de périodes 6 s sont affaiblies par la réfraction ($k = 0,45$ s)

Les houles de période 8 s sont les plus énergétiques ($k = 0,725$).

Les houles de période 10 s sont moyennement réfractées ($k = 0,630$).

La présence d'un haut-fond au large du Cap Matifou influe considérablement sur les caractéristiques de la houle incidente.

Ainsi pour des périodes supérieures à 8 s , l'effet du haut-fond provoque une forte réfraction de la houle. L'espacement séparant les orthogonales augmente avec la diminution de la profondeur.

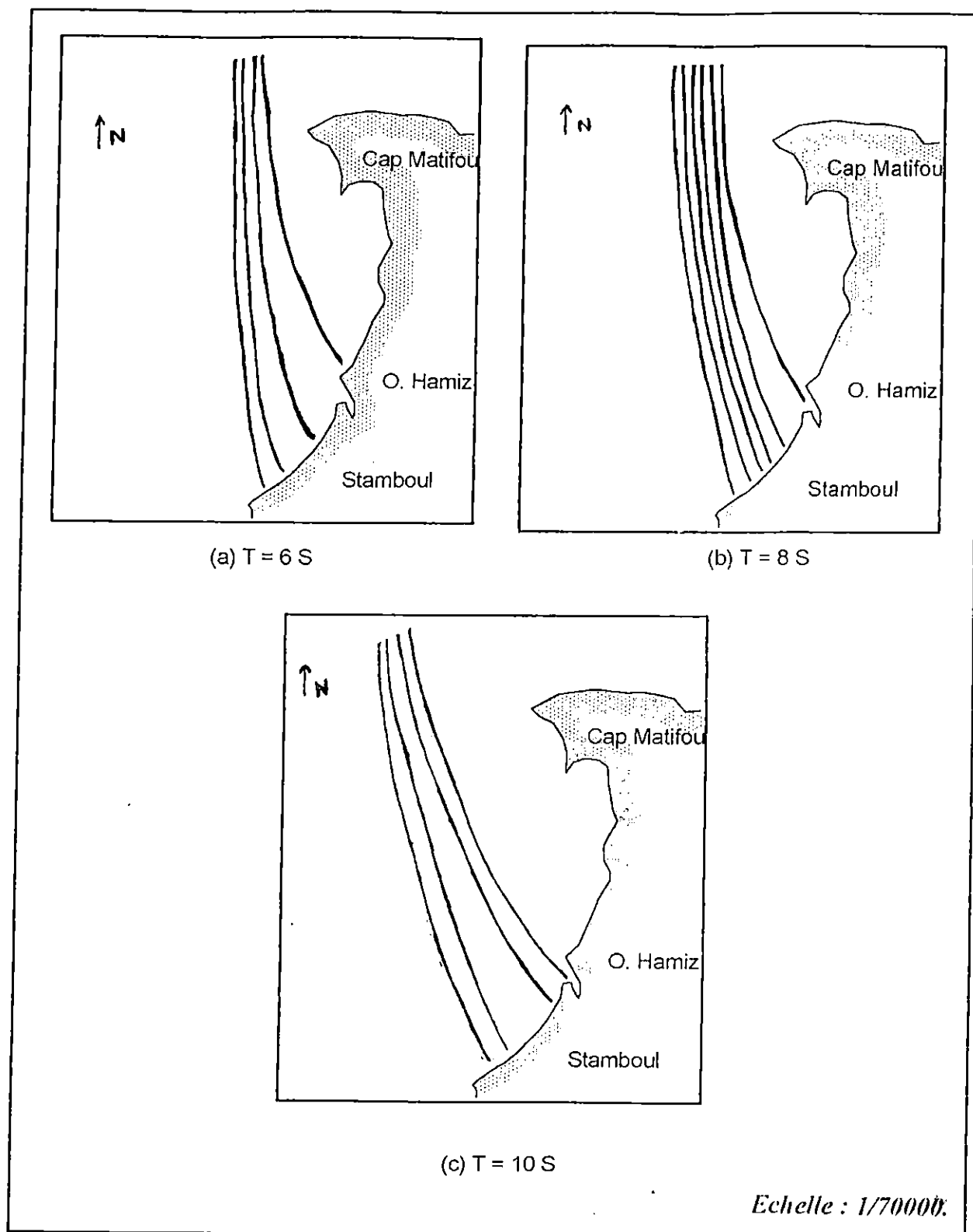


Fig n° 32 : Epure de propagation de la houle pour la direction N00° (LEM, 1998).

Direction 315° N (Fig. n° 33 (a, b, c)) :

Les houles du secteur Nord-Ouest atteignent le site de manière frontale, pratiquement sans subir de déviation.

L'énergie de la houle incidente est conséquente, elle est même entièrement conservée pour les houles de période 10 s.

Direction 285° N (Fig. n°34 (a, b, c)) :

La houle incidente en provenance de cette direction subit une faible déviation qui, croît avec l'augmentation de la période. Elle est de 3° pour $T = 6s$, 4° pour $T = 8 s$ et 10° pour $T = 10 s$.

Les houles de période 6 s et 8 s sont peu réfractées ($K_r = 0,903$ et $0,878$).

Les houles de période 10 s sont affaiblies par la réfraction ($K = 0,406$).

Remarque :

Afin de confirmer les travaux du L.E.M. , nous avons tracés manuellement deux (02) plans de vagues, l'un de direction 0° N pour une période de 8 s et l'autre de direction 315° N de période 10 s et ceci sur une carte marine datant de 1957 à l'échelle 1/32000.

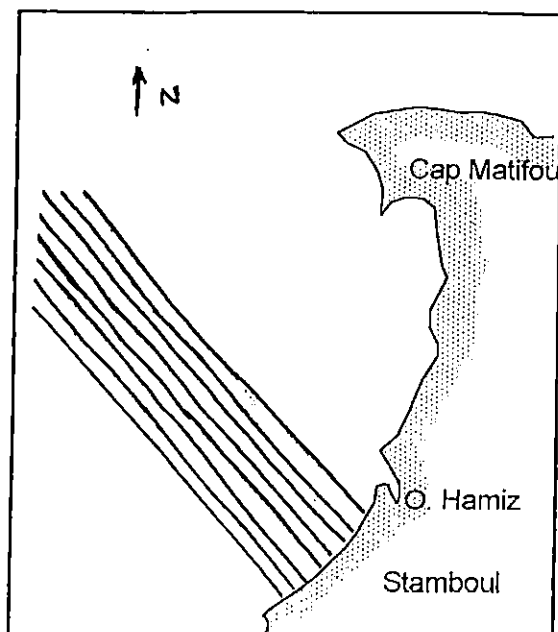
Résultat :

Nous avons obtenus presque les mêmes plans de vagues que ceux obtenus par le logiciel « *REFRACT* » (Fig. 32 c avec Fig. 35 et Fig. 33c avec fig. 36).

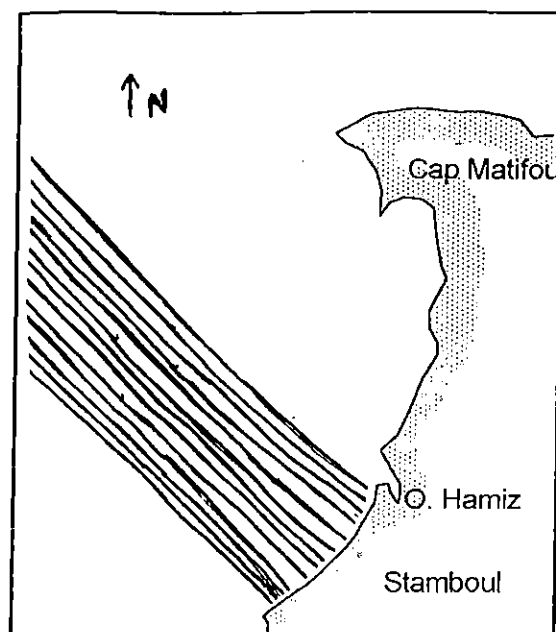
III.4.2. Répartition des vitesses des courants :

La répartition des vitesses des courants est importante du fait qu'elle permet de mettre en évidence les zones de turbulences, c'est à dire là où le sédiment est en mouvement. De même, qu'elle pourrait nous renseigner sur le sens du courant et de ce fait le sens du transit sédimentaire. Durant la période de prélèvement le courant se dirige selon la décroissance du gradient de vitesses des courants et selon la diminution de la granulométrie du sédiment.

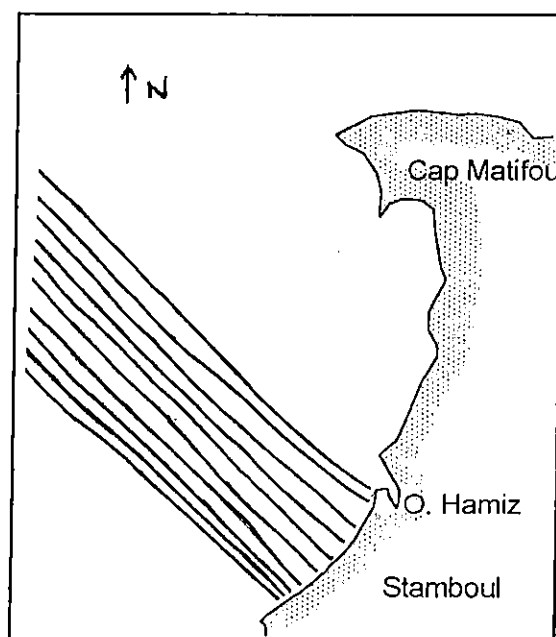
Les vitesses de courant ont été déterminées à partir de l'abaque de L. Berthois (1975), en utilisant le diamètre du grain moyen et la profondeur du point de prélèvement de



(a) T = 6 S



(b) T = 8 S



(c) T = 10 S

Echelle : 1/70000.

Fig n° 33 : Epure de propagation de la houle pour la direction N315° (LEM, 1998).

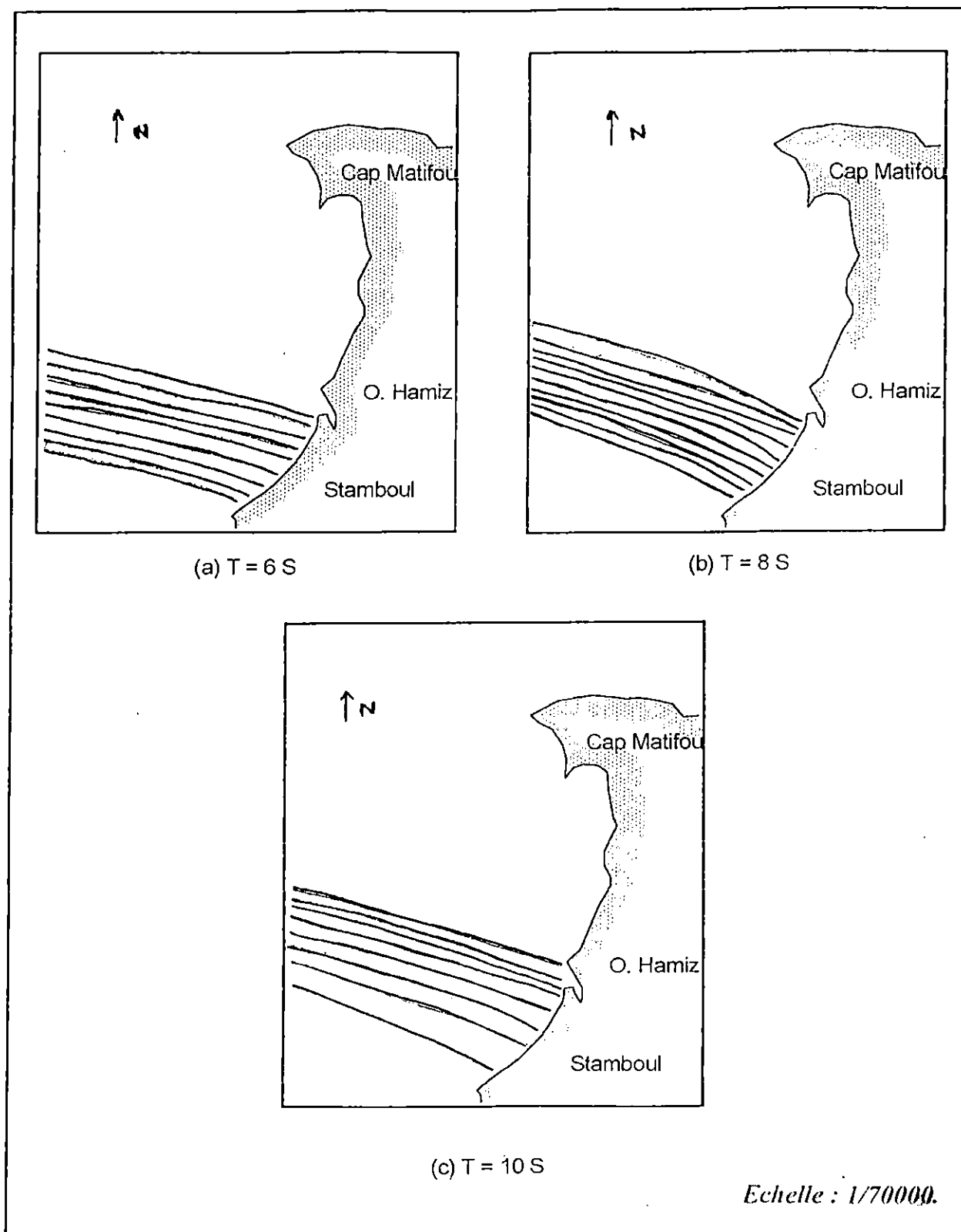


Fig n°34 : Epure de propagation de la houle pour la direction N285° (LEM, 1998).

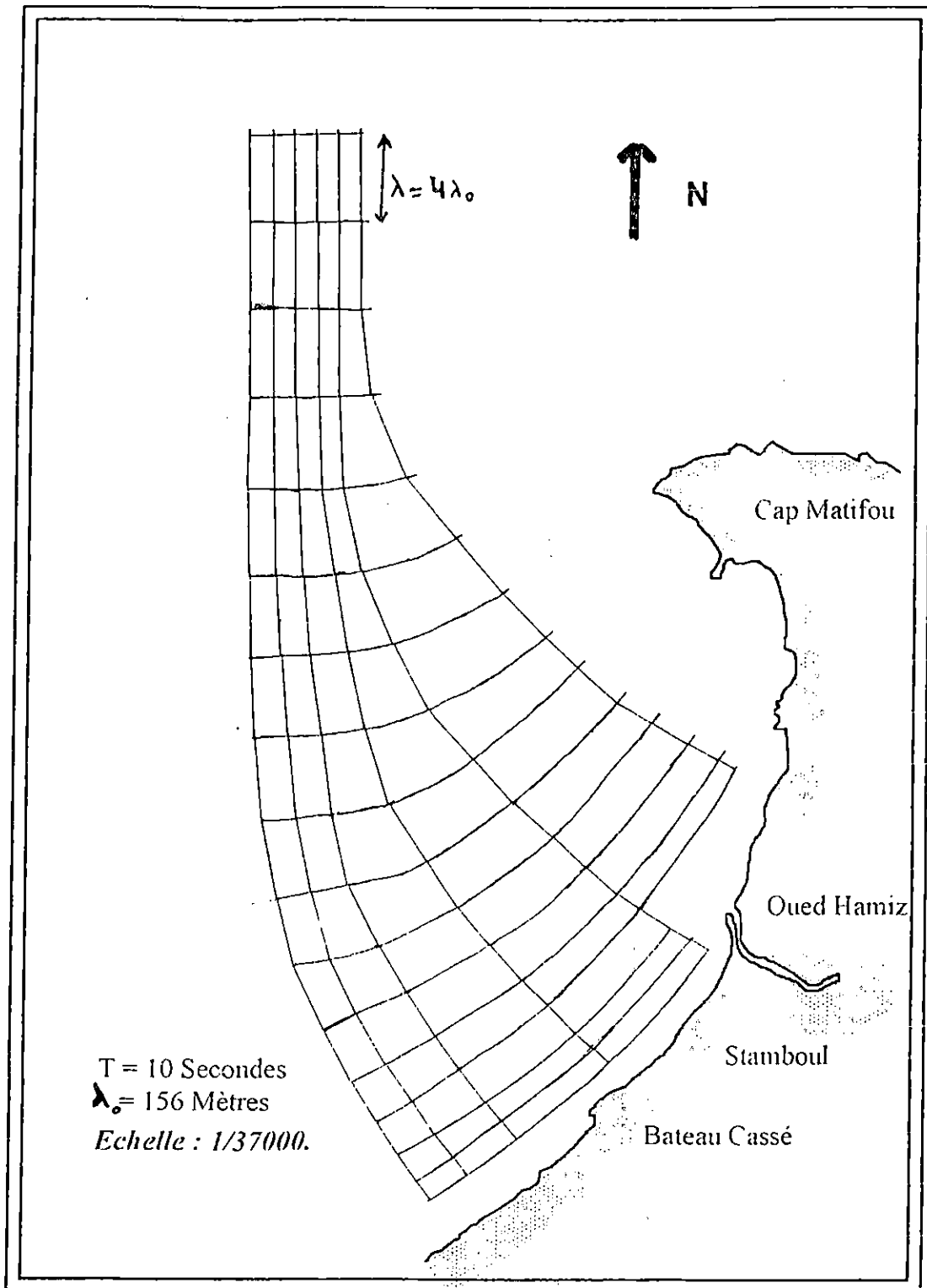


Fig n° 35 : Plan de houle de direction N°00° (Méthode manuelle).

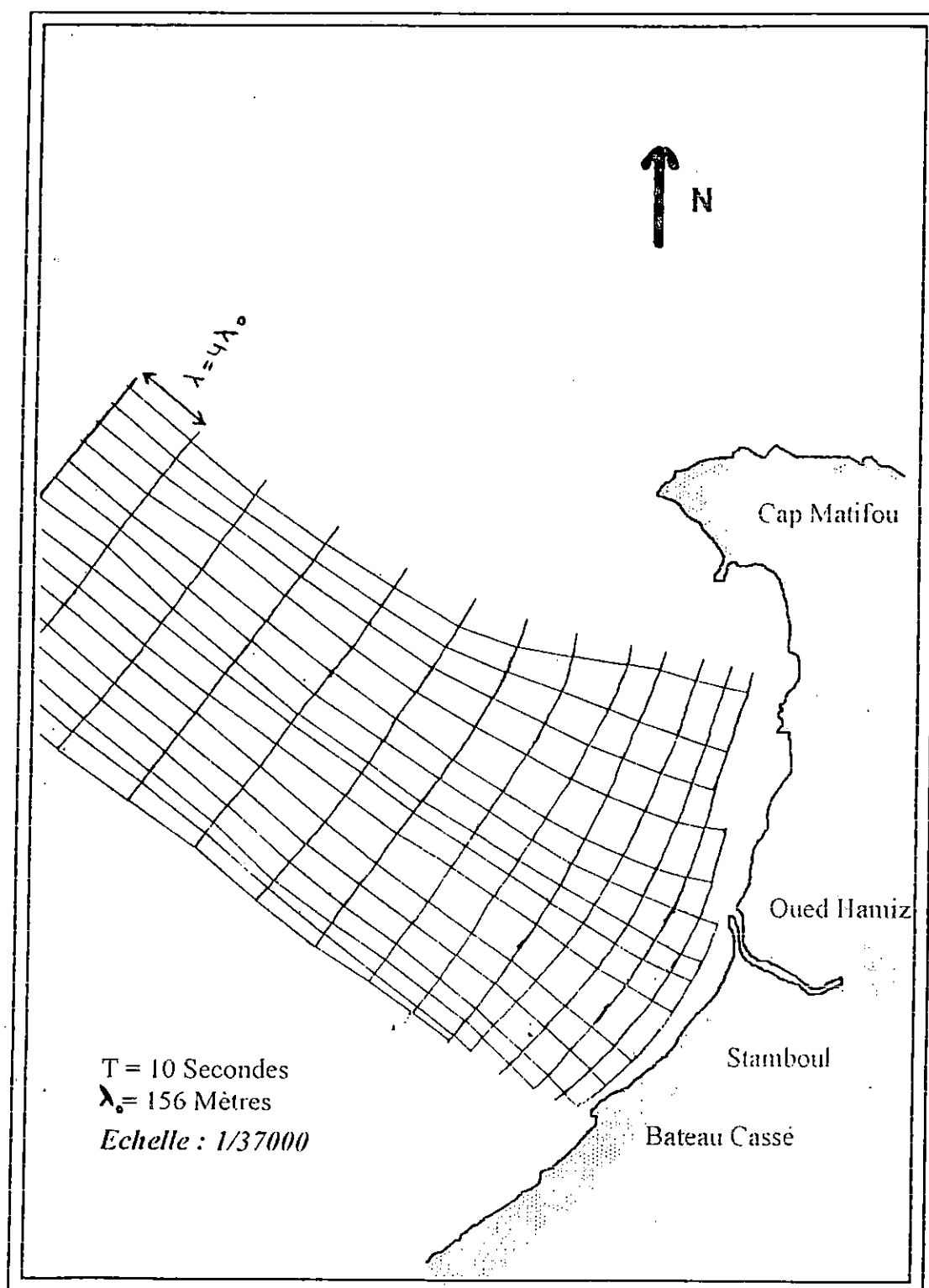


Fig n° 36 : Plan de houle de direction N°315° (Méthode manuelle).

l'échantillon (Fig. n°37). Les valeurs obtenues sont reportées dans le tableau n°16.

Interprétation :

La figure n° 38 nous montre deux parties distinctes :

Une partie orientée où la vitesse du courant diminue juste au niveau du plâtier puisqu'on voit très bien que la variation de la vitesse du courant « épouse » parfaitement la forme du plâtier, puis celle ci augmente progressivement en allant vers la côte dépassant 0,55 m/s.

- Une partie occidentale, où la vitesse du courant diminue du large vers la côte atteignant 0,40 m/s.

Cela suppose que la turbulence à l'Est de notre site d'étude serait plus importante qu'à l'Ouest, celle ci est plus apparente à la côte qu'au large.

Tableau n°16 : Vitesse des courants en fonction du diamètre du grain moyen et de la profondeur de l'échantillon.

Echantillons	Profondeurs (m)	Médiane (μm)	Vitesse du courant (m/s)
S ₁	5	195	0.45
S ₂	6.5	105	0.44
S ₃	9	95	0.47
S ₄	4	375	0.42
S ₅	9	92.5	0.48
S ₆	9	92.5	0.48
S ₇	7	155	0.47
S ₈	8.5	90	0.47
S ₉	5	300	0.45
S ₁₀	6	200	0.46
S ₁₁	5	520	0.49
S ₁₂	6	190	0.46
S ₁₃	9.5	170	0.51
S ₁₄	6.5	725	0.52
S ₁₅	5.5	1900	0.72
S ₁₆	9	95	0.47
S ₁₇	15	90	0.52
S ₁₈	16	90	0.53

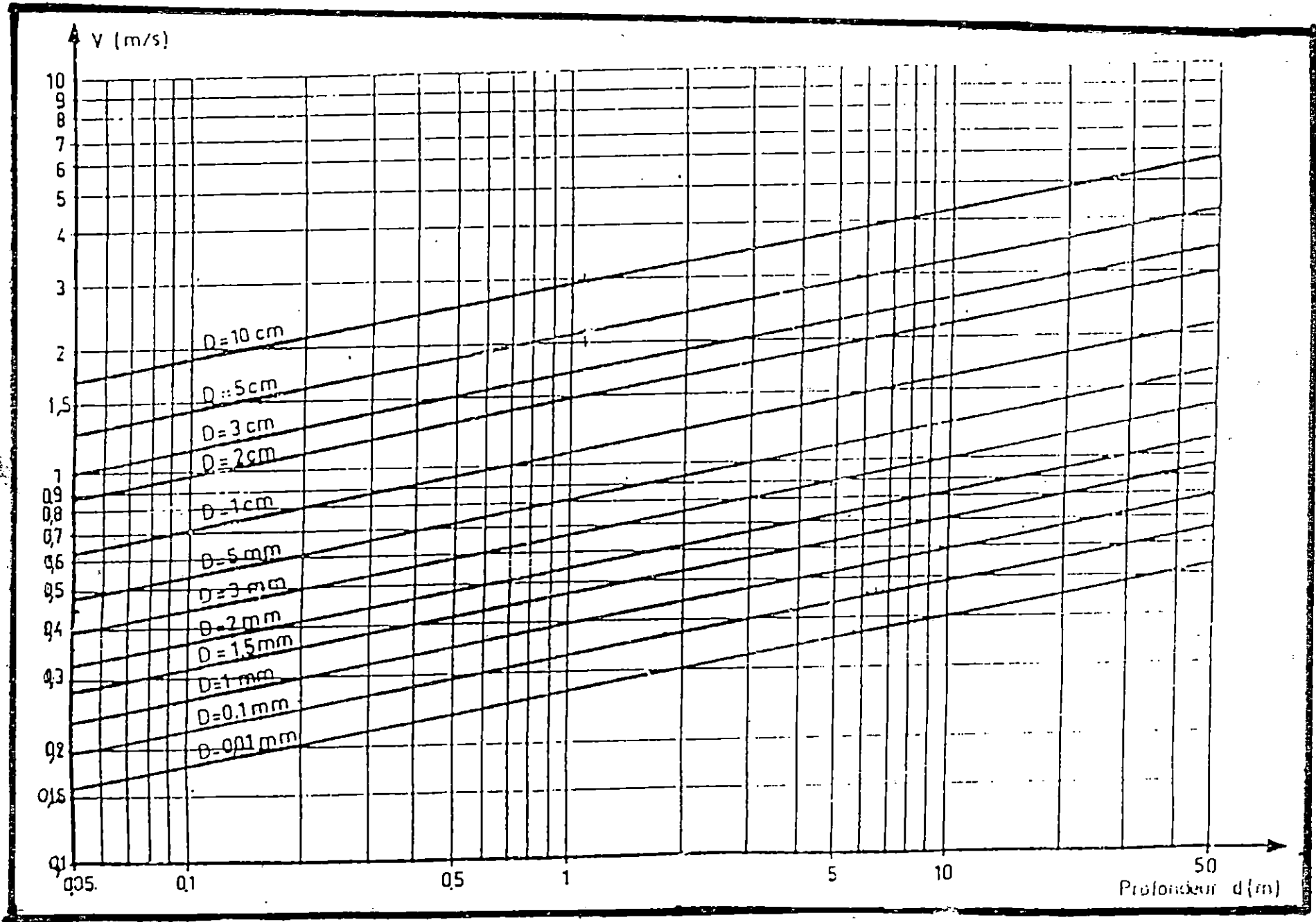


Fig. n° 37 : Abaque pour l'estimation de la vitesse du courant en fonction du diamètre des Sédiments et de la profondeur (L. Berthois, 1975).

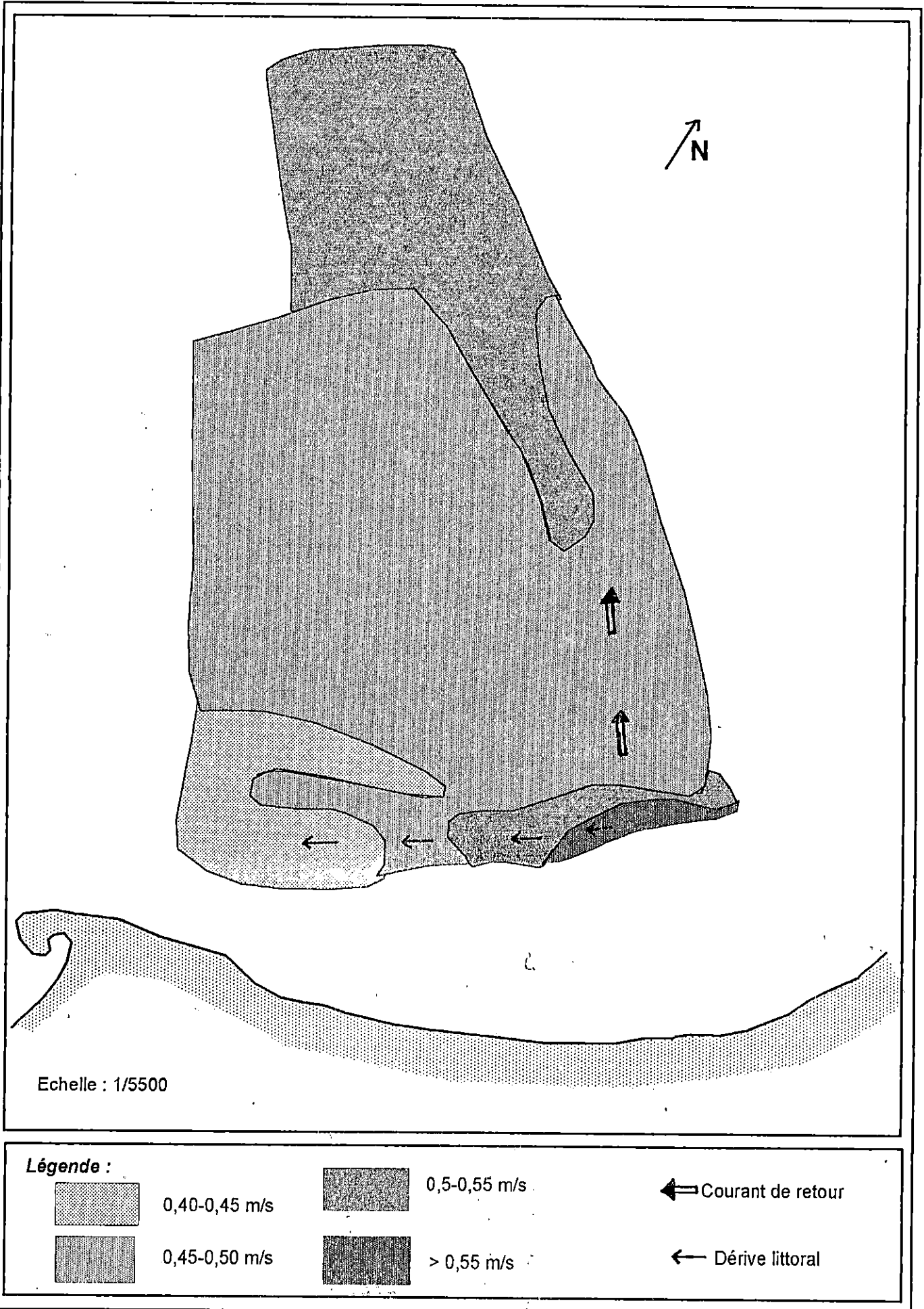


Fig.n°38 : Direction et répartition des vitesses de courants.

Conclusion :

La répartition de vitesses de courants dans notre site d'étude nous permet d'émettre l'hypothèse qu'il pourrait y avoir deux courants : l'un se situe face à la cité Stamboul, c'est probablement un courant de retour, amorti au niveau du plâtier rocheux, l'autre probablement un courant de dérive de direction Est/Ouest, nous donnant ainsi une indication sur le sens du transfert sédimentaire (Est/Ouest).

III.4.3. Transit sédimentaire :

La connaissance du transit sédimentaire littoral est très importante, du fait qu'elle nous renseigne sur la quantité de matériaux transférée le long de la côte et de ce fait sur l'évolution de la morphologie côtière.

Le volume de sédiment déplacé dépend des caractéristiques de la houle ainsi que celles des matériaux. il est calculé en un point précis situé à 5 m, ceci à partir de la formule du L.C.H.F. (Laboratoire Centrale d'Hydraulique de France) (in R. PASKOFF, 1994) :

$$q = Kt \cdot \frac{g \cdot T \cdot Hb^2 \cdot t}{X} \cdot F(\alpha)$$

q : Volume de la charge transportée en m³ pendant le temps d'action (t) exprimé en secondes.

Kt : coefficient sans dimension égal à $1,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\sqrt{d}}$

d : Le diamètre moyen des grains de sable de l'échantillon S9 exprimé en mm (d = 0,3 mm).

$$Kt = 1,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\sqrt{0,3}} = 3,28 \times 10^{-6}$$

Donc **Kt** = $3,28 \cdot 10^{-6}$

g : Accélération de la pesanteur : g = 9,81 ms⁻²

T : Période de la houle en secondes.

Hb : Hauteur de la houle en déferlement déterminée graphiquement

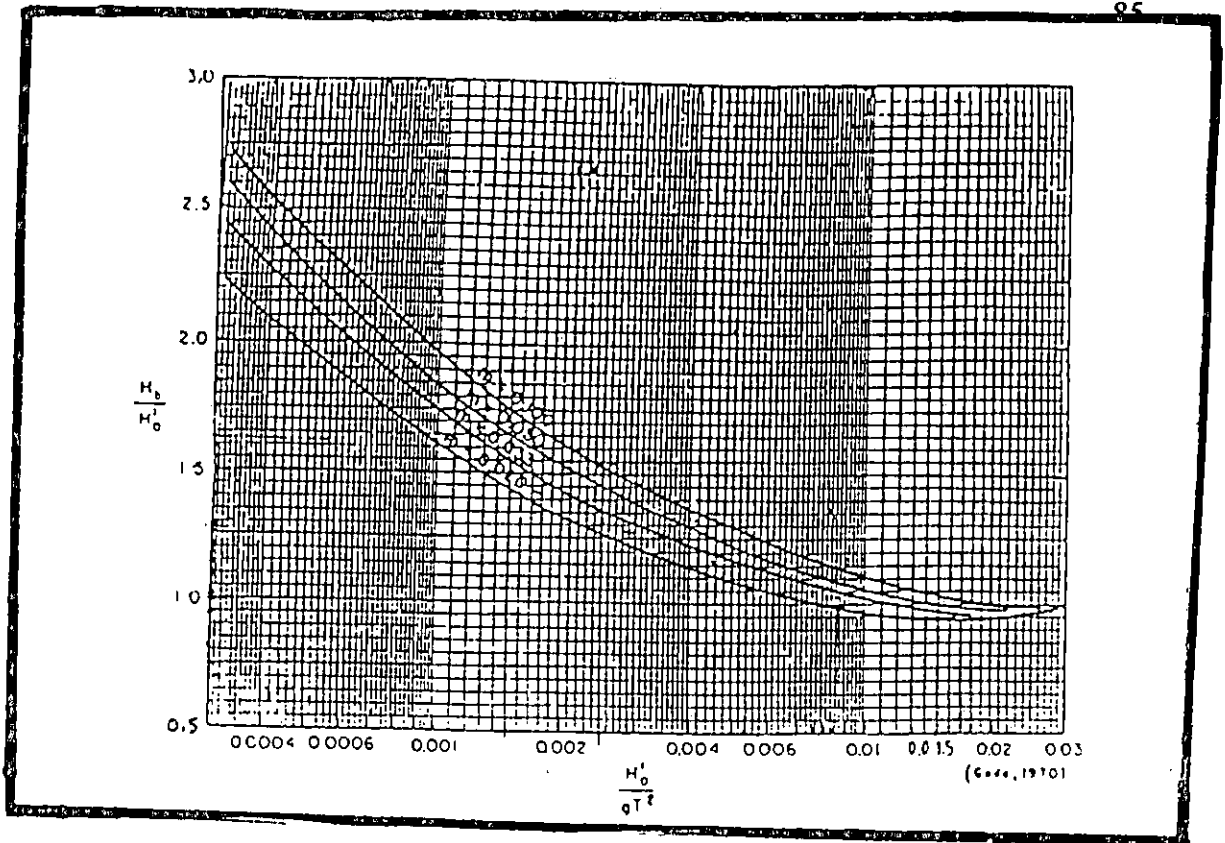


Fig. n° 39 : Détermination de H_b/H_o en fonction de H_o/gT^2 (Goda, 1970, in SPM, 1977).

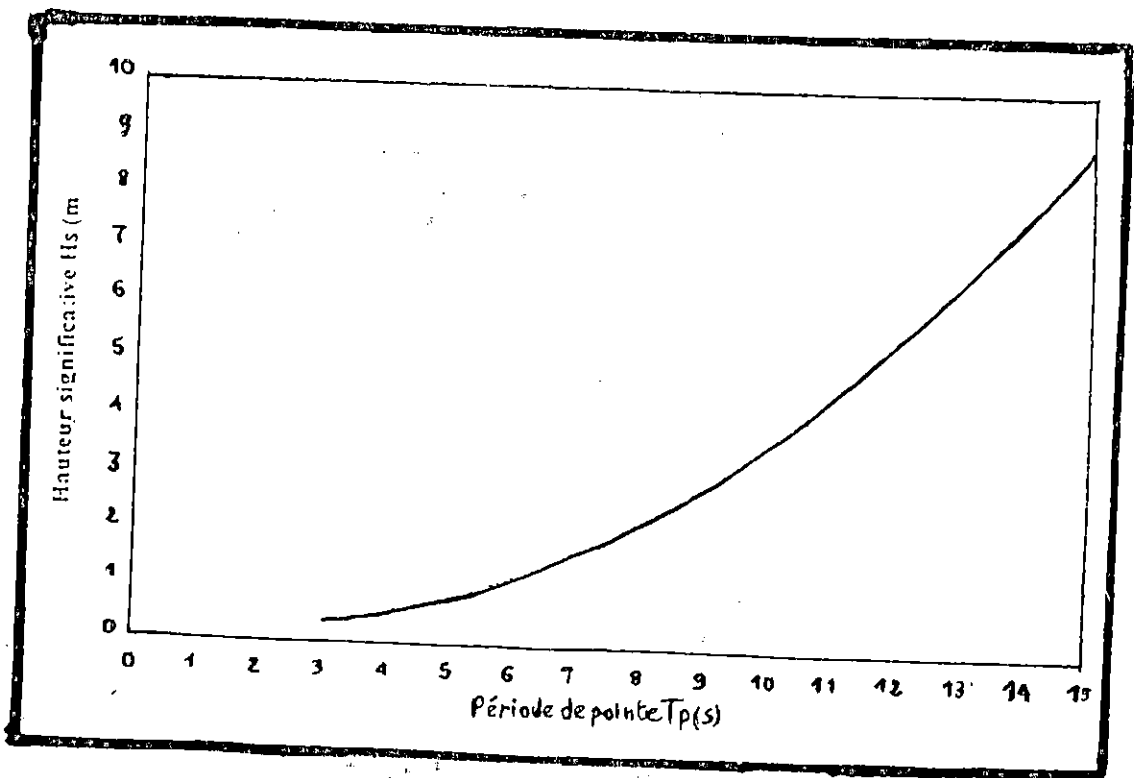


Fig. n° 40 : Relation H_s en fonction de T_p en Méditerranée.

(Abaque de Goda, 1970) (Fig. n° 39), à partir de la hauteur de la houle au large.

La hauteur au large est déterminée à partir de la courbe représentée en figure n° 40 où la période de pointe $T_p = 1,3 T$.

Elle correspond à la hauteur significative H_s .

$$t : \text{Durée des houles en secondes. } t = \frac{\text{Fréquence (\%)} \times 365 \times 24 \times 3600}{100}$$

$f(\alpha)$: Fonction de l'obliquité de la houle qui est égale à $\sin 2\alpha$.

α : obliquité de la houle.

$$X_0 : \text{Cambrure de la houle au large. } X_0 = \frac{H_0}{\lambda_0}$$

H_0 : Hauteur de la houle au large exprimée en hauteur significative.

λ_0 : Longueur d'onde au large.

Cette formule n'est applicable que pour une cambrure supérieure à 0,01 et pour une obliquité inférieure à 50° .

Le calcul du transfert sédimentaire s'est fait pour les directions Nord et Nord-Ouest qui sont prédominantes au niveau de notre site et pour des périodes de 6 s et 8 s.

La période de 10 secondes n'a pas été prise en considération du fait que la valeur α est supérieure à 50° .

Tableau n° 17 : Calcul du transit sédimentaire.

	T(S)	T(S)	H0(m)	Hb(m)	$\alpha(^\circ)$	F(α)	X0	Q(m ³)
Nord	6	2617488	2,3	2,39	24	0,74	0,04	53400,6
	8	2617488	4,2	2,39	23	0,71	0,042	212566,1
Nord-Ouest	6	2049840	2,3	2,39	1	0,034	0,04	1921,4
	8	2049840	4,2	4,32	2	0,069	0,042	16177,8

- Estimation du volume moyen de sédiment mobilisé par la houle de direction Nord (qm/Nord) :

$$q_{m, \text{ Nord}} = \frac{q_{T=6S} + q_{T=8S}}{2}$$

$$q_{m, \text{ Nord}} = \frac{53400,6 + 212566,1}{2} = 132983,35 \text{ m}^3$$

$$q_{m, \text{ Nord}} = 132983,35 \text{ m}^3$$

- Estimation du volume moyen de sédiment mobilisé par la houle de direction Nord Ouest (qm, Nord-Ouest) :

$$q_{m, \text{ Nord-Ouest}} = \frac{q_{m_{T=6S}} + q_{m_{T=8S}}}{2} = \frac{1921,4 + 16177,4}{2}$$

$$q_{m, \text{ Nord-Ouest}} = 9049,6 \text{ m}^3$$

Interprétation :

Le transit sédimentaire est important pour la dérive littorale générée par les houles de direction Nord, puisque le volume de sédiment transporté par les houles est de l'ordre de $132983,35 \text{ m}^3$. Les houles de direction Nord-Ouest génèrent un transit faible ($9049,6 \text{ m}^3$) comparativement aux houles de direction Nord. Ceci est dû à la faible obliquité des houles Nord Ouest.

III.4.4. La répartition du décile supérieur (Fig. n°41) :

Le décile supérieur est déterminé à partir des courbes cumulatives. Il met en évidence les zones de dynamisme maximal.

Dans notre site d'étude, les valeurs du décile supérieur diminuent en allant vers le large.

Entre le plâtier rocheux et la côte, elles sont très importantes, atteignant ainsi un maximum de $5000 \mu\text{m}$, alors que le minimum est de $470 \mu\text{m}$.

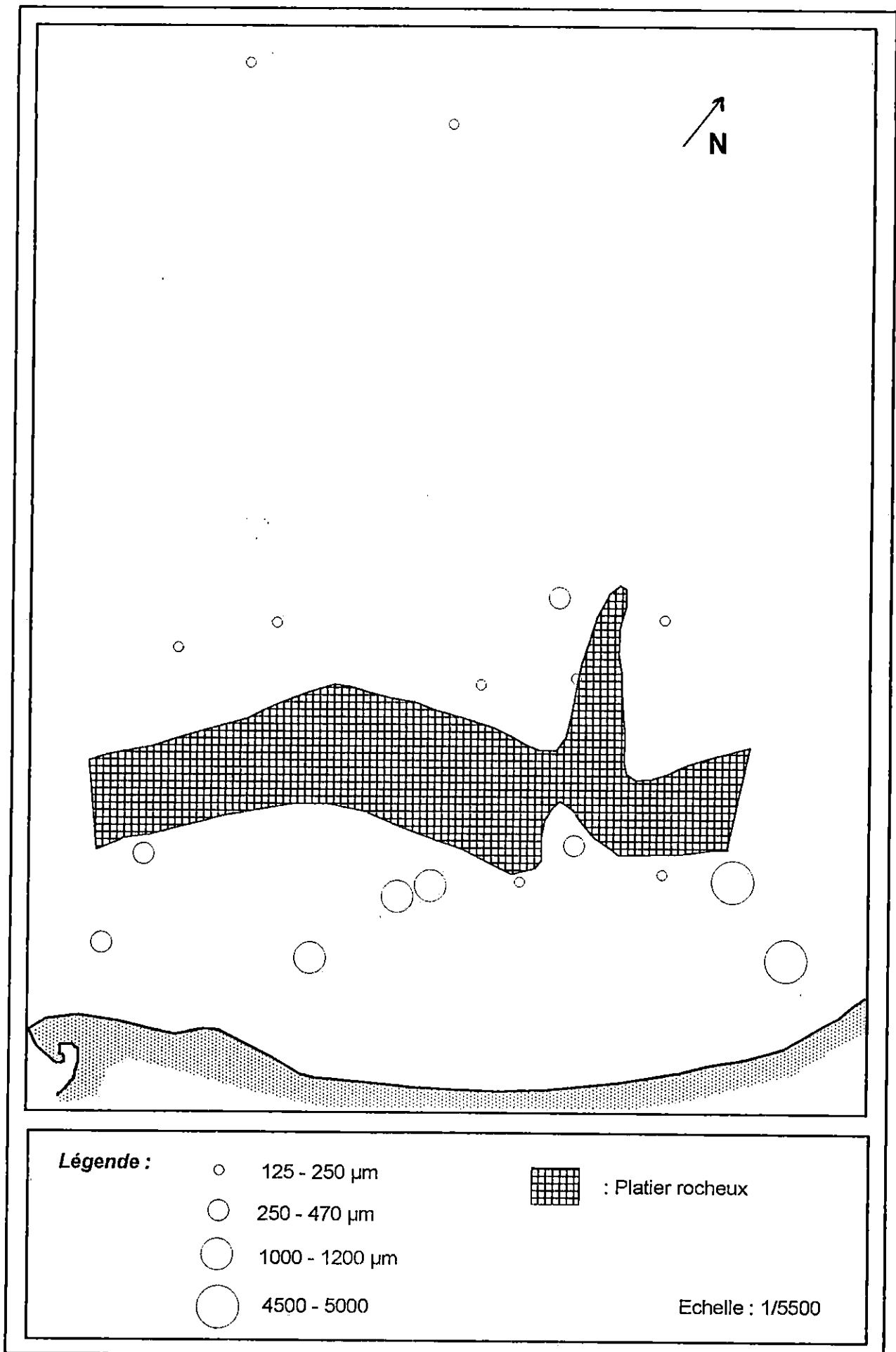


Fig N° 41 : Carte des décile supérieur de la plage sous-marine.

Au delà du plâtier, ces valeurs sont faibles et sont comprises entre 125 et 250 μm à l'exception de la station (S13) où le décile supérieur atteint 360 μm .

Cette répartition nous amène à dire que la zone située entre le plâtier rocheux et la côte est caractérisée par un fort hydrodynamisme avec un maximum face à la cité Stamboul de 5000 μm (gravier). Au delà du plâtier, l'hydrodynamisme est relativement faible où les valeurs du décile supérieur sont comprises entre 125 et 250 μm (sable fins).

Conclusion :

Les sédiments les plus grossiers correspondent à des zones de forte turbulence, où les sédiments les plus fins sont en général en suspension.

Ceci nous permettrait de dire que le transit sédimentaire dans notre site d'étude s'effectue d'Est en Ouest, avec face à la cité Stamboul, un départ de sédiment fin vers le large.

III.5. La qualité microbiologique du milieu :

Introduction

Du fait que notre zone d'étude est soumise localement à des rejets de type domestiques, on a jugé nécessaire d'étudier la qualité microbiologique des eaux de baignade de la commune de Bordj El-Kiffan.

L'activité anti-bactérienne de l'eau de mer a été pendant très longtemps considérée comme responsable de la disparition des micro-organismes entériques. Or, des recherches récentes montrent que certaines bactéries rejetées par les eaux usées des agglomérations, responsables des maladies humaines graves, peuvent s'adapter au milieu marin (M.J. GAUTHIER et V.A. BREITTMAYER, 1991) d'où la nécessité d'une surveillance continue des plages.

Pour arriver à cette fin, nous avons utilisé les résultats obtenues par le service d'hygiène de la commune.

Ces analyses ont été effectuées au niveau de l'HURBAL (Etablissement de l'Hygiène Urbaine d'Alger), par la méthode préconisée par l'O.M.S. qui est la NPP (Nombre Plus Probable).

Les résultats obtenues dans chaque points de prélèvement (Fig. n° 42) sont représentés dans l'annexe de ce document.

Interprétation :

Comparés aux normes Algériennes requises pour la qualité des eaux de baignade (tableau n° 18) on remarque que les stations situées à proximité des grandes agglomérations urbaines présentent en générale des eaux suspectes ou de mauvaise qualité, en raison du rejet directe des eaux usées en mer (photo n° 06 et 07), alors que la seule station (L4) et qui ne présente aucun point de rejet (ou presque) a une eau de bonne qualité microbiologique.

Remarque :

Ces résultats doivent être prise avec précaution en raison de :

- L'irrégularité des prélèvements (intervalle entre deux prélèvements et intensité).
- L'absence d'autres paramètres permettant une meilleur interprétation (pH, température, salinité, direction du vent, etc...).
- Le non respect des règles de prélèvement et de transport des échantillons.
- Certains résultats sont aberrant (le nombre de Coliformes fécaux > Coliformes totaux).

Conclusion :

La plage de Stamboul (L4) paraît avoir une bonne qualité microbiologique, chose qui est rare dans les plages de l'algérois. Elle constitue une zone privilégié pour les baigneurs, d'où un atout pour son aménagement, sa protection et sa mise en valeur.

Tableau n° 18 : Normes algériennes requises pour la qualité des eaux de baignade .

Paramètres	Unités	Valeurs guides	Valeurs limites
Coliformes totaux	/ 100 ml	500	10000
Coliforme fécaux	/ 100ml	100	2000
Streptocoques fécaux	/ 100ml	100	-

Source : Journal officiel n° 46.

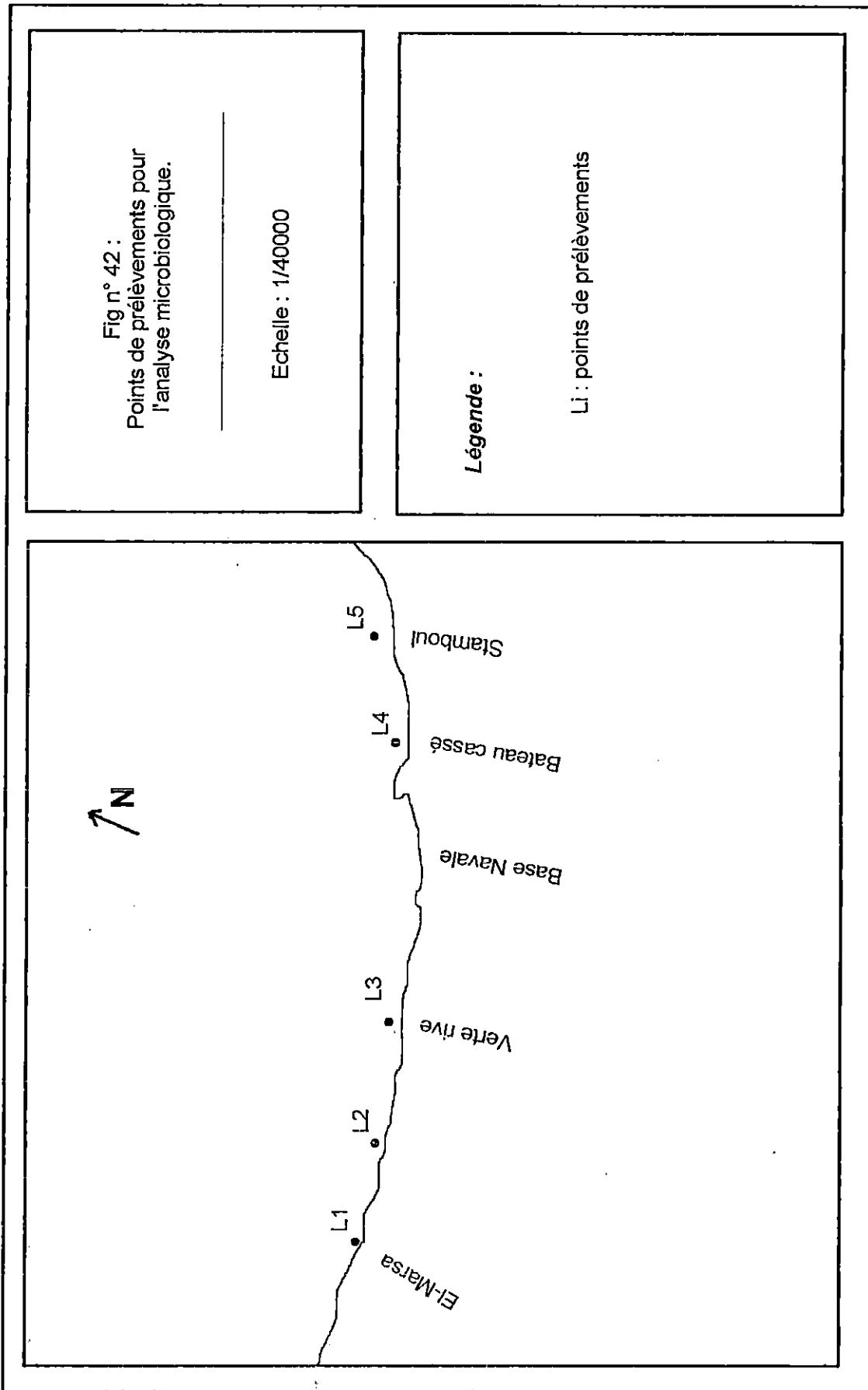


Fig n° 42 :
Points de prélèvements pour
l'analyse microbiologique.

Echelle : 1/40000

Légende :

Li : points de prélèvements



Photo 6 : Rejet direct des eaux usées en mer de « type individuel ».
- Urbanisation de type « pied dans l'eau »
(plage Sirène II).



Photo 7 : Rejet direct des eaux usées en mer « type collectif » au niveau de la plage Sirène II

- 1- Si les concentrations \leq valeurs guides : Eaux de bonne qualité microbiologique.
- 2- Si Valeurs limites $>$ les concentrations $>$ valeurs guides : Eau de qualité acceptable, mais elle doit être surveillée en continue.
- 3- Si les concentrations $>$ valeurs limites : Eau de mauvaise qualité microbiologique.

Chapitre IV :

**APPROCHE CRITIQUE SUR LES
OPERATIONS ET LES
ORIENTATIONS D'AMENAGEMENT
ET DE PROTECTION AU NIVEAU DE
STAMBOUL.**

IV.1. Les grandes orientations d'aménagement au niveau de Stamboul :

IV.1.1. La zone d'expansion touristique (ZET) de Stamboul :

Introduction :

Avant d'exposer la ZET de Stamboul, nous avons jugé utile de définir au préalable ce qui est une ZET.

Le décret n° 66-77 du 04/04/1966 portant l'application de l'ordonnance n° 66-62 du 26/03/1966 relatives aux zones et aux sites touristiques, dans son titre n°1, article premier, stipule que :

« Peut être déclarée zone d'expansion touristique (ZET), toute région ou étendue de territoire jouissant de qualités ou de particularités naturelles, culturelles, humaines ou récréatives propices au tourisme, se prêtant à l'implantation ou au développement d'une infrastructure touristique et pouvant être exploitée pour le développement d'au moins une, sinon plusieurs formes rentables de tourisme ».

Cependant, l'approbation de ces ZET, n'a été faite que par le décret n° 88-232 du 05/11/1988 portant déclaration des ZET, et dans lequel la ZET de Stamboul n'apparaît pas.

Pour notre étude, on s'est intéressé au secteur II de la dite « ZET de Stamboul » et qui se situe entre la cité Stamboul et le lieu dit « Bateau cassé ».

VI.1.1.1. Principes d'aménagement :

La partie Sud limitée au Nord par l'axe principale et au Sud par la zone agricole a été réservée aux logements et terrain de sports (Fig. n° 43).

L'axe principal et l'axe donnant sur la mer seront animés par des programmes de commerce : Restaurant – Café.

La partie Nord est réservée à l'hébergement hôtelier ou en pension.

La circulation mécanique se fait par une voie à double sens, qui arrive de « Verte rive » et traverse la zone en boulevard Front de mer pour arriver à l'Oued Hamiz où,

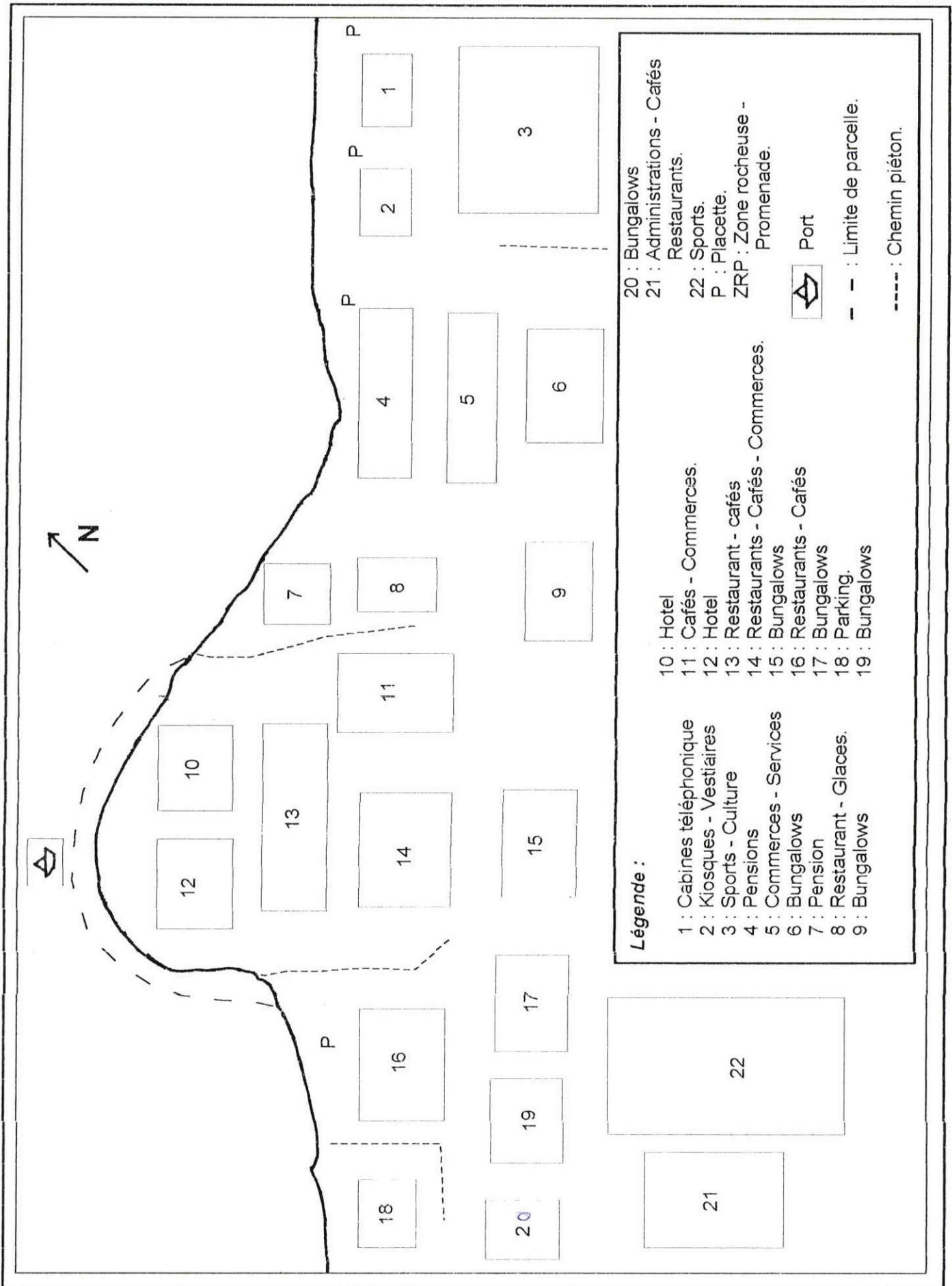


Fig n°43 : Zone d'expansion touristique (ZET) de Stamboul.

l'on prévoit sa continuation vers Bordj El-Bahri par la réalisation d'un ouvrage au dessus de l'Oued.

Sur ce boulevard se branchent les voies d'accès provenant de la RN24.

Le mail piétonnier assure une desserte interne entre les différentes zones (places publics, terrains de sports, centre, etc...) utilisés par les piétons et cyclistes.

Les zones résidentielles existantes feront l'objet d'une restructuration, ayant pour but leur intégration dans les zones de vacances et de loisirs.

Le fort Turque doit être restaurer et des aménagements en terrasse-café doivent être prévus dans les alentours.

Un port de plaisance est proposé dans le lieu dit « *Bateau cassé* », avec intégration de quelques activités sportives (sport nautique).

VI.1.1.2. Approche critique :

Dans cette approche, on a essayé de donner quelques éléments, pouvant éventuellement aider les décideurs à approuver ou non cette Z.E.T.

* La zone de Stamboul se trouve actuellement dénaturée et dévalorisée, ceci par une urbanisation anarchique du linéaire côtier, une érosion de la plage, une pollution par les eaux usées provenant de l'Oued Hamiz, ainsi qu'une intrusion marine. Donc, le plan de développement du tourisme dans cette zone, doit tenir compte et intégrer ces différentes contraintes.

* Le complexe touristique projeté ne respecte pas la limite d'inconstructibilité, qui est de 100 m, calculée à partir des hautes mers (loi n° 90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme).

* L'affaissement topographique probable, qui est dû à la baisse du niveau de la nappe phréatique, sera certainement accentué par des implantations d'une telle dimension.

* Cette projection ne prévoit pas un éventuel conflit entre la vocation actuelle du site (l'agriculture) et la nouvelle vocation (le tourisme).

* Ce projet prévoit une occupation longitudinale du linéaire côtier, ce qui constitué une

entraîne au libre accès à la plage, du moment que cette dernière est un patrimoine nationale.

Cependant cette approche peut être enrichie et confirmée par une étude d'impact sur l'environnement, ainsi qu'une étude socio-économique sur l'impact du projet sur la zone étudiée (Stamboul) et par la suite, cette Z.E.T. pourra être éventuellement approuvée, car « *prévenir ne veut pas dire stériliser* ».

VI.1.2. Perspectives d'aménagement au niveau de la plage de Stamboul :

Dans le cadre de la préparation de la saison estivale 1998, les services de la commune de Bordj El-Kiffan, ont procédé à des travaux d'aménagement de la plage de Stamboul, pour améliorer la qualité balnéaire de ce site.

Cette procédure se résume en :

- * Contrôle de la qualité microbiologique des eaux de baignade.
- * Reprofilage de la plage pour combler les excavations causées par les extractions de sable.
- * Nettoyage de la plage.
- * Mise en place d'un système d'obstacle pour éviter l'accès des camions à la plage, pour une éventuelle extraction de sable.
- * Installation de poubelles publics.
- * Installation de panneaux d'information et de sensibilisation des citoyens quant à la préservation de l'environnement littoral.

Seulement, l'installation d'un parking à l'Ouest de la plage (photo n° 11) constitue une erreur fatale, car le caractère accidenté de cette partie ne justifié pas cet acte, si on estime l'effet de ce projet sur l'évolution naturelle de la plage.

VI.2. Approche critique des opérations de protection au niveau de Stamboul :

Ces opérations étaient orientées au début surtout vers la reconstitution et la protection de la plage.

Mais, dès la disparition du tronçon de plage face à la cité, cette dernière étant menacé par l'érosion, les autorités ont préconisés une nouvelle stratégie, qui est celle de la protection de la cité.

VI.2.1. Reconstitution de la plage de Stamboul .

Pour perfectionner un tronçon de plage, les services de la commune ont procédé comme suit :

- Longueur du tronçon (L) : 200 m.
- Largeur du tronçon (l) : 8 m.
- Hauteur du tronçon (H) : 200 m.

Donc : $L \times l \times H = 1600 \text{ m}^3$ (volume du sable nécessaire)

Ce volume représente l'équivalent de 160 voyages (camion de 10 tonnes).

Estimation financière :

- Apport du sable : $100 \times 12000 \text{ DA (voyage)} = 1920000 \text{ DA}$
- Nivellement et remise à l'état de la plage : 100000 DA

Estimation totale : 2020000 DA.

Remarque :

Malgré la situation financière de la commune, qui ne permettait pas de prendre en charge ce type d'investissement, un rechargement « aveugle » a été effectué.

Mais, s'interrogeant de l'origine du sable rechargé, on s'est trouvé devant deux théories différentes :

- a- Les autorités locales ont lancés une opération qui consiste à « braquer » les camions des extracteurs et les obliger à déverser leur contenus sur la plage de Stamboul.
- b- Le sable provenait de la plage « Doum », située entre la cité Stamboul et Oued Hamiz.

Critique :

- * La formule utilisée pour l'estimation du volume de sable nécessaire au rechargement est purement théorique.

* 1 m³ ≠ 1 tonne.

* Cette opération ne prend en compte aucun paramètre physique ou naturel (hydrodynamisme, sédimentologie, bathymétrie, etc...).

* L'anarchie des versement de sable, ne permet pas l'estimation des résultats obtenus par cet rechargement.

* Si le sable rechargé provient vraiment de la plage du « *Doum* », les responsables du projet sont responsables de l'érosion que connaît actuellement cette plage.

VI.2.2. Opération de protection de la cité de Stamboul :

Actuellement, la cité Stamboul subit une attaque directe de la mer, causant d'abord la disparition de l'ancienne voie goudronnée, qui séparait la plage et la cité ensuite l'écroulement de nombreuses habitations (photo n° 02 chapitre I) et d'autres en danger réel (photo n° 08).

a- Principe de protection préconisé par l'A.P.C. :

Il consiste à s'opposer à l'action marine par un versement de tout venant de carrière, de débris de blocs en béton ou parfois de blocs en enrochement naturels de différente taille et nature (photo n° 01 chapitre I).

b- Principe de protection préconisé par le L.E.M. (Août 1998).

L'ouvrage de protection d'urgence préconisé par le L.E.M. dans sa première phase, consiste en une protection frontale par corps de digue composé de :

- Un noyau en tout venant de carrière (0-500 Kg) de 6 m de largeur en tête et une pente de talus de 3/2.
- Un filtre en enrochement naturels (0,5-1,5t) de 1,7 m d'épaisseur.
- Une carapace en enrochement naturels (1,5-3t) de 2,1 m d'épaisseur.
- La côte d'arase à la côte + 5 m

Ceci en prenant comme hypothèses :

* Une profondeur au pied de l'ouvrage égale à 2 m.

* Une pente des fonds de 0,04.



Photo 8 : - Habitation en danger dans la cité « Stamboul ».
- Rejets solides de toutes nature remis à la côte.



Photo 9 : Protection frontale « accidentelle » de la cité
« Stamboul ».

*Chapitre IV : Approche critique sur les opérations et les orientations d'aménagement
et de protection au niveau de Stamboul.*

Le coût de construction est établi à partir d'un avant mètre de l'ouvrage proposé. Les prix unitaires utilisés sont ceux pratiqués par nos Entreprises Nationales des Travaux Maritimes.

Le détail qualitatif et estimatif de l'ouvrage est présenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau n° 19 : Détail qualitatif et estimatif de l'ouvrage proposé par le L.E.M.
(1998)**

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1	Fourniture et mise en place du TVC (0-500 Kg)	T	37300	1200	44760000
2	Fourniture et mise en place des enrochements (0,5-1,5 T)	T	17200	1400	24080000
3	Fourniture et mise en place du TVC (1,5-3 T)	T	24900	1400	34860000
4	Installation de chantier (amenée et repli du matériel)	F	1	9374000	10370000
Total : 114070000 DA					

Le coût de construction de l'ouvrage de protection long de 600 m environ est estimé à 114070000 DA, soit 190116 DA le mètre linéaire.

Remarque :

Une deuxième phase de cette étude est prévue qui, consistera en la réalisation de travaux de reconnaissance complémentaires (levés bathymétriques et prélèvement d'échantillons de sédiments).

c- Principe de protection « accidentel » :

Suite à l'attaque de la cité Stamboul par la mer, il s'est apparu un linéaire d'enrochement d'environ 250 m de long, longeant la cité (photo n° 09)

Surpris par la raison de leur implantation à l'époque coloniale, sachant que la mer était bien loin de la cité (la photographie aérienne de 1957 le confirme), on a émis l'hypothèse suivante :

« Ces enrochements ont été déposés pour maintenir la route préexistante du côté mer. Ils ont été couverts par le remblais du tracé routier et d'accumulation sableuses de la plage et, suite à l'attaque marine, ils se trouvent actuellement redécouverts ».

De ce fait, ces enrochements protègent actuellement la cité des attaques frontales des houles.

Critique :

- La protection préconisée par les services de la commune ne constitue qu'une solution provisoire du fait que les blocs utilisés pour la défense de la cité se trouvent parfois dispersés le long de la plage de Stamboul et participent même lors des tempêtes au « bombardement » du fort turque.

De même, cette protection peut régénérée les conséquences décrites par R. PASKOFF (1981) (voir causes humaines de l'érosion côtière) chapitre 5.

- A moyen et long terme , on prévoit (d'ailleurs, on commence à le sentir), l'accélération de l'érosion de part et d'autre de la cité (plage du Doum à l'Est et Stamboul à l'Ouest). Ceci est valable aussi pour les enrochement « hérités » de la route préexistante.
- La protection préconisée par le L.E.M. repose sur un rapport du SOGREAH (Société Grenobloise d'Aménagement Hydraulique) datant de 1982 modifié par le laboratoire. Donc, l'adaptation de ce projet ne doit pas être faite avant la fin de la phase II du projet, qui doit prendre en considération l'évolution actuelle de la zone étudiée.

Conclusion :

Les perspectives d'aménagement et de protection au niveau de Stamboul, révèlent qu'on assiste toujours à des décisions prises à la hâte. Ces dernières, sont issues d'une part de la nécessité de la résolution urgente de certaines contraintes environnementales, d'autre part de l'incapacité de la commune de prendre en charge le financement de certains projets; mais, dans les deux cas, l'intégration de l'évolution actuelle du site est quasi absente.

Néanmoins, des actions positives sont signalées, reflétant ainsi une prise de conscience des décideurs quant à la nécessité d'aménager, de protéger et de mettre en valeur cet espace fragile.

Chapitre V :

CAUSES ET LUTTE CONTRE L'ÉROSION CÔTIÈRE.

V. 1. Causes de l'érosion côtière :

Introduction :

Les plages sont, par définition, des formes d'accumulation, elles ne se développent que lorsque les apports de matériel sont supérieur aux départs (J. TRICART, 1977).

Or, à l'heure actuelle, nombreuses sont les plages dans le monde qui se trouvent en état de récession . Elles constituent une majorité (BIRD, 1985, *in* R. PASKOFF, 1994).

L'érosion est certes un phénomène naturel. Il s'inscrit dans le contexte de l'évolution géomorphologique du milieu (M. LARID, 1992). Mais, ce phénomène se trouve actuellement amplifié par des interventions humaines allant de l'occupation anarchique d'un milieu aussi fragile que le littoral, jusqu'à la sur-exploitation et la destruction de certaines de ses composantes.

Il est donc, difficile de lutter contre les causes liées à l'évolution naturelle des plages, alors que celles qui sont dues à l'impact négatif de l'occupation humaine devront être identifier pour mieux les maîtriser.

V. 1.1 Les causes naturelles de l'érosion côtière :

* Depuis la relative stabilité du niveau marin, qui marque la fin de la transgression flandrienne (environ 5 à 6000 ans), les réserves sédimentaires que sont les plages sous marines se sont épuisées. Il s'en est suivi une période de restriction sédimentaire (M. LARID, 1992).

* Le relèvement contemporain du niveau de la mer qui est de l'ordre de 1,2 à 1,5mm/an (R. PASKOFF, 1994), fait que le recul des plages se trouve actuellement aggravé.

* La sécheresse qu'à connu le Nord Algérien a déclenchée une période d'étiage beaucoup plus prolongée que celle des crues, conduisant ainsi à un appauvrissement en apports solides des Oueds.

* La force et la fréquence des tempêtes observées durant ces deux derniers siècles, rendent l'action marine sur les côtes basses (notamment les plages) plus virulente.

V.1.2. Les causes humaines de l'érosion côtière :

* Comme nous l'avons signalé, les Oueds El-Harrach et Hamiz sont les principaux pourvoyeurs en matériaux solides pour toutes les plages de la baie d'Alger. Or actuellement, les extractions faites à leur embouchure diminuent considérablement les apports solides qui n'atteignent pas leur destination.

Ces extractions ont touchés également les plages, provoquant ainsi une avancée considérable de la mer.

Pour le cas de l'Oued Hamiz, la construction d'un barrage à son amont a diminué ses apports, car ces structures représentent des pièges à sédiments très efficaces (R. PASKOFF, 1981).

L'envasement moyen annuel de ce barrage qui est de l'ordre de 350000 m³ (ANB, 1996) empêche 170000 m³/an de sédiment d'atteindre la mer, si on considère que seule 50 % des sédiments retenues regagne la mer.

* La construction d'une route entre le Bateau cassé et la cité Stamboul sur la dune bordière a modifiée le profil de la plage de Stamboul, les échanges entre la basse plage et la dune étant rompus.

* Les pompages exagérés d'eau phréatique dans la région de Stamboul, surtout pour les besoins de l'agriculture peut être à l'origine d'un affaissement topographique, qui a les mêmes effets que le relèvement du niveau de la mer.

* Le rejet à proximité de la cité Stamboul des matériaux solides pour protéger la cité comporte aussi des risques, car, selon R. PASKOFF (1981), ces rejets même non polluants, endommagent les herbiers sous-marins et dévient le transfert littoral, avec comme conséquence un démaigrissement de la plage adjacente s'il en existe une, dans le secteur situé immédiatement à l'aval. Ce qui est le cas pour notre site étudié (la plage de Stamboul situé à l'aval des rejets protégeant la cité (photo n° 01, 08 et 10).

* Les herbiers à posidonie jouent un rôle important sur la sédimentation (J.J BLANC, 1974).

En effet, les feuilles de posidonies amortissent l'action de la houle, permettant ainsi le dépôt des sédiments en transit.

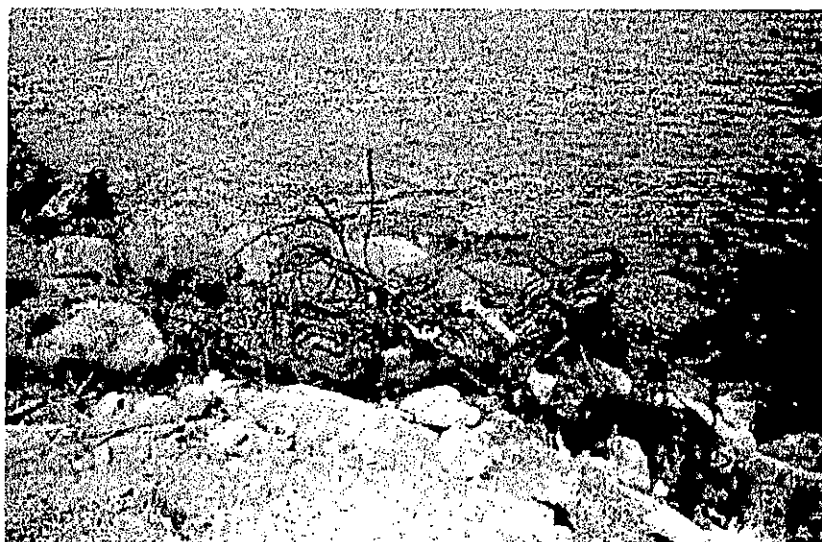


Photo 10 : Rejet solides participant à la dénaturation et la dégradation de la plage de « Stamboul ».

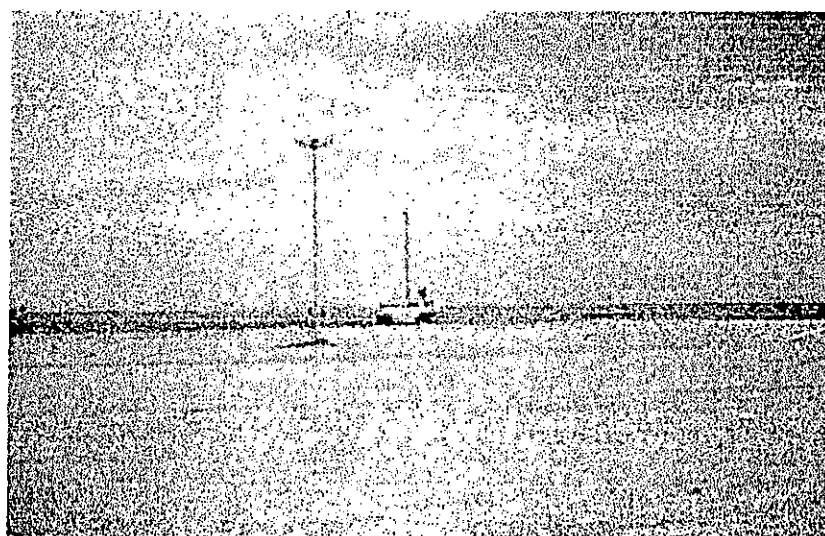


Photo 11 : Installation d'un parking à la partie Ouest de la plage « Stamboul » !

Cependant sous l'effet conjugué de la pollution et le rejet des matériaux solides, ces herbiers se trouvent actuellement en état de dégradation très avancées aux environs de Bordj El-Bahri (2 Km à l'Est de Stamboul) selon M. SEMROUD (ISMAL) (Communication personnelle).

* La construction d'un parking à la partie Ouest de la plage de Stamboul (Photo n°11) sera certainement « fatale » pour l'évolution de cette plage.

* Enfin, à l'échelle de la baie d'Alger, les travaux effectués dans le port d'Alger et l'embouchure de l'Oued El-Harrach, peuvent avoir un effet direct ou indirect sur la dynamique littoral, d'où la nécessité d'une étude détaillée de l'impact de ces aménagements sur le littoral Est algérois et notamment celui de Bordj El-Kiffan.

V.2. Lutte contre l'érosion côtière :

L'amaigrissement d'une plage est souvent du au départ de sable, dont les causes étaient abordées précédemment.

Cependant, pour remédier, deux (02) catégories d'actions se présentent.

V.2.1. Protection statique ou techniques lourdes :

A travers le monde, ce type d'ouvrage est de plus en plus délaissé, car l'expérience a montré qu'il n'assure qu'une protection locale et temporaire.

De même, il résiste mal aux tempêtes, des dépenses supplémentaires sont donc à prévoir et surtout il ne résolve pas véritablement le problème, car il ne s'attaque pas à la racine du mal qui est le déséquilibre ou un déficit sédimentaire (R. PASKOFF, 1981).

Cependant, une combinaison entre deux ou plusieurs techniques, renforcée par une étude pluridisciplinaire initiale, pourra accroître la marge de sécurité de ce type d'ouvrage.

V.2.2. Protection dynamique ou techniques douces :

Ce type d'ouvrage présente l'avantage de composer avec la nature et non s'est opposé, c'est à dire utilisé les facteurs naturelles pour rétablir l'équilibre du milieu.

Ceci a permis d'avoir des résultats encourageants aux Etats Unis, où ces techniques sont maintenant largement utilisées et tendent à se généraliser ailleurs dans le monde.

V.2.3. Quelques techniques en stade d'expérimentation :

- * La régénération des herbiers à posidonies dégradés à partir des boutures repiquées ou des graines importées des régions, où les floraisons sont abondantes et semées dans des zones où l'herbier a déjà existé. Ces expériences, sont tentées actuellement dans les environs de Toulon (France).
- * Les atténuateurs de houle, ayant pour but de créer une houle en opposition de phase avec la houle incidente afin d'annuler les deux houles, l'expérience est en cours sur le littoral de Barcelone (Espagne).
- * Plantation d'algues artificielles au niveau de l'avant plage, afin de piéger et de fixer les sédiments au fond et aussi afin d'amortir la vitesse du courant du fond, les résultats ne sont pas encore concluants sur les côtes des Pays-Bas.
- * Drainage de la plage par rabaissement du toit de la nappe phréatique. Résultat : vagues avec sol sec, donc infiltration de l'eau, de ce fait la nappe de retrait arrache moins de sédiments. Les résultats ne sont pas connus en Floride (Etats Unis).
- * L'implantation des pieux pour casser l'énergie de la houle. Ceci est équivalent à un brise lame immergé.

Chapitre VI :

PERSPECTIVES DE
PROTECTION ET
D'AMENAGEMENT INTEGRE DU
SITE D'ETUDE (STAMBOUL).

Introduction :

Vu les inconvénients que présentent les techniques de protection lourdes, on s'est orienté vers les techniques douces qui s'adaptent à notre site d'étude.

La variante choisie est l'alimentation artificielle. Ce choix réside dans le fait que cette technique procure une protection pour la plage en préservant l'état naturel du site. De plus ce rechargement permet d'agrandir la largeur de la plage et par conséquent sa capacité d'accueil, ce qui représente un atout important, sachant que cette zone est très sollicitée par le tourisme.

Dans un deuxième stade, on peut s'orienter vers la récréation et la protection de la dune bordière préexistante.

Enfin un plan aménagement et d'occupation du sol sera établis.

VI.1 Rechargement artificiel de la plage Stamboul :

Pour calculer le volume du sédiment que l'on veut déposer sur la plage, il existe deux méthodes celle du Shore Protection Manual (SPM) et celle du Laboratoire Central Hydraulique de France (L.C.H.F.). Nous avons choisis la méthode du S.P.M. (1977) du fait quelle permet d'estimer le volume de rechargement initial et le volume d'entretien.

Le rechargement se fera selon 4 profils : P₁, P₂, P₃, P₄. Le profil type de rechargement aura le caractéristiques suivants : - Largeur de la berme = 20 m

- Pente = 1/15.

Ils seront alimentés avec du sable de carrières (sable de concassage), ceci pour des raisons économiques. En d'autre terme c'est un sable qui coûte moins chère (en moyenne 350 DA/T) comparativement aux sables de sablières.

De même, selon le CNERIB⁽¹⁾ (1998) c'est un sable qui existe en quantité suffisante, puisque la production de sable de concassage représente 20% de la production du granulat (graviers). C'est un sable dont la taille des grains est inférieur à 3mm avec environ 15% de particules fines.

⁽¹⁾ CNERIB : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégré du Bâtiment.

Le choix de la carrière est en fonction de la distance entre le lieu de dépôt et la carrière, pour cela on dispose de 3 carrières au niveau de l'Algérois :

- Si Mustapha
- Keddara
- Jauber

La première n'est pas intéressante à cause de la nature de la roche qui est métamorphique (granite).

Les deux autres sont intéressants, du fait que les roches extraites sont de nature calcaire et qui, sont généralement les plus utilisées pour une telle pratique. Mais la carrière Jauber répond mieux au critère distance, c'est à dire, que c'est la plus proche de la plage de Stamboul, donc la plus convenable pour notre étude. Ceci amortira le coût de l'opération de rechargement.

L'opération de rechargement se fera selon les étapes suivantes :

- 1/ Calcul du volume de matériau à mettre en place.
- 2/ Comparaison granulométrique entre le matériau d'apport et le matériau naturel.
- 3/ Calcul du volume réel du matériau d'apport
- 4/ Calcul de rechargement périodique.
- 5/ Lieu et période de dépôt.
- 6/ Estimation des prix de rechargement.

VI.1.1. Calcul du volume de matériau à mettre en place :

Le volume de matériau à mettre en place est calculé à partir des profils de rechargement par la formule suivante : $V = S \times L$

V : Volume de rechargement.

S : Surface de rechargement

L : Distance entre 2 profils.

Le procédé de calcul est le suivant : On calcul d'abord la surface de rechargement à

partir des formes géométriques constituées par les profils projet (voir figures 44, 45 et 46). Pour la plus part des cas la forme est un losange, que l'on devise en deux triangles pour faciliter le calcul. Le volume obtenu entre deux profils, correspond au volume moyen du fait de la non homogénéité des profils.

- **Calcul du volume moyen entre P₁ et P₂ :**

Profil P₁ :

Premier triangle : $S_1 = 20,35\text{m}^2$

Deuxième triangle : $S_2 = 29,15\text{ m}^2$

Surface totale : $St_1 = S_1 + S_2$

$$St_1 = 20,35 + 29,15$$

$$St_1 = 49,5\text{ m}^2$$

Distance entre les deux profils : $L_1 = 71\text{ m}$.

Donc : $V_1 = St_1 \times L_1$

$$V_1 = 49,5 \times 71$$

$$V_1 = 3514,5\text{ m}^3$$

Où V_1 : Volume de matériau nécessaire pour le profil (P₁).

Profil P₂ :

Premier triangle : $S_1 = 22,2\text{m}^2$

Deuxième triangle : $S_2 = 32,4\text{ m}^2$

Surface totale : $St_2 = S_1 + S_2$

$$St_2 = 22,2 + 32,4$$

$$St_2 = 54,6\text{ m}^2$$

Donc : $V_2 = St_2 \times L_1$

$$V_2 = 54,6 \times 71$$

$$V_2 = 3876,6\text{ m}^3$$

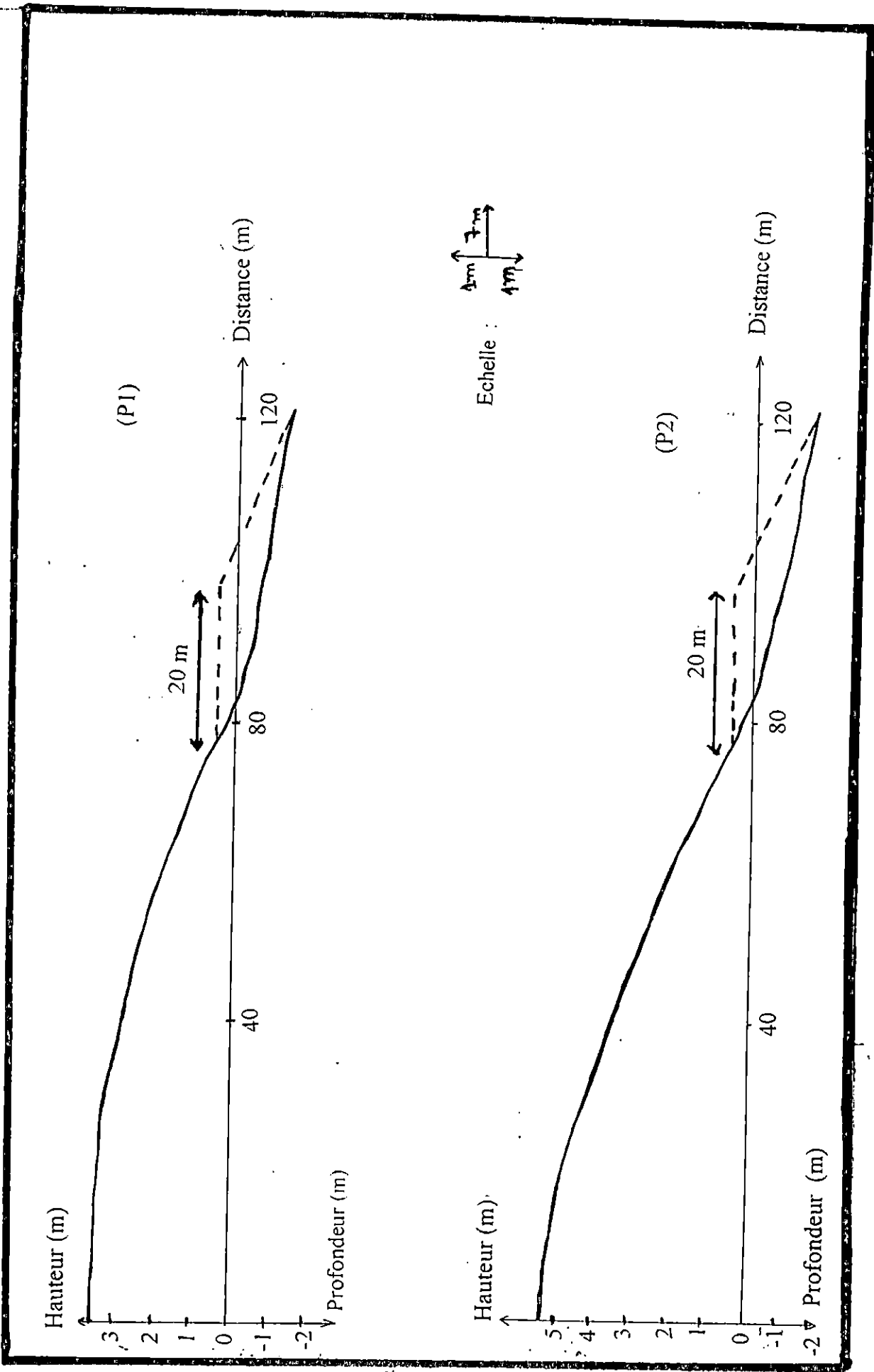
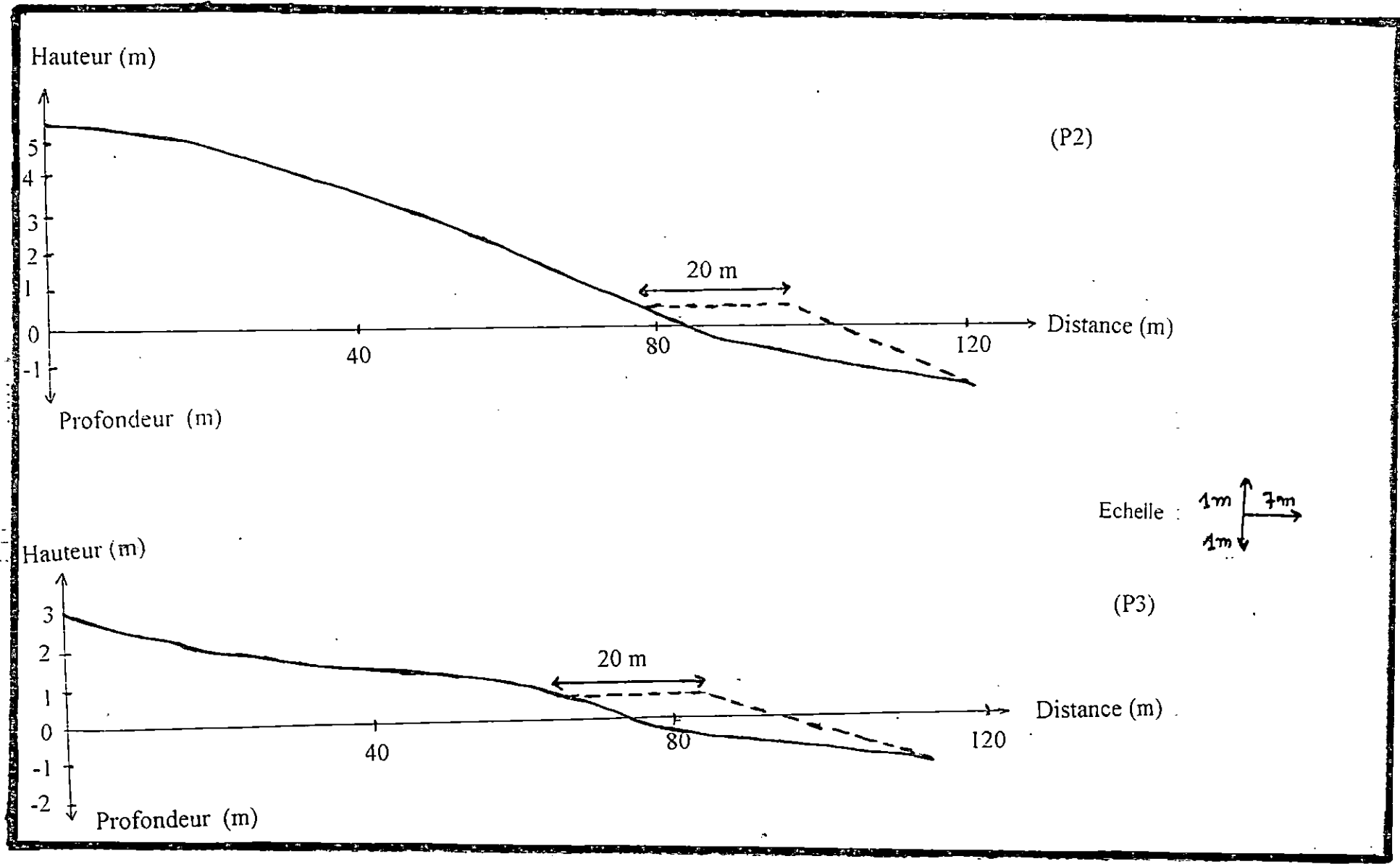


Fig. n° 44: Profils de rechargement P1 - P2.

---: Profil de projet
 —: Profil actuel
 La pente : 1/15



—— Profil actuel
 - - - Profil de projet
 La pente : 1/15

Fig. n° 45 : Profils de rechargement P2 - P3.

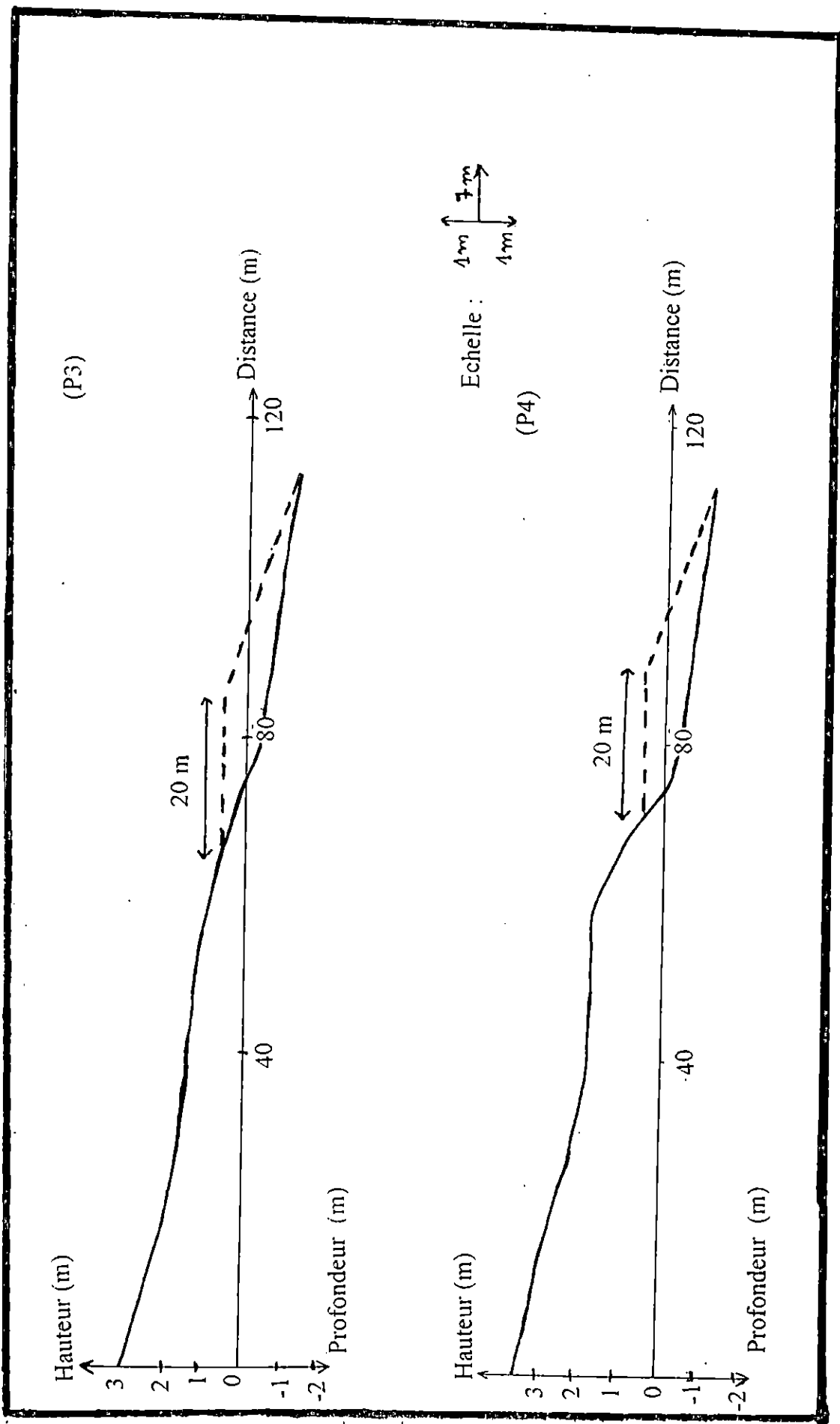


Fig. n° 46 : Profils de rechargement P3 - P4.
 — : Profil actuel
 - - - : Profil de projet
 La pente : 1/15

Où V_2 : Volume de matériau nécessaire pour le profil (P_2).

Le volume moyen : $V_{m1} = (V_1 + V_2) / 2$

$$V_{m1} = (3514,5 + 3876,6) / 2$$

$$V_{m1} = 3695,5 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume moyen entre P_2 et P_3 :

Distance entre les deux profils : $L_2 = 71 \text{ m}$.

$$V_2 = St_2 \times L_2.$$

$$V_2 = 54,6 \times 71.$$

$$V_2 = 3876,6 \text{ m}^3.$$

Profil P_3 :

Premier triangle : $S_1 = 27,5 \text{ m}^2$

Deuxième triangle : $S_2 = 20,9 \text{ m}^2$

Surface totale : $St_3 = S_1 + S_2$

$$St_3 = 27,5 + 20,9$$

$$St_3 = 48,4 \text{ m}^2$$

Donc : $V_3 = St_3 \times L_2$

$$V_3 = 48,4 \times 71$$

$$V_3 = 3436,4 \text{ m}^3$$

Où V_3 : Volume de matériau nécessaire pour le profil (P_3).

Le volume moyen : $V_{m2} = (V_2 + V_3) / 2$

$$V_{m2} = (3876,6 + 3436,4) / 2$$

$$V_{m2} = 3656,5 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume moyen entre P_3 et P_4 :

Distance entre les deux profils : $L_3 = 72 \text{ m}$.

Profil P₃ :

$$V_3 = St_3 \times L_3.$$

$$V_3 = 48,4 \times 72.$$

$$V_3 = 3484,8 \text{ m}^3.$$

Profil P₄ :

$$\text{Premier triangle} : S_1 = 31,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Deuxième triangle} : S_2 = 22 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface totale} : St_4 = S_1 + S_2$$

$$St_4 = 31,9 + 22$$

$$St_4 = 53,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc : } V_4 = St_4 \times L_3$$

$$V_4 = 53,9 \times 72$$

$$V_4 = 3888 \text{ m}^3$$

Où V_4 : Volume de matériau nécessaire pour le profil (P₄).

$$\text{Le volume moyen : } Vm_3 = (V_3 + V_4) / 2$$

$$Vm_3 = (3484,4 + 3888) / 2$$

$$Vm_3 = 3684,4 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume total V_t :

$$V_t = Vm_1 + Vm_2 + Vm_3 = 3695,5 + 3656,5 + 3684,4$$

$$V_t = 11036,4 \text{ m}^3 \approx 11036 \text{ m}^3.$$

$V_t = 11036 \text{ m}^3$: C'est le volume de matériau à mettre en place.

VI.1.2. Comparaison granulométrique entre le matériau d'apport et le matériau naturel :

Cette étape a pour but de voir si le matériau de carrière convient ou pas pour le rechargement. Cette convenance se traduit par la granulométrie du sédiment d'apport

qui sera un peu plus grossière que celle du sédiment naturel.

De même qu'elle se traduit par la ou non stabilité du profil de rechargement. La comparaison est basée sur le calcul de la médiane et l'écart type pour les deux types de matériaux :

a. Matériau naturel :

- Médiane : $M\phi_N = (\phi_{84} + \phi_{16}) / 2$

ϕ_{84} et ϕ_{16} sont déterminés à partir du tableau représenté dans l'annexe VII qui, nous donne directement les valeurs de D_{84} et D_{16} en unité ϕ .

D_{84} et D_{16} sont tirés de la courbe granulométrique de l'échantillon PIE1 (Fig. n°47) dont la distribution granulométrique est la plus représentative (voir Fig. n°48).

$D_{84} = 0,19 \text{ mm} : \phi_{84} = 2,42$

$D_{16} = 0,53 \text{ mm} : \phi_{16} = 0,9$

$M\phi_N = (2,42 + 0,9) / 2 = 1,66, M\phi_N = 1,66$

- Ecart type : $\delta\phi_N = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 2 = (2,42 - 0,9) / 2 = 0,76$

$\delta\phi_N = 0,76$

b. Matériau d'apport :

Médiane : $M\phi_A = (\phi_{84} + \phi_{16}) / 2$

ϕ_{84} et ϕ_{16} sont déterminés à partir du même tableau utilisé pour le sédiment naturel.

D_{84} et D_{16} sont tirés de la courbe granulométrique du sédiment de carrière (voir fig. n°49)

$D_{84} = 0,26 \text{ mm} \phi_{84} = 2$

$D_{16} = 3,15 \text{ mm} \phi_{16} = -1,6$

$M\phi_A = (2 - 1,6) / 2 = 0,2, M\phi_A = 0,2$

Ecart type : $\delta\phi_A = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2} = \frac{2 + 1,6}{2} ; \delta\phi_A = 1,8$

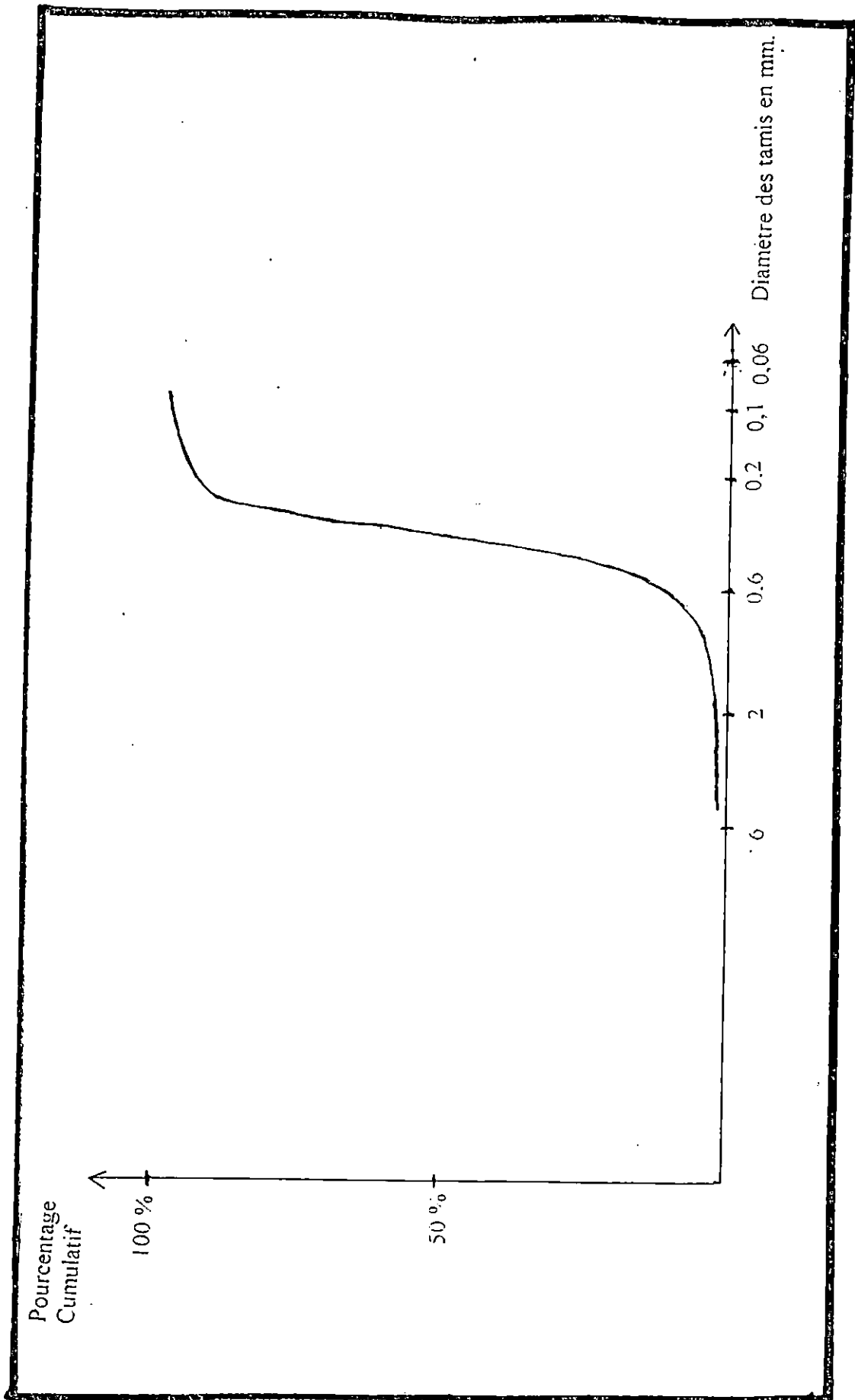


Fig. n° 47: Courbe granulométrique de l'échantillon représentatif : P₁E₁.

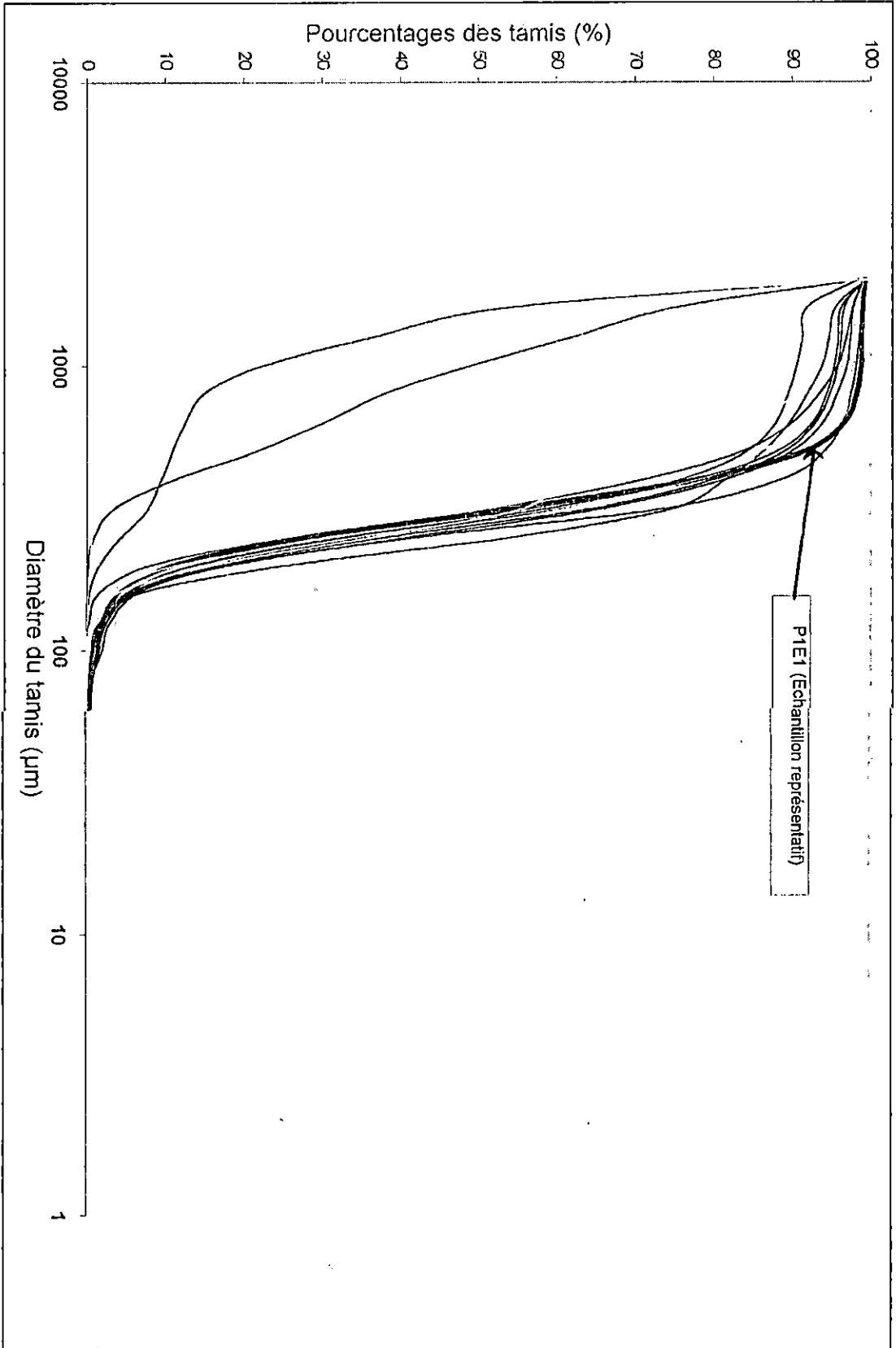


Fig n° 48 : Faisceau des courbes cumulatives de la plage aérienne.

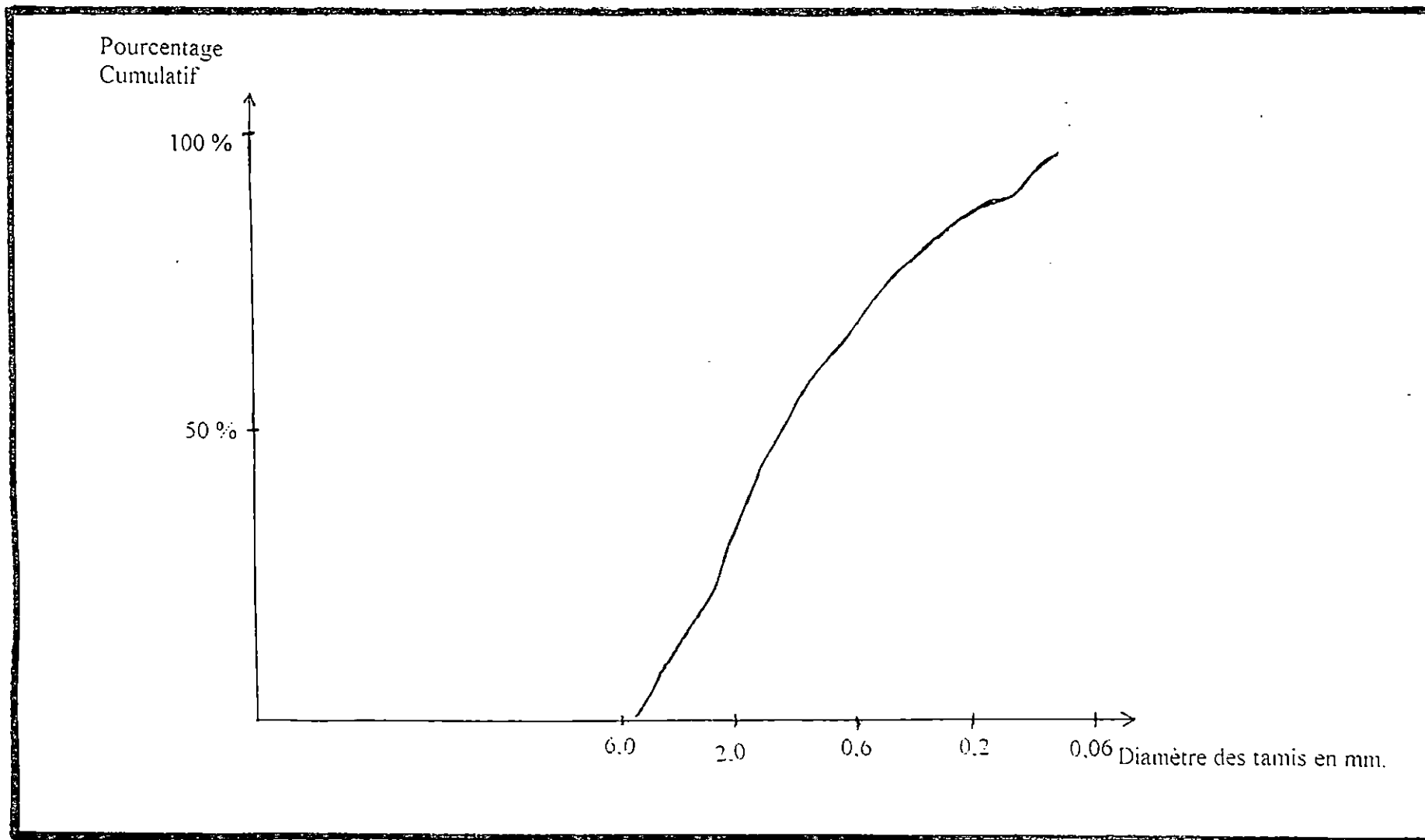


Fig n° 49: Courbe granulométrique du sédiment de carrière.

Par la suite le calcul des rapports suivants : $(M\varnothing_A - M\varnothing_N)/\delta\varnothing_N$ et $\delta\varnothing_A/\delta\varnothing_N$,

et l'utilisation de l'abaque représenté en figure n°50, nous permet de déterminer si le matériau d'apport est plus gros que le matériau *in situ* et si le profil de rechargement sera stable ou pas.

$$(M\varnothing_A - M\varnothing_N)/\delta\varnothing_N = (0,2 - 1,66)/0,76 = -1,92$$

$$\sigma\varnothing_A/\sigma\varnothing_N = 1,8/0,76 = 2,36$$

Après projection sur l'abaque, on trouve que le point d'intersection de ces deux quantités est situé dans le quadrant Q2. Cela veut dire que la profil sera stable (Fig. n°50) et le sédiment d'apport est plus gros et moins bien classé que le sédiment naturel. (tableau n°20).

VI.1.3 Calcul du volume réel du matériau d'apport :

Pour calculer le volume réel d'apport, on détermine graphiquement (Fig. n°50) le facteur d'apport initial R_A à partir des deux quantités calculés auparavant.

Ce facteur exprime combien de mètre cubes de matériaux doivent être apportés sur la plage pour produire $1m^3$ restant réellement en place. On trouve que $R_A = 1,07$.

Tableau 20 : Relations entre les médianes et les écarts types du matériaux naturel et du matériaux d'apport.

Catégorie		Relation entre les sédiments	Relation entre les écarts types
Case	Quadrant dans la fig.		
I	1	$M\varnothing_A > M\varnothing_N$: Les matériaux d'apport est plus fin que le matériau naturel	$\sigma\varnothing_A > \sigma\varnothing_N$ matériau est moins bien.
II	2	$M\varnothing_A < M\varnothing_N$: Les matériaux d'apport est plus grossier que le matériau naturel	Classé que le matériau naturel
III	3	$M\varnothing_A < M\varnothing_N$: Les matériaux d'apport est plus grossier que le matériau naturel	$\sigma\varnothing_A < \sigma\varnothing_N$ matériau est mieux
IV	4	$M\varnothing_A > M\varnothing_N$: Les matériaux d'apport est plus fin que le matériau naturel	Classé que le matériau naturel

(Source : S.P.M., 1977)

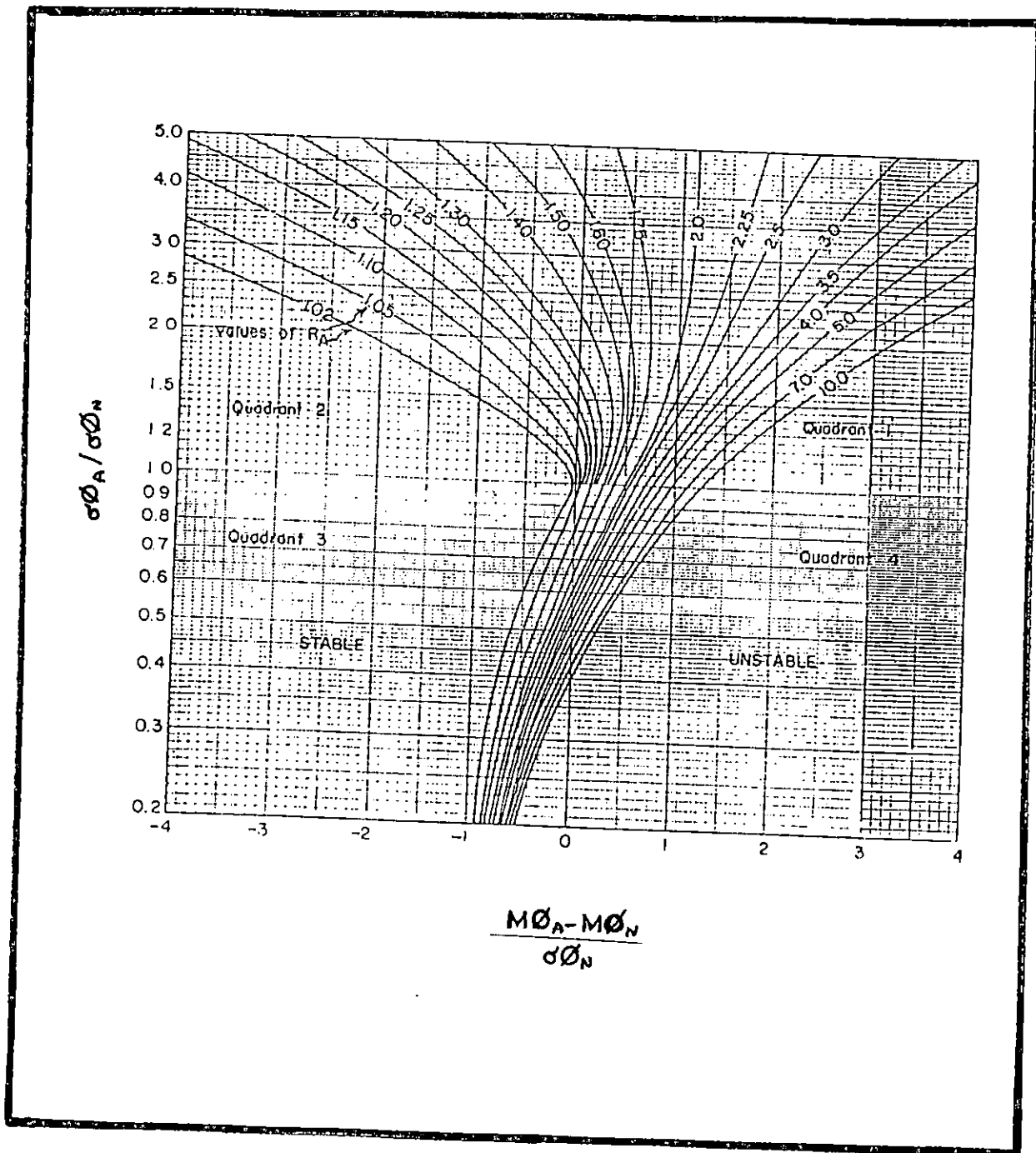


Fig. n° 50 : Isolines du facteur d'apport initial R_A' : (JAMES, 1975, in SPM, 1977).

A partir delà, le volume réel de matériau V_R aura pour expression : $V_R = R_A * V$

V : Volume de matériau à mettre en place.

$$V_R = 1,07 \times 11038 = 11810,66 \text{ m}^3 \approx 11811 \text{ m}^3$$

$V_R = 11811 \text{ m}^3$: C'est le volume réel de rechargement.

VI.1.4. Calcul du volume de rechargement périodique :

Pour calculer le volume de rechargement périodique on définit graphiquement (Fig. n° 51) le facteur d'apport initial (RJ) à partir des mêmes rapports utilisés pour le volume réel rechargement. On trouve que ce facteur est égal à 1/50. De ce fait le volume de rechargement périodique V_P sera égal à $R_j * V_R = 1/50 \times 11811 = 236,22 \text{ m}^3$

Donc : $V_P \approx 236 \text{ m}^3$: C'est le volume de rechargement périodique.

VI.1.5. Lieu et période de dépôt :

Vu que le transit sédimentaire pendant la période de prélèvement s'est fait d'Est en Ouest, le dépôt se fera à l'Est de notre site aux environs de la cité Stamboul. Il se fera durant la saison printanière, ceci vu le faible hydrodynamisme et la prédominance des houles d'Est engraisantes qui caractérisent cette période.

VI.1.6. Estimation des prix :

L'estimation des prix de la quantité des sédiments de carrière nécessaire pour le rechargement (prix de transport non compris) nécessite la conversion des mètres cubes en tonnes.

- Prix du rechargement :

$$\gamma_s = M/V, \text{ avec } M = \gamma_s \cdot V$$

M : Poids en tonne.

$$\gamma_s = \text{Poids volumique du sable} = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

$$V : \text{Volume réel de rechargement} = 11811 \text{ m}^3$$

$$\left. \begin{array}{l} 2,65 \text{ g} = 2,65 \times 10^{-6} \text{ t} \\ 1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda_s = 2,65 \text{ t/m}^3$$

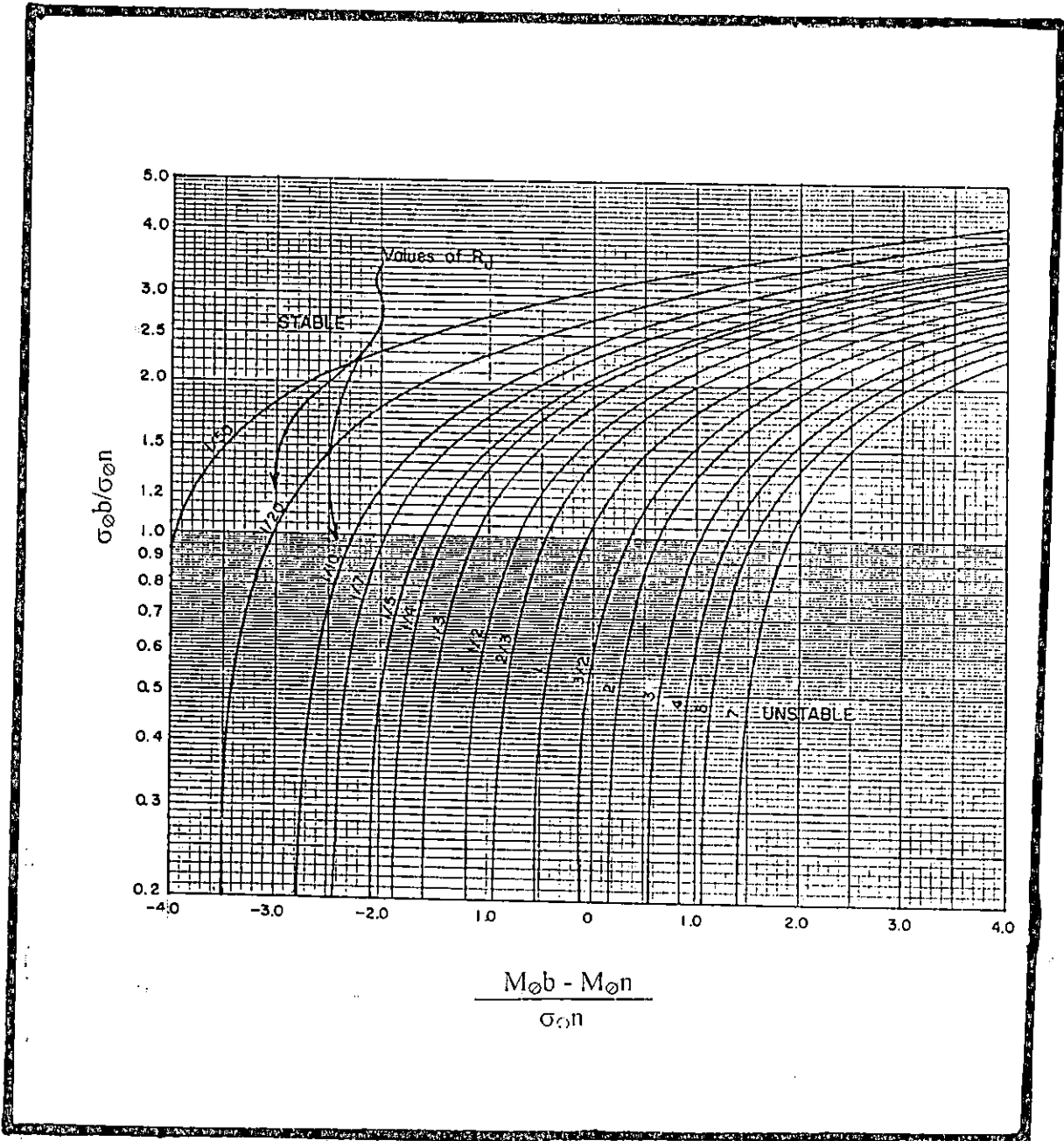


Fig. n° 54: Isolignes du facteur d'entretien R_j .
(JAMES, 1975, in SPM, 1977).

$$M = 11811 \times 2,65 = 31299,15 \text{ t,}$$

$$M = 31299,115 \text{ t}$$

Une tonne coûte 350 DA (CNERIB, 1998)⁽¹⁾. Donc, le prix du volume réel de rechargement sera égale à $31299,15 \times 350 = 10954702,5$ DA

Prix de rechargement = 10954702,5 DA

- Prix du rechargement périodique :

$$M = 236 \times 2,65 = 625,4 \text{ t,}$$

$$M = 625,4 \text{ t}$$

Le prix du volume de rechargement périodique sera égale à $625,4 \times 350 = 218890$ DA

Prix du rechargement périodique = 218890 DA

Pour limiter les pertes du rechargement par la dérive littoral, il est intéressant de retenir le principe d'une digue (épi), qui pourrait aussi abriter un petit port de plaisance.

Les caractéristiques de cette ouvrage (positionnement, longueur, orientation, etc.), doivent respecter la dynamique naturelle du site, sans autant la perturber.

Remarque :

Le volume de matériau à recharger calculé sur la base des profils types de rechargement est un volume variable. Cette variabilité est en fonction du profil que l'on veut obtenir, ainsi qu'au comportement des matériaux rechargés sous l'action hydrodynamique.

VI.2. La récréation et la stabilisation de la dune bordière :

On procède d'abord à l'élimination de la route qui relie le lieu dit « *Bateau cassé* » et la cité Stamboul.

VI.2.1. La récréation de la dune :

Pour la récréation de la dune, plusieurs options peuvent se présenter :

⁽¹⁾ CNERIB : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégré du Batiment

1/ L'utilisation d'obstacles artificiels qui ont pour but de diminuer la vitesse du vent, par, voie de conséquence, de provoquer le dépôt de sable qu'il véhicule.

Il s'agit soit :

- De claies de branchages et de pieux.
- De treillis métalliques ou des filets de nylon aux mailles, serrées, tendus sur des piquets en bois.
- De palissades constituées de lattes de châtaigner liées par des fils de fer galvanisés, qui sont largement utilisés.

La perméabilité de ces obstacles doit être de 40 à 50%, pour éviter les phénomènes d'affouillement à leur pied, qui entraînerait leur basculement.

Plusieurs rangées d'obstacle, rectilignes ou en zigzag, parallèles entre elles, sont placées perpendiculairement au vent marin dominant.

De nouveaux obstacles doivent être installés au fur et à mesure que les anciens sont ensablés, ce qui permet une élévation progressive de la dune.

2/ Un apport de matériaux (du sable) semblable à celui utilisé pour l'alimentation artificielle de la plage.

3/ La pose d'une couverture de branchage d'arbre, qui servent de « piège à sable » en transit par voie éolienne.

La période optimale pour cette opération est en période estivale, du fait que la quantité de sable mobilisable à partir de l'estran est la plus importante, ceci en raison de la faible teneur en eau du matériel, ce qui diminue la cohésion des particules, ainsi qu'en raison de l'humidité faible de l'air permettant un long transport.

VI.2.2. La stabilisation de la dune :

Elle se fait généralement par l'implantation de végétaux *psammophiles*, ces dernières occupent parallèlement le rivage et se disposent comme suit (Fig. n°52) :

- Une première bande occupée par des espèces « *Edificatrices* » : *Diotis maritima*.
- La deuxième bande est peuplée par des espèces « *stabilisatrices* » : *Ammophila arenaria*.

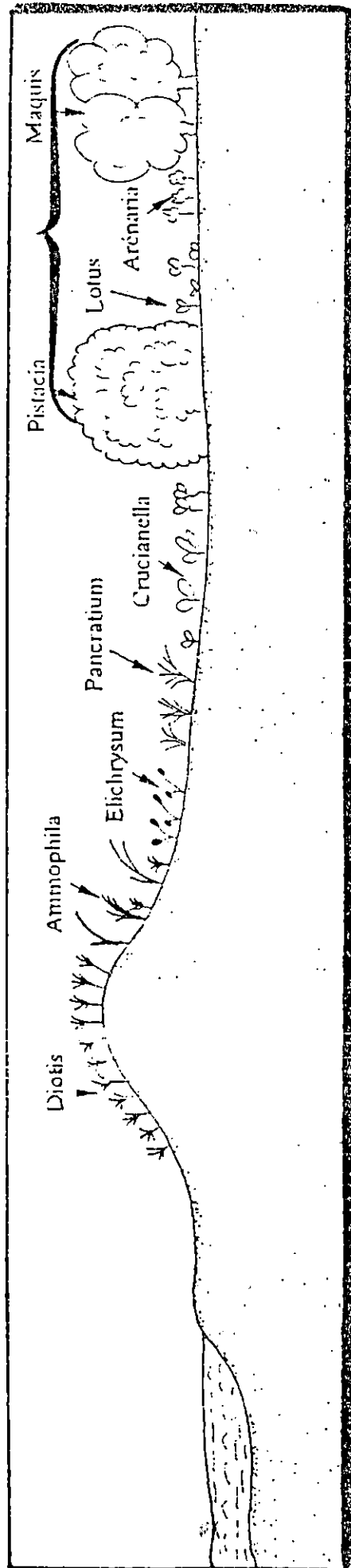


Fig. n° 52 : Zonation de la végétation dunaire dans un site naturel (Belkececi et al., 1991).

- La troisième bande plus large que les précédentes est constituée d'espèces « Défensives » : *Crucianella maritima*.
- La quatrième bande occupée par une pelouse d'espèces « stabilisatrices » : *Lotus creticus* et *Arenarea maritima*.

VI.3. Perspectives d'aménagement intégré au niveau de Stamboul :

Introduction :

Après la reconstitution de la plage et de la dune de Stamboul, la préservation de ces deux unités naturelles s'avère nécessaire pour le développement et la durabilité du tourisme balnéaire de cette zone. Cette préservation est d'autant plus efficace que l'occupation du sol est en harmonie avec la vocation et l'aspect naturel du site.

Pour cela, nous avons essayé d'élaborer un plan d'aménagement qui préserve et valorise cette partie du littoral de la commune de Bordj El-Kiffan, assurant ainsi une complémentarité entre la protection du site et le tourisme considéré et non une contradiction comme ça été souvent le cas.

Principe :

- Pour préserver la dune contre les piétinements, l'accès à la plage de Stamboul se fera par deux voies piétonnières aménagées, constituant d'une part, le prolongement de la route qui débouche à la cité Stamboul et d'autre par celui de la route qui débouche dans le lieu dit « Bateau cassé » (fig. n°53).
- La valorisation de l'espace boisé existant en arrière de la plage, et ceci par la création d'activités diverses (Picnic, aires de jeux pour enfants, camping,... etc) en évitant toute atteinte à l'environnement.

Cet espace pourra être éventuellement développé, par le reboisement selon une bande parallèle à la côte, afin d'éviter toute déperdition de sable marin vers l'arrière pays et notamment vers les terres agricoles voisines.

- L'éducation du public, dont la collaboration est indispensable, est faite par la mise en place de panneaux et la distribution de documents qui attirent l'attention sur la

fragilité de l'espace côtier.

- Le fort turc doit être de sa part restaurer et mise en valeur, par la création à son intérieur- d'un musée montrant l'histoire de la zone, qui attirerait une clientèle touristique importante, même hors saison estivale.

Ce musée sera enrichi évidemment par l'exposition de vestiges récupérés dans la région (pièces de monnaies, boules de canons, etc...), surtout que l'expérience a montrée la rentabilité de ce type d'investissement (le fort turc du centre ville de Bordj El-Kiffan et celui de Tamantfoust à quelques kilomètres à l'Est de Stamboul).

- Les villas coloniales de Stamboul rappelant la mémoire du lieu devront être restaurer, du moments qu'elles constitueraient une autre potentialité touristique de la zone.
- Des poubelles seront placés le long de la plage.
- Des toilettes et douches publics longeants les deux voies d'accès à la plage seront prévus.
- Les activités présentent dans l'espace urbain entre la dune et l'espace boisé devront être obligatoirement destinées à des fins touristiques. Cependant, d'autres activités exigeant la proximité de l'eau (Club de plongée, club de voile, etc...) feront exception.
- Deux parking seront implantés à proximité de chaque voies d'accès.

Au niveau de chaque parking, un passage à la plage sera canalisé sur la dune afin d'éviter son piétinement abusif. Ce passage doit être fait de matériau léger (généralement en bois).

- Aménagement de quelques terrains de sport (volley-ball, tennis, etc...)
- La vocation agricole de l'espace situé entre l'espace boisé et la RN24 doit être préservée et respectée.

Enfin, pour garder la salubrité des eaux de baignade, les structures projetés seront reliées au réseau d'assainissement prévus pour la partie Ouest de Bordj El-Kiffan (voir paragraphe II.2.5.2., chapitre 2).

Chapitre VII :

LE CADRE REGLEMENTAIRE ET INSTITUTIONNEL.

Introduction :

Actuellement, le littoral est de plus en plus convoité par les promoteurs immobiliers et par les activités économiques, cela se traduit par son sur-utilisation .

Pour maîtriser cette convoitise, de nombreux pays ont adoptés des dispositifs juridiques et institutionnel spécifiques, permettant d'atténuer les conflits aux quels est soumis l'espace côtier.

En Algérie, malgré l'importante longueur du linéaire côtier (1200 km) ainsi que sa variété (plages, falaises, zones humides, forets côtières,...etc), l'occupation et la gestion de l'espace littoral sont régis par un ensemble de textes qui sont prévus par le régime juridique de l'aménagement du territoire et qui de ce fait ne reconnaient pas les spécificité de cet espace ; chose qu'on va essayer de démontrer dans ce qui suit.

VII.1. Le littoral dans la planification spatiale :

Une lecture des principaux textes juridiques prenant en charge l'utilisation et la gestion de l'espace côtier, font ressortir soit une négligence sinon une ignorance des caractéristiques de cet espace, soit une approche terrienne lors de son aménagement.

La loi 83-03 du 05/02/1983 relative à la protection de l'environnement, ne réserve pas une place particulière à la protection des zones côtières, mais se contente seulement dans son chapitre III d'interdire le déversement, l'immersion et l'incinération en mer de certaines matières, tout en restant muette quant aux déversement de ces mêmes matières dans les Oueds et les cours d'eau.

Cette même loi dans son titre V relatif aux études d'impact, exige ce type d'étude lors de la réalisation d'aménagement ou d'ouvrages pouvant porter atteinte au milieu naturel. Le non respect de cette obligation est sanctionné par le paiement d'une amende de 2000 à 20000 DA.

Cependant, le montant de l'amende (2000 à 20000 DA) ne constitue actuellement ni un moyen dissuasif ni un moyen répressif de respect des obligations édictées par le décret, mais plutôt un encouragement à ces « *infractions* ».

La loi n°87-03 du 27/01/1987 relative à l'aménagement du territoire, dans son article 8, cite la protection et la mise en valeur du littoral et du plateau continental, sans plus de détail sur les modalités de ces actions.

De même, les actions prise en charge par l'aménagement du territoire (article 14) pour le sauvegarde et la valorisation des zones littorales et du plateau continental, ne constituent que des mesures générales, insuffisantes pour maîtriser le développement de ces zones.

L'article 24, indique seulement qu'il faut préserver l'environnement sans plus de détail sur l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral.

Finalement, l'article 48 de la présente loi, détermine les conditions particulières d'occupation, d'aménagement et d'utilisation du littoral dans le cadre des instruments d'aménagement et d'utilisation du territoire à caractère spécifique ; ceci avant de donner une définition adéquate à cet espace.

La loi 90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme, cite la préservation l'environnement, des milieux naturels, des paysages,...etc. Elle réglemente les constructions dans les limites compatibles avec les objectifs de sauvegarde des équilibres écologiques, mais uniquement lorsqu'elles sont situées sur des sites fragiles.

De ce fait, cette loi, cite seulement le littoral dans le contexte des dispositifs particuliers applicables à certaines parties du territoire.

Néanmoins, l'élaboration de la présente loi, constitue le premier pas témoignant d'une prise de conscience quant aux atteintes que subit le littoral. Ceci par l'adaptation , à titre d'exemple – de la bande de 100 m de large à partir du virage, comme zone frappée de servitude de *non aedificandi* (zone d'inconstructabilité).

Les décrets exécutifs n°91-177 et 91-178 du 28/05/1991 relatif à l'élaboration et à l'approbation respectivement, du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U.) et du Plan d'Occupation du Sol (P.O.S.), ne différenciés dans aucun de ces articles entre une commune côtière et commune intérieur.

Cependant le premier décret (n°91-177), dans article 17, cité seulement le littoral dans le contexte de la délimitation graphique de certaines parties du territoire à caractère naturel et culturel marqué, ceci sans prévoir les modalités concernant particulièrement le littoral.

VII.2. Analyse critique des mesures réglementaires et institutionnelles relatives au littoral :

Comme nous l'avons vu, les dispositifs relatifs au littoral lorsqu'elles existent sont intégrés dans le cadre de l'aménagement du territoire, et se suffisent des généralités.

Donc, les diverses mesures qui découlent de ces dispositifs, présentent des difficultés pour les mettre en œuvre ou les promouvoir :

Certaines de ces mesures, en raison de leur imprécision, sont inapplicables, du fait de la situation actuelle et prévisible du littoral, et des sollicitations dont il fait l'objet.

Ces mesures sont inadaptées aux réalités socio-économiques et environnementales du littoral, dans la mesure où ces dernières sont mal cernées, car les caractéristiques naturelles, écologiques, socio-économiques et culturelles du littoral ne sont pas pris en charge et l'espace lui même est mal défini.

L'absence de coordination entre les différentes interventions des usagers de l'espace côtier, rend difficile sinon presque impossible d'adopter une approche multi-sectorielle de mise en valeur de cet espace, d'où des atteintes irréversibles sont souvent constatées.

Conclusion :

Il en ressort de cet aperçu, qu'il y a toujours décalage entre les actions entreprises et celles dictées par la législations de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire.

De plus, les actions menées par l'état jusqu'à présent, n'ont pu suffisamment tenir compte du caractère global des problèmes de l'espace côtier.

Ces interventions sont limitées en général, à des mesures de protections très systématiques sans prises en considération des spécificité régionales et locales, laissant les disparités s'accroître et donnant lieu à des compromis conjoncturels et des conflits entre les collectivités locales, l'administration et les forces économiques en présence.

VII.3. Les mesures organisationnelles :

Du fait que la législation existante, pour partie ancienne et pour partie imprécise ou encore en gestation, l'élaboration urgente d'un Schéma National d'Aménagement et Mise en Valeur du Littoral (S.N.A.M.V.L.) s'avère une nécessité, ce schéma fixera donc :

- Les critères de détermination de l'espace côtier
- La délimitation des zones homogènes d'action
- Les orientations de bases liées à chaque zone.

Dans le cadre des options arrêtées par le Schéma National d'Aménagement du Territoire (S.N.A.T.), le S.N.A.M.V.L. aura pour objet :

- De prendre en considération toutes les stratégies sectorielles (industrie, agriculture, port et pêche, tourisme, etc....)
- De les intégrer selon l'optique du développement multisectoriel, coordonné, durable et rationnel.
- De fixer les programmes d'actions qui en découlent, pour chaque zone homogène.
- De garantir que le niveau de consommation des ressources n'excède pas le niveau de renouvellement (si la ressource est renouvelable).

- De respecter la gestion traditionnelle de l'espace et des ressources.
- De renforcer la protection patrimoniale (site et monument historique côtiers), de manière à trouver un juste équilibre avec l'urbanisation croissante la frange côtière.

Ce S.N.A.M.V.L. devra ensuite s'imposer comme cadre de référence obligatoire pour tous les plans et schéma d'aménagement (P.D.A.U., P.O.S., etc.), dans les communes côtières.

✦ A niveau technique et scientifique, il sera toutefois nécessaire d'envisager un Observatoire National du Littoral (O.N.L.), qui aura pour mission :

- De concevoir une banque de données liées à la connaissance et la gestion des espaces littoraux, ainsi qu'à l'exploitation et l'utilisation du domaine maritime côtier, ceci permet de recueillir de manière homogène l'ensemble des informations nécessaires à un fondement objectif aux réflexions et aux actions menées par l'état et les collectivités locales.
- D'impulser les études et recherches concernant les inventaires de ressources, ainsi que les modes techniques de valorisation du littoral et du domaine maritime côtier.

Cette valorisation doit résulter de la complémentarité entre l'armature urbaine, les espaces naturelles littorales, les espaces agricoles et forestiers littoraux ainsi que les réseaux les reliant.

- D'établir tous les éléments d'aide à la décision, en matière de politique du littoral.
- De développer une approche culturelle du littoral, par sa structuration autour d'une approche pédagogique et culturelle, à travers la formation, le sensibilisation, l'éducation environnementale, le développement des réseaux de centre de culture scientifiques et techniques.

Enfin, si la mission de l'O.N.L. sera accomplis, l'idée de l'établissement d'un Conservatoire National du Littoral (C.N.L.) devient une nécessité, ceci pour permettre d'analyser, d'aménager, de protéger et de mettre en valeur un écosystème aussi sensibilité et aussi complexe que le littoral, et de ce fait, conserver aux générations futures le patrimoine naturel existant.

CONCLUSION GENERALE.

Notre contribution à l'étude de l'évolution de la zone côtière de Bordj El-Kiffan a révélé qu'elle est soumise à des contraintes naturelles dues à sa situation géographique, plus exactement à sa nature en tant qu'interface terre-mer.

Ces contraintes sont aggravées par l'occupation et l'utilisation anarchique de l'espace et de ses ressources, traduisant ainsi une gestion irrationnelle de cet espace et la méconnaissance de ses spécificité et de ses mécanismes de régulation, par les décideurs.

Dans le souci d'apporter une contribution pour un développement durable et efficace et pour arrêter les atteintes qu'a subit le site de Stamboul, nous avons proposé un plan d'aménagement, de protection et de mise en valeur des potentialités naturelles existantes.

Ce plan suppose, une approche globale pour amortir la dégradation de ce site. Ceci par des techniques de protection légères et peu coûteuses, une bonne occupation du linéaire côtier, une préservation des flux sédimentaires entre les parties solidaires de la plage, la sauvegarde et le respect de la vocation naturelle du site.

D'un point de vue méthodologique, la démarche que nous avons retenue peut être utilisée et appliquée dans d'autres sites balnéaires de la commune, en rapport bien entendu avec les spécificité et les caractéristiques de chaque cas.

D'autres problèmes nous paraissent intéressant à étudier, du fait qu'ils constituent des paramètres importants pour l'aménagement et le développement intégré du site de Stamboul. On peut citer par exemple :

- La qualité du sol et des nappes phréatiques.
- L'effet de l'arrêt du débit solide à l'amont du l'Oued Hamiz, du fait que notre site est tributaire de ce cours d'eau en matière de flux sédimentaire (transit littoral).
- L'impact des aménagements fait au niveau de la baie d'Alger (à l'embouchure de l'Oued El-Harrach et au port d'Alger) sur l'équilibre littoral.

Pour cela les actions inter-communales s'avèrent importantes et les approches à l'échelle régionale (baie d'Alger) sont nécessaires.

Enfin, pour préserver l'espace côtier algérien d'une dégradation irréversible, les pouvoirs publics doivent définir et délimiter cet espace dans les plus brefs délais, ensuite, initier une concertation avec ses différents usagers afin de trouver les voies et les moyens de l'exploiter rationnellement. Ceci, par la révision de la législation existante, particulièrement le dispositif juridique relatif à l'aménagement et l'urbanisme, qui doit être plus pertinent, en tenant compte des impératifs d'évolution et de protection du milieu. Enfin, il devient urgent de mettre en oeuvre une structure qui s'occupera de la gestion et de la mise en valeur du littoral, et qui, guidera toute intervention et pénalisera toute agression aux zones côtières.

BIBLIOGRAPHIE.

OUVRAGES ET DOCUMENTS :

- 1- **AYME A., 1952** : Le quaternaire littoral des environs d'Alger. *2^{ème} congrès Parrafricain de pré-histoire. Alger.* P 243-245.
- 2- **AYME A., 1956** : Modification récentes survenues dans le réseau hydrographique de la plaine de la Mitidja. *B.S.H.N. Afrique du Nord. T.x L. VII.* P 50-56.
- 3- **BERTHOIS L., 1975** : Les roches sédimentaires, étude sédimentologique des roches meubles (techniques et méthodes). *Ed. DOIN.* 270 P.
- 4- **BLANC J.J. et DEGRISAC J., 1978** : Recherches de géologie sédimentaires sur les herbiers à posidonie du littoral de la province, aspects sédimentaires liés à l'herbier à posidonie. *C.N.E.X.C.O. 76/4043 et 77/4074.* 185 P.
- 5- **BLANC J.J., 1982** : Sédimentation des marges continentales actuelles et anciennes. *Ed. MASSON.* 159 P.
- 6- **CATANZANO J. Et THEBAUD O., 1995** : Le littoral pour une approche de la régulation des conflits d'usage - *Institut océanographique / IFREMER. Pro. Nat. d'Océa. Côt.* 148 P.
- 7- **CHAMLEY H., 1987** : Sédimentologie. *Ed. DUNOD.* 175 P.
- 8- **Centre National d'Etude et de la Recherche en Urbanisme, 1987** : Aménagement de la zone culturelle de Bordj El-Kiffan et de Mohammadia - Lido, *secteur 4 (stamboul), phase 2. PUD.* 106 P.
- 9- **Centre Nationale d'Etude et de la Recherche en Urbanisme, 1995** : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U.) de la wilaya d'Alger.
- 10- **CORLAY J.P., 1995** : Géographie sociale, géographie du littoral. *Ed. Norois, Poitiers, 42, (165).* P 247-265.
- 11- **COULOMBIE H., 1996** : Les règles d'aménagement et de protection du littoral. *Ed. HOTEL DE LA VILLE.* 223 P.

BIBLIOGRAPHIE

- 12- **Décret N° 66-75 du 04/04/1966** portant application de l'ordonnance 66-62 du 26/03/1966 relative aux zones et aux sites touristiques. *Jour. Off. De la Rép. Alg. Du 08/04/1966.* P 275, 276.
- 13- **Décret N° 88-232 du 05/11/1988** portant déclaration des zones d'expansion touristiques. *Jour. Off de la Rep. Alg. Du 14/12/1988.* P 1312, 1313.
- 14- **DERRUAU M., 1974** : Précis de géomorphologie. 6^{ème} édition . Ed. MASSON et CIE. 442 P.
- 15- **Décret exécutif N° 90-78 du 27/02/1990** relatif aux études d'impact sur l'environnement, *Jour. Off de la Rép. N° 10 du 07/03/1990.* P 318-324.
- 16- **Décret exécutif N° 91-177 du 28/05/1991** fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme et le contenu des documents y efférents. *Jour. Off. De la Rép. Alg N° 28 du 04/06/1991.*
- 17- **Décret exécutif N° 91-178 du 28/05/1991** fixant les procédures d'élaboration et d'approbation des Plans d'Occupation du Sol ainsi que le contenu des documents y efférents. *Jour. Off. De la Rép. Alg N° 28 du 01/06/1991.*
- 18- **Décret exécutif N° 93-146** du définissant la qualité requise pour les eaux de baignade. *Jour. Off. De la Rép. Alg N° 46 du 14/07/1993.* P17.
- 19- **Direction d'Hydraulique de la wilaya d'Alger, 1975** : Assainissement de la région de l'Oued El-Harrach (Alger). *Schéma général Alger 2000. CKI Volume 1 .* 110 P.
- 20- **GAUTHIER M.J. et BREITTMAYER V.A; 1991** : La recherche . La pollution bactérienne de la mer. *Volume 22.* P10 - 15.
- 21- **GLANGEAUD L., AYME A., MATTAUER M. et MURRAOUR P. 1952** : Histoire géologique de la province d'Alger, *Pub XIX éme. Cong. Géo. Int. Monographie régionale : Alger n° 25.* 141 P.
- 22- **GOGUEL J., 1972** : La composition de la terre, *Encyclopédie de la pléaïde publiée sous la direction de QUENAUR. Ed. GALLIMARD.* 1087 P.

- 23- **GUILCHER A., 1950** : Cours d'océanographie. *1er fascicule. Ed. SEDES. C.D.U*
125 P.
- 24- **GUILCHER A., 1971** : Précis d'hydrologie marine et continentale. *Ed MASSON.*
252 P.
- 25- **INMAN D.L. et FILLOUX J., 1960** : Beach cycle related to tide and local wave
regime. *Journal of géology. LX VIII. P225 - 231.*
- 26- **KHALASSI A., 1989** : Les constructions militaires Ottmans d'Alger. *Ed.*
CAVALERIE ALGERIENNE, 238 P.
- 27- **LARID M., 1992** : Cours d'aménagement du littoral *I.S.M.A.L.. (Alger).* 159 P.
- 28- **LARID M. , BOULAHIDID M., SEFIANE O. et BELKESSA R., 1998** : Plan
d'Aménagement côtier (PAC). *Etude préliminaire, I.S.M.A.L. (Alger).*
77P.
- 29- **Laboratoire des Etudes Maritimes, 1998** : Etude de protection du rivage de
Stamboul . 29 P.
- 30- **Loi n° 83-03 du 05/02/1983** relative à la protection de l'environnement. *Jour. Off.*
De la Rép. Alg. Du 18/01/1983. P255, 263.
- 31- **Loi n° 87-03 du 27/01/1987** relative à l'aménagement du territoire.
- 32- **Loi n° 90-29 du 01/12/1990** relative à l'aménagement et l'urbanisme.
- 33- **Ministère de l'Equipement et de l'Aménagement du Territoire, 1995** : Demain
l'Algérie, l'état du territoire : La requête du territoire. *TOME I.*
P 233-239.
- 34- **Ministère de l'Equipement et de l'Aménagement du Territoire**
(A.N.A.T./DEC), 1996 : Schéma de développement et de
l'aménagement du littoral. *Rapport final / mission 1 : Evaluation des*
ressources naturelles, potentialités économiques et analyse critique du
phénomène de littorisation. 208 P.
- 35- **MOINET M.L., 1985** : Dunes : La chirurgie esthétique. *Science et vie n° 815.*
P94-104.

BIBLIOGRAPHIE

- 36- **MUSSON M. 1996** : Le moniteur : Comment retarder le recul des terres ? *Journal des travaux publics et du bâtiment n° 4839 P29.*
- 37- **OTTMANN.F., 1965** : Introduction à la géologie marine et littorale. *Ed. MASSON et CIE, PARIS. 259 P.*
- 38- **PASKOFF R., 1981** : L'érosion des côtes *Que sais je ? PUF. 127 P.*
- 39- **PASKOFF R., 1993** : Côtes en danger. *Ed. MASSON, PARIS, 248 P.*
- 40- **PASKOFF R., 1994** : Les littoraux. Impact des aménagements sur leur évolution. *Ed MASSON, PARIS. 256 P.*
- 41- **PIRAZZOLI P.A., 1991** : Les littoraux. *Ed. PARIS, NATHAN. 191 P.*
- 42- **Programme des Nations Unies pour l'Environnement, 1995** : Directives concernant la gestion intégrée des régions littorales, avec une référence particulière du bassin méditerranéen. *Rapports et études des mers régionales n° 161.99.P.*
- 43- **QUELENNEC R.E., 1987** : L'érosion côtière. *Actes du colloque : Mer et Littoral: Couple à risque. Biarritz 11-13 Septembre 1987. Année Européenne de l'environnement. Ed. La documentation française. PP. 23-50.*
- 44- **RIVIERE A., 1977** : Méthodes granulométriques : techniques et interprétation . *Ed. MASSON. 170 P.*
- 45- **Société Française pour le Droit de la Mer.** Loi du littoral du 03/01/1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. *Collection Droit et Economie de l'environnement. 388 P.*
- 46- **Symbiose, Sep-Oct. 1998** : Protection des zones côtières, *bimestriel de l'environnement N° 03.34 P.*
- 47- **TRICART J., 1977** : Précis de géomorphologie, géomorphologie dynamique générale. *TOME 2. Soc. D'Ed. D'Ens. Sup., PARIS. 335 P.*

BIBLIOGRAPHIE

- 48- United States Army Coastal. Engineering Research Center, 1977 :** Shore protection Manuel (SPM). *Département of the Army corps of ingeneers. Volume II.* 8133 P.
- 49- United States Naval Weather Service Command, 1963 - 1970 :** Summary of Synoptique Meteorological Observations. Mediterranean Marine Area. *Volume 3. Area 10 Algiers.* 631 P.

Mémoires et thèses :

- 1- **AKKACH N., 1984** : Etude et cartographie géomorphologique du haut bassin versant de l'Oued El-Harrach. Thèse de Magistère en géographie. *Option : Géomorphologie. U.S.T.H.B., ONRS (Alger). 78 P.*
- 2- **AOUDIA. M. et HADIBI N., 1992** : Bilan des ressources en sables et graviers de la baie d'Alger. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en géologie appliquée. I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger). 101 P.*
- 3- **AYATI A.E.G et KHETTOUF Dj., 1994** : Etude morphosédimentaire avec perspective d'aménagement : site de Cap Djenet (Est d'Alger). *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral. I.S.M.A.L. (Alger). 79 P.*
- 4- **BAHISLAOUI M., BENTRIOUA N. et HEBBACHE A., 1996** : Projet d'un hôtel à Stamboul (Bordj El-Kiffan). Première partie aménagement touristique de Stamboul. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Architecture E.P.A.U. (Alger) 57 P.*
- 5- **BAHLOUL F., MEZIDI H. Et BOUHARA A., 1997** : Bougie plage : Evolution du trait de côte, causes, conséquences et perspectives d'aménagement, *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L. (Alger). 93 P.*
- 6- **BAKALEM A., 1979** : Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger. *Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle en océanographie. Option Biologie. C.R.O.P., U.B.O. (Alger). 228 P.*
- 7- **BEKTACHE A.E.H., 1994** : Zone côtières de la ville de Boumerdes : Evolution, approche morpho-sédimentaire et perspectives d'aménagement. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L. (Alger) 86 P.*
- 8- **BELKACEMI S., BESSAH R. et DRIOUCHE N., 1991** : Etude de la végétation des dunes maritime du littoral Est algérois, problème d'aménagement, le cas du reboisement de MANDOURA. *Mémoire*

BIBLIOGRAPHIE

d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement, I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger). 90 P.

- 9- **BELKESSA R., 1991** : Evolution géomorphologie et sédimentologie du bas Isser et de son embouchure. *Thèse de Magistère en Géomorphologie et Aménagement des Côtes. I.S.M.A.L. (Alger). 162 P.*
- 10- **BENHADDAD M. et ROUAG F., 1997** : Etude de la plage de Bordj El-Kiffan. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement, I.S.M.A.L. (Alger). 88 P.*
- 11- **BRAIK DJ. 1989** : Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl : Sédimentologie - morphologie problème d'érosion du littoral. *Thèse de Magistère en Géologie Marine. U.S.T.H.B. (Alger) . 163 P.*
- 12- **CAULET J., 1972** : Les sédiments organogènes du précontinent algérien, *Mémoire de Muséum National de l'Histoire Naturel, série C, Ed. Du Muséum, PARIS. 426 P.*
- 13- **DJENOUB R. et SAHLI M., 1990** : Etude de la dynamique littorale du secteur Verte-rive-Hamiz (baie d'Alger). *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Géologie Marine. I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger) 72 p.*
- 14- **DJODAR D.C et HELLAL D., 1993** : Approche du comportement hydrodynamique d'un système aquifère alluvial. Zone : *Oued El-Harrach-Oued Hamiz (Mitidja, Algérie). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Hydrogéologie, I.S.T./U.S.T.H.B.(Alger). 127 P.*
- 15- **FERRAG C. et HEDDAD S., 1993** : L'environnement météo-océanographique au large des côtes algériennes et en zones littorales. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Géologie Marine. I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger). 127 P.*
- 16- **FERRANI A. et TAIB CH.L, 1998** : Contribution à l'élaboration des données de bases de la baie de Zemmouri et l'étude du site de Palm-Beach (baie de Bou-Ismaïl). *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L. (Alger), 127 P.*

- 17- **HADJDAOUD H. Et HARBI F., 1997** : Le littoral : délimitation territoriale et perception du phénomène de littorisation, cas de la région Nord-Centre de l'Algérie. *Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du territoire et protection de l'environnement I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger).* 220 P.
- 18 - **IDJER S., 1993** : Aménagement et pollution littorale, identification des sources de pollution dans le bassin versant de l'Oued El-Harrach et transfert en mer des polluants. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement I.S.M.A.L., (Alger).* 159 P.
- 19- **KACEMI N.D et MAMMERI S., 1997** : Tourisme balnéaire et rapport à l'environnement : Cas de la wilaya de Boumerdes. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Territoire et Protection de l'Environnement I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger).* 90 P.
- 20- **KERBADJ A., 1994** : Littoral de la ville d'Alger : Protection et perspectives d'aménagement touristique. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Territoire et Protection de l'Environnement I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger),* 107 P.
- 21- **KNAYAZ A et SALAH Ahmed Y., 1995** : Faisabilité d'un rechargement artificiel : Cas de la plage Ouest de Boumerdes. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L. (Alger).* 97 P.
- 22- **LAHSEN S et NAHI O., 1995** : Protection de la plage Ouest de Boumerdes, argument de la dune bordière et proposition de réoccupation du site. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L., (Alger).* 92 P.
- 23- **LECLAIRE L., 1972**: La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-balears (pré-continent algérien). *Thèse d'Etat. Mémoire muséum Paris. Faculté des sciences de Paris.* 382 P.

BIBLIOGRAPHIE

- 24- **LEZZAR K.E. et MEDDAHI M., 1990** : Etude de la dynamique littorale devant Bordj El-Kiffan (baie d'Alger), transit sédimentaires, protection et aménagement. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Géologie Marine I.S.T./U.S.T.H.B. (Alger)*. 104 P.
- 25- **MAOUCHE S., 1987** : Mécanismes hydro-sédimentaires en baie d'Alger (Algérie), approche sédimentologie, géochimique et traitement statistique. *Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Spécialité : Océanologie. Université de Perpignan (France)*. 208 P.
- 26- **MILANE A. et YANAR N., 1998** : Aménagement d'un terminal à conteneurs du port d'Alger. *Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral et Protection de l'Environnement. I.S.M.A.L. (Alger)* 78 P.

ANNEXES.

a. D'après les cartes piézométriques :

A la suite de l'abaissement de la surface piézométrique, toute dépression se traduit par une élévation de l'interface eau douce-eau salée, qui peut atteindre facilement le fond des puits. Le changement du sens d'écoulement par les pompages pourrait généraliser l'intrusion de l'eau salée marine dans l'eau douce par l'intermédiaire d'une zone de transitions, citons :

- Centre de Bordj El-Kiffan :

La côte piézométrique est de -5m, où l'écoulement des eaux souterraines est dirigé de la mer vers les pompages.

- Stamboul :

La côte piézométrique est presque égale à celle de la mer, elle est même négative à certains endroits. La variation piézométrique quasi-nulle entraîne une réduction des débits d'eau douce et une pénétration des eaux marines dans la masse des eaux douces de la nappe alluviale.

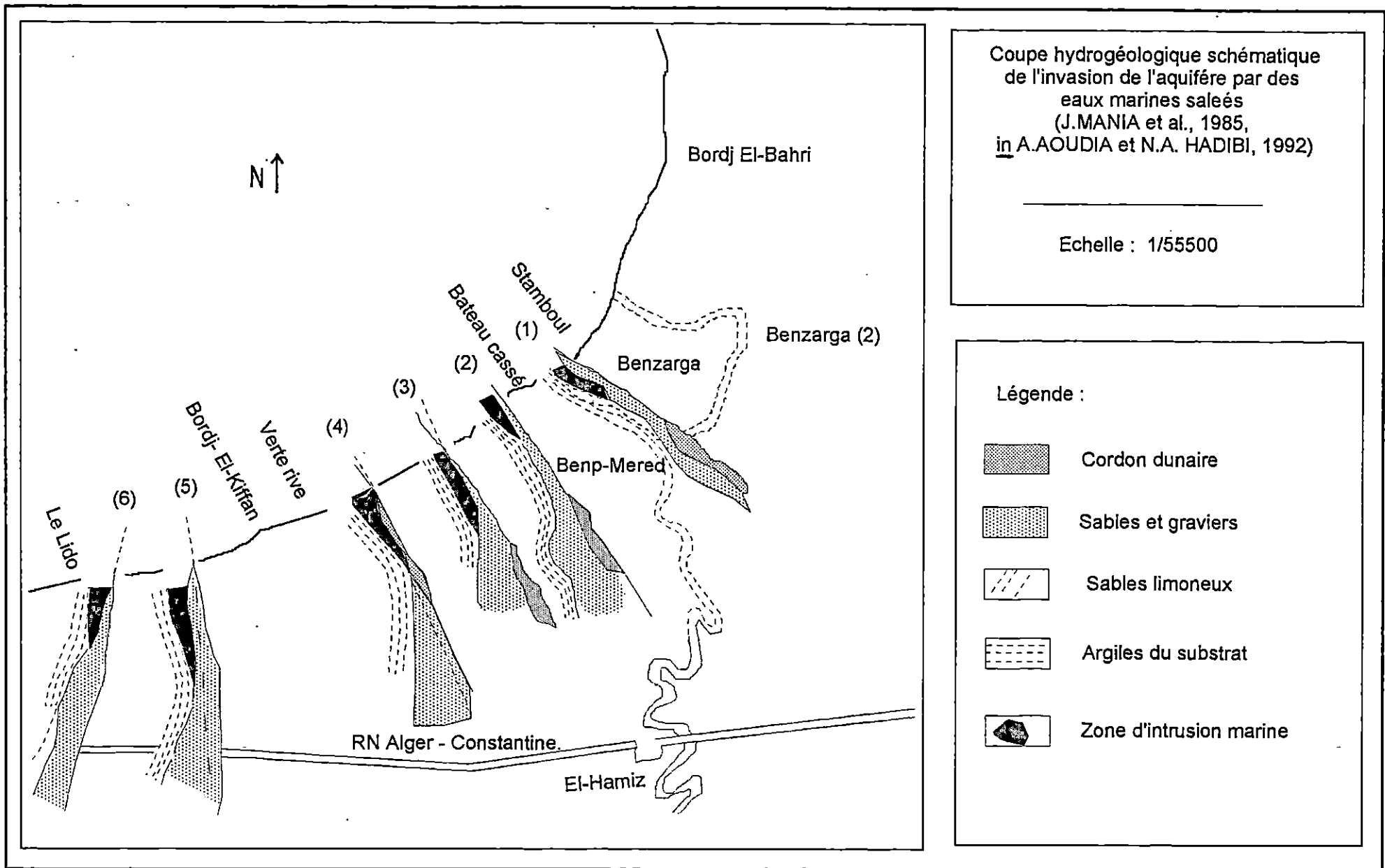
b. D'après l'étude géophysiques :

L'examen des coupes de sondage électrique complets et des sondages mécaniques conduit à une interprétation du biseau salé confirmé par les analyses chimiques.

*** Profil n°1 : Secteur de Stamboul :**

L'épaisseur du réservoir aquifère s'accroît à proximité de la cote. L'interface eau douce-eau salée recoupe le substratum argileux à environs 600 m de la cote, avec un relèvement accentué lié à l'activité des puits.

Une pollution saline nette s'observe dans ce secteur. L'interface eau douce-eau salée semble être située à 5m de profondeur. Le cordon dunaire de Beni Mered joue le rôle de barrière hydraulique qui freine l'extension du biseau salé.



*** Profil n°2 : Secteur situé au Nord-Est du Bateau cassé :**

L'invasion par les eaux salines reste modeste et la pénétration se limite à une distance de 400 m. L'interface est positionné entre 10 et 15m sous le niveau du sol.

*** Profil n°3 : Secteur situé au Nord-Ouest du Bateau cassé :**

La réduction de l'épaisseur du réservoir aquifère entraîne une invasion marine de grande ampleur de la zone des puits.

*** Profil n°4 : Secteur situé au Nord-Est de Verte Rive :**

Le relèvement du substratum de l'aquifère au dessus de la cote zéro limite l'invasion par les eaux salées.

Le cordon dunaire du début des collines Mouhous joue également le rôle de barrière hydraulique. La profondeur de l'interface oscille entre 10 et 20 m sous le niveau du sol.

*** Profil n° 5 : Secteur de Bordj El-Kiffan :**

La grande épaisseur de l'aquifère temporise la pénétration des eaux marines dont l'interface se situait entre 30 et 40 m en 1978. En 1984, ce secteur semble particulièrement altéré malgré la présence d'un bombement du substratum.

Profil n° 6 : Secteur du Lido :

La pénétration du biseau d'eau salée est de l'ordre de 700m. Ce secteur est peu sollicité par les pompages et l'interface reste stabilisée entre 10 et 25m de profondeur.

ANNEXE II : Classification de FOLK (1974).

Diametre de la maille utilisée (mm)	Diametre de la maille de FOLK (mm)	
4,000	4	Granules en petits graviers
3,150	3,36	
/	2,83	
2,500	2,38	
2,000	2	
1,600	1,68	Sables tres grossiers
/	1,41	
1,250	1,19	
1,000	1	Sables grossiers
0,800	0,84	
/	0,71	
0,630	0,59	
0,500	0,5	Sables moyens
0,400	0,42	
/	0,35	
0,315	0,3	
0,250	0,25	Sables fins
0,200	0,21	
/	0,18	
0,160	0,15	
0,125	0,13	
0,100	0,11	Sables tres fins
0,080	0,09	
/	0,07	
/	0,06	Sables grossiers.
/	0,04	

ANNEXE III : Résultats de la morphoscopie.

	Ech	Forme	Eclat	Couleur
P L A G E	P ₁ E ₁	Emoussés 30 %	Mat 22 %	Noir 08 %
		Arrondis 52 %	Luisant 38 %	Gris 14 %
		Très arrondis 18 %	Transparent 40 %	Marron 08 %
				Blanc 56 %
A E R I E N N E	P ₂ E ₂	Non usés 02 %	Mat 60 %	Noir 58 %
		Emoussés 84 %	Luisant 40 %	Gris 14 %
		Arrondis 14 %		Marron 28 %
				Blanc 06 %
P ₃ E ₃	Non usés 06 %	Mat 58 %	Noir 32 %	
	Emoussés 80 %	Luisant 42 %	Gris 28 %	
	Arrondis 12 %		Blanc 06 %	
			Marron 34 %	
P L A G E	P ₂ E ₄	Emoussés 42 %	Mat 58 %	Noir 16 %
		Arrondis 34 %	Luisant 30 %	Gris 32 %
		Très arrondis 24 %	Transparent 12 %	Blanc 16 %
				Jaune 06 %
			Marron 16 %	
P L A G E	S ₁	Non usés 02 %	Mat 24 %	Noir 06 %
		Emoussés 40 %	Luisant 46 %	Gris 24 %
		Arrondis 48 %	Luisant Picôté 04 %	Blanc 30 %
		Très arrondis 10 %	Transparent 26 %	Marron 12 %
				Orange 22 %
			Jaune 06 %	
S O U S	S ₃	Emoussés 42 %	Mat 46 %	Noir 28 %
		Arrondis 48 %	Luisant 32 %	Gris 28 %
		Très arrondis 10 %	Mat picôté 06 %	Blanc 34 %
			Transparent 16 %	Orange 10 %
M A R I N E	S ₄	Emoussés 36 %	Mat 38 %	Noir 28 %
		Arrondis 36 %	Luisant 50 %	Gris 30 %
		Très arrondis 28 %	Transparent 12 %	Blanc 18 %
				Jaune 02 %
			Marron 16 %	
			Orange 06 %	
P L A G E	S ₆	Non usés 04 %	Mat 56 %	Noir 34 %
		Emoussés 72 %	Luisant 34 %	Gris 36 %
		Arrondis 24 %	Transparent 10 %	Blanc 18 %
				Marron 04 %
			Orange 06 %	
			Jaune 02 %	

ANNEXE III : Résultats de la morphoscopie.

P L A G E	S ₁₀	Non usés	08 %	Mat	58 %	Noir	34 %
		Emoussés	54 %	Luisant	36 %	Gris	16 %
		Arrondis	38 %	Transparent	14 %	Blanc	34 %
				Mat Picôté	02 %	Marron	12 %
S O U S	S ₁₄	Emoussés	44 %	Mat	54 %	Noir	26 %
		Arrondis	40 %	Luisant	16 %	Gris	32 %
		Très arrondis	16 %	Mat picôté	04 %	Blanc	24 %
				Luisant Picôté	02 %	Jaune	04 %
M A R I N E	S ₁₆	Non usés	08 %	Mat	56 %	Noir	40 %
		Emoussés	70 %	Luisant	36 %	Gris	12 %
		Arrondis	22 %	Mat Picôté	04 %	Blanc	10 %
				Transparent	04 %	Jaune	20 %
E	S ₁₇	Non usés	12 %	Mat	70 %	Noir	62 %
		Emoussés	86 %	Luisant	30 %	Gris	16 %
		Arrondis	02 %			Blanc	02 %
						Marron	20 %

N.B. : Les grains noirs et gris ne sont pas pris en considération, car ils ne constituent pas des grains de quartz.

Annexe IV : Résultats de la calcimétrie (poids initial : $P_i = 50$ g)

Echantillons	Poids final Pf (g)	Pourcentage des carbonates (%) ($P_i - P_f$) x 2
P1E1	37,20	25,60
P2E2	36,40	27,20
P3E3	35,65	28,70
P2E4	42,50	15,00
S1	34,80	30,40
S3	35,65	28,70
S4	36,00	28,00
S6	35,00	30,00
S10	34,75	30,50
S14	39,70	20,60
S16	34,70	30,60
S17	35,55	28,90

ANNEXE V : Résultats des analyses microbiologistes au niveau de la commune de Bordj El-Kiffan

Lieu de prélèvement	Date de prélèvement	Nombre de germes (/100 ml)		
		Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux
La sirène I (L1)	25/04/98	1400	1100	200
	02/05/98	1100	460	20
	11/05/98	1400	11000	30
	16/05/98	1400	280	360
	30/05/98	11000	11000	500
	20/06/98	5000	4000	900
	18/07/98	09	04	00
La sirène II (L2)	25/04/98	1500	750	50
	02/05/98	460	240	70
	11/05/98	14000	14000	60
	16/05/98	1400	1400	600
	30/05/98	1100	28	00
	20/06/98	17000	1000	11000
	18/07/98	23	23	190
La verte Rive (L3)	25/04/98	11000	4600	30
	02/05/98	4600	240	150
	11/05/98	14000	280	1300
	16/05/98	4600	200	30
	30/05/98	460	11	40
Bateau cassé (L4)	25/04/98	1100	460	30
	02/05/98	23	04	00
	11/05/98	1400	280	00
	16/05/98	1100	460	10
	30/05/98	23	00	10
	20/06/98	00	00	00
	18/07/98	64	11	25
Stamboul	25/04/98	14000	4600	100
	02/05/98	11000	11000	2400
	11/05/98	1400	1400	40
	16/05/98	14000	14000	1600

Source : Service d'hygiène de Bordj El-Kiffan, 1998

1- Les ouvrages de défense lourdes : Méthodes statiques :

On peut les classer en deux catégories : celle des ouvrages transversaux, et celle des ouvrages longitudinaux.

a. Ouvrages transversaux (Fig. n° 01)

Les épis, utilisés depuis longtemps, sont des ouvrages en bois, en pierre ou en béton. Ils représentent un obstacle pour les sédiments en transit de la dérive littorale.

Ces sédiments sont freinés et déposés, participant ainsi à l'élargissement ou la reconstitution d'une plage en érosion. Si cette dernière est une d'une longueur importante, l'installation d'une série d'épis est nécessaire.

Leur longueur, leur hauteur, leur espacement ainsi que leur orientation sont variables ; ces caractéristiques dépendent des conditions hydrodynamiques locales.

Inconvénients :

- La formation d'une zone d'érosion à l'aval de l'épis, ce qui menace les parties de la côte épargnées jusqu'ici.
- Un épis n'est efficace que si le transit littoral est important ($>50000 \text{ m}^3$).
- Des épis en série dénaturent le site (artificialisation du site).

b. Ouvrages longitudinaux :

Protection sur le haut de plage : Elle consiste à mettre en place des murs ou des digues en enrochement ou tétrapodes.

Le but à atteindre est d'éviter la dégradation importante de la côte en s'opposant à l'attaque frontale de la houle. Ces dispositifs sont installés pour protéger les implantations imprudemment implantées trop près de la mer (cas de la cité Stamboul).

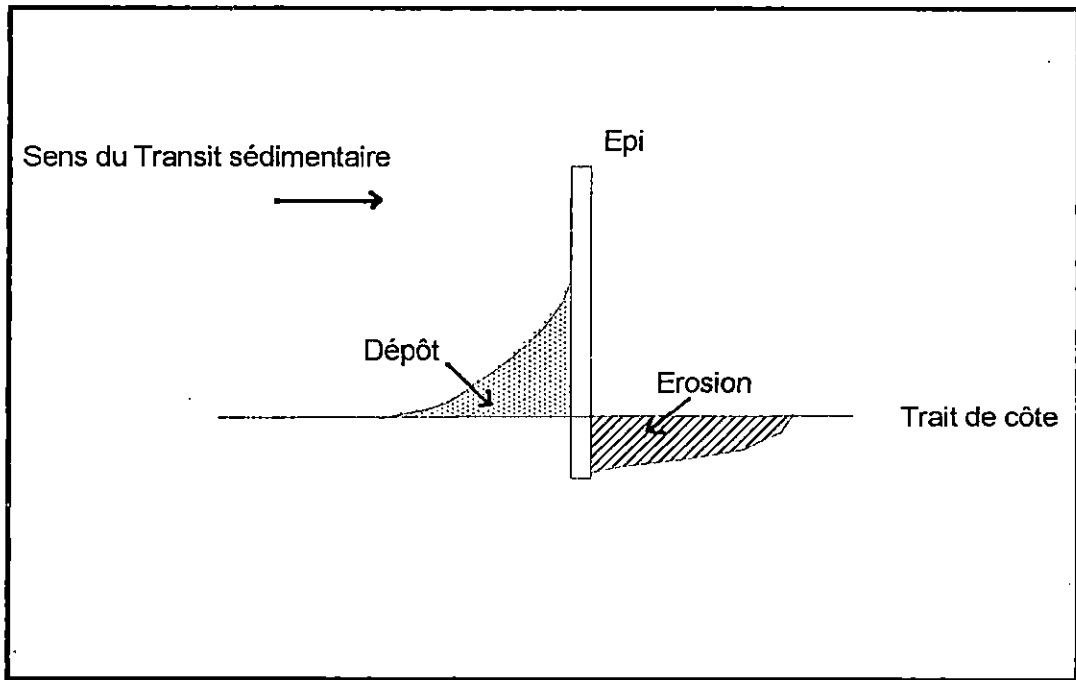


Fig n° 01 : Mode de fonctionnement d'un épi

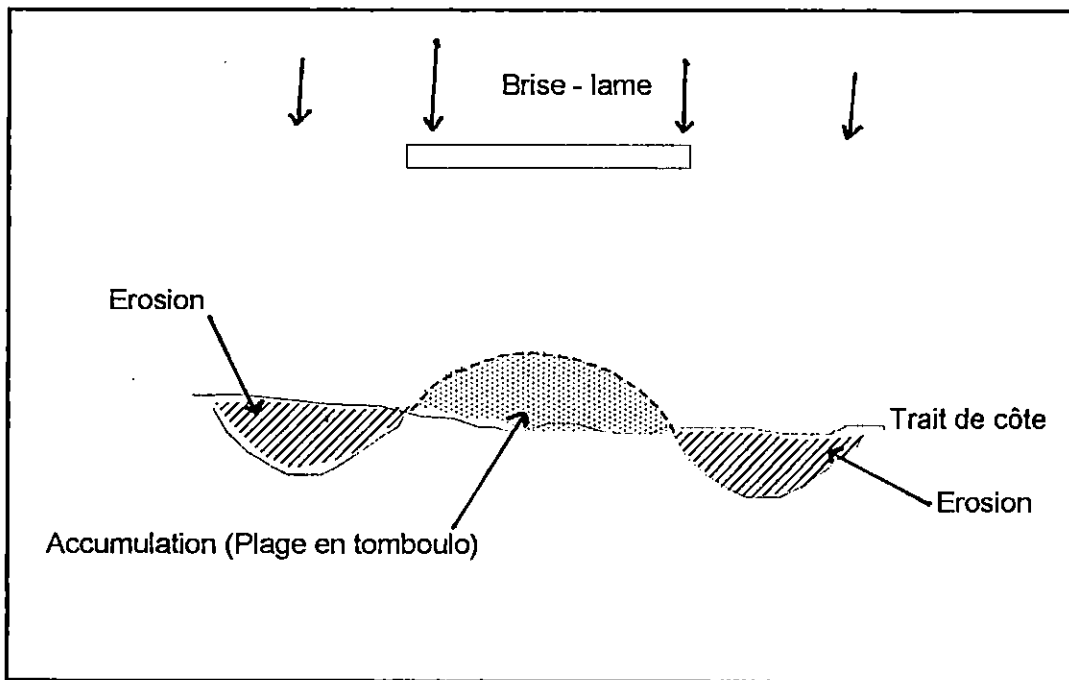


Fig n°02 : Mode de fonctionnement d'un brise - lame

Inconvénients :

- Leur forte pente les rendent très réfléchissant.
- La concentration de l'énergie au pieds de l'ouvrage augmente l'effet érosif par le phénomène de « *Clapotis* ».
- Dénature le site (aspect paysagique).
- L'expérience montre qu'ils assurent mal leur rôle de défense lors des tempêtes exceptionnelles (R. PASKOFF, 1981).

* Protection au large (Fig. n ° 02) :

Elle est représentée par les brise-lames. Ce sont des ouvrages émergés ou immergés. Ils absorbent l'énergie de la houle, évitant ainsi la déperdition des matériaux vers le large.

A l'abri du brise-lames, une zone calme se crée, ce qui affaiblit l'énergie de la houle dans cette zone. Le transit littoral est intercepté, et provoque une accumulation sur le fond = Plage en tomboulo.

De même que les épis, les brise-lames peuvent être implantés en série.

Inconvénients :

- * Leur profondeur d'implantation, leur hauteur et leur distance du rivage sont très difficiles à déterminer.
- * Ils déclenchent des poches d'érosion à l'aval des transits littoraux dominants, provoquant ainsi le recul du trait de côte, d'où une menace sur les constructions voisines (routes, complexes touristiques, etc...).
- * Perturbation du transit dans le profil de la zone protégée, d'où la difficulté de prévoir l'évolution du fond au delà de l'ouvrage , car en cas de l'élévation du fond, les caractéristiques de la houle du projet peuvent se modifient.
- * Le ralentissement des échanges entre la zone sous-abri et le large augmente le temps de régénération des masses d'eaux (problème de pollution).
- * La dysharmonie du paysage.

* Le rapport coût-avantage n'est pas intéressant.

2. Les ouvrages de défense souples : Méthodes dynamiques :

En raison des critiques de plus en plus argumentées dont fait l'objet les ouvrages de défense lourds de nouvelles méthodes moins traumatisantes sont préconisées pour la protection des plages.

a. L'alimentation artificielle des plages :

Le principe consiste à contrecarrer le démaigrissement et le recul d'une plage par une alimentation artificielle en sables, en graviers ou en galets. Il s'agit d'une méthode douce qui, en corrigeant un déficit sédimentaire, s'attaque à l'origine du mal principal qui ronge le rivage, sans perturber, comme le font les ouvrages de défense de la mer, le jeu naturel des processus dynamiques littoraux.

Des préalables sont requis pour qu'une entreprise d'alimentation artificielle d'une plage soit un succès :

* Il faut d'abord trouver une source, proche et aisément accessible, des sédiments en quantité suffisante et de qualité adéquate. Il est recommandé de recourir à un matériel d'une granulométrie un peu plus grossière que celle du matériel originel car, si elle est trop grossière, la pente de la nouvelle plage sera plus forte, donc plus réfléchissante, d'où un enlèvement plus rapide des sédiments sur l'estran.

* Une simulation en modèle réduit dans un laboratoire peut contribuer à la bonne réussite de la procédure.

* La période de rechargement est déterminante, un rechargement de printemps résiste mieux qu'un rechargement d'automne qui va subir sans retard les assauts des tempêtes de l'hiver (R. PASKOFF, 1992).

* Ne pas répandre directement le matériel sur la plage que l'on souhaite engraisser. Il est préférable de le déverser périodiquement à l'amont de la dérive littorale qui affecte le rivage, ceci pour que sa répartition se fasse aussi naturellement que possible.

b. La sauvegarde des dunes bordières :

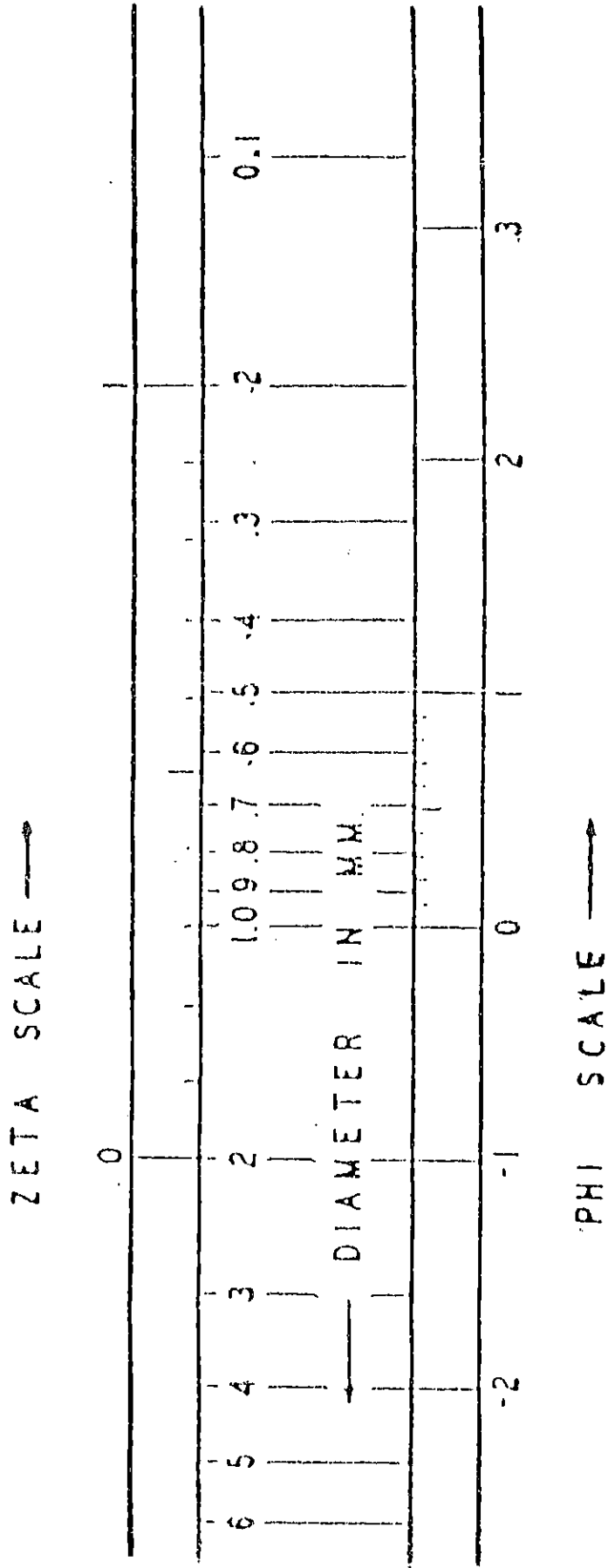
Souvent, l'érosion accélérée des plages est une conséquence directe de la destruction de la dune bordière, pièce essentielle de leur défense naturelle, car elle constitue à la fois une réserve en sable et un pare-chocs lorsque déferlent les vagues destructives. Il importe donc de la conserver dans son intégrité.

Mais, une fois endommagée sous l'effet des piétinements, le camping ou l'extraction de son sable, la dune bordière doit être restaurer.

Le principe consiste à la mise en place d'écrans semi-perméables (Clayonnage de bois, filets de nylon) qui piègent le sable en transit.

Des espèces psammophiles au rôle fixateur sont implantés et, progressivement la dune se réédifie.

Pour éviter les piétinements des barrières interdisent l'accès des secteurs sensibles et des cheminements obligés, parfois équipés de caillebotis sont aménagés.



LISTE DES ORGANISMES ET DES INSTITUTIONS CONSULTES

- 1- Assemblée Populaire Communale (A.P.C.) de Bordj El-Kiffan.
- 2- Agence National des Barrages (A.N.B.)
- 3- Centre National d'Etudes et de Recherches en Intégrés du Bâtiment (C.N.E.R.I.B.)
- 4- Centre National d'Etude et de Recherche en Urbanisme (C.N.E.R.U.)
- 5- Direction Générale de l'Environnement (D.G.E.)
- 6- Direction d'Hydraulique de la Wilaya d'Alger (D.H.W.A.).
- 7- Direction du Tourisme et de l'Artisanat (D.T.A.)
- 8- Institut National d'Agronomie (I.N.A.)
- 9- Institut National de Cartographie (I.N.C.)
- 10- Inspection de l'Environnement du Gouvernorat du Grand Alger.
- 11- Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (I.S.M.A.L.)
- 12- Laboratoire des Etudes Maritimes (L.E.M.)
- 13- Office National de Météorologie (O.N.M.)
- 14- Office National de Statistique (O.N.S.)
- 15- Subdivision d'Urbanisme de Construction et d'Habitat (S.U.C.H.)
- 16- Université des Sciences et de Technologies Houari Boumédiène. (U.S.T.H.B.)
 - Institut de Géologie
 - Institut des Sciences de la Terre (I.S.T.)