

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 :

**ETUDE MORPHOSEDIMENTAIRE ET PERSPECTIVES
D'AMENAGEMENT DE LA PLAGE OUEST DE
MAZAFRAN (COLONEL ABBES)**

Jury :

Président : M^r BELKESSA R
Promoteur : M^r BENTELLIS A.
Examineurs : M^r BOUTIBA M.
Examineurs : M^r LARID M^{ed}

Présenté par :

M^r DJEMA FARID

Année Universitaire 1996/1997

REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, il m'est agréable de remercier :

Mr A. BENTELLIS, mon promoteur, pour tous ses efforts et son soutien, je tiens à lui exprimer mon entière reconnaissance.

Tous les membres du jury qui ont accepté d'examiner ce mémoire, particulièrement Mr R. BELKESSA, pour ses nombreux conseils et orientations.

Mes remerciements les plus sincères vont aussi à M. HADDAD de la direction du tourisme de la Wilaya de TIPAZA.

Mes remerciements vont aussi à Mr BELLAHRECHE pour la frappe et à tous mes amis qui m'ont soutenus.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
---------------------------	-----------

Chapitre 1: GENERALITES.

I- Cadre géographique.	02
I.1. Situation de la baie de Bousmail.....	
I.2. Situation de la zone d'étude.....	02
I.3. Environnement actuel du site.....	02
II- Cadre géologique.....	04
II.1. Contexte géologique régional :.....	04
II.1.1. Le massif d'Alger.....	04
II.1.2. Le Sahel.....	04
II.1.3. Le massif de Chenoua.....	04
II.1.3. La plaine de la Mitidja.....	06
II.2. Contexte géologique local.....	06
II.2.1. Les terrains tertiaires.....	06
II.2.2. Les terrains quaternaires.....	06

Chapitre 2 : ENVIRONNEMENT HYDROCLIMATIQUE

I. Facteurs météorologiques et hydrologiques.....	10
I.1. Température.....	10
I.2. Précipitation.....	10
I.3. Hydrographie.....	12
I.3.1. Réseau hydrographique.....	12
I.3.2. Débit liquide.....	15
I.3.3. Les apports solides.....	15
I.3.4. Nature lithologique du bassin versant	18
I.3.5. Les aménagements hydrauliques.....	18
I.4. Conclusion :.....	21
II. Facteurs hydrodynamiques.....	21

II. 1. Les vents.....	21
II. 2. Les houles.....	24
II. 3. Les courants.....	28
II. 3.1. Les courants généraux.....	28
II. 3.2. Les courants côtiers.....	29
II. 3.2.1. Les courants de retours.....	29
II. 3.2.2. Les courants de la dérive littorale.....	29
II. 4. Conclusion.....	30

Chapitre 3 : APPROCHE MORPHODYNAMIQUE

I. Evolution du trait de côte.....	31
II. Les profils de la plage aérienne.....	34

Chapitre 4 : MORPHOLOGIE SOUS-MARINE ET HYDRODYNAMISME COTIER.

I. Morphologie sous-marine.....	38
I.1. Morphologie sous-marine régionale.....	38
I.2. La bathymétrie.....	38
I.2.1. Carte bathymétrique (1998).....	40
I.2.2. Carte bathymétrique (LEM, 1994).....	40
II. Dynamique de l'embouchure de l'oued Mazafran.....	40
III. Hydrodynamisme côtier.....	47
III.1. Etude de la réfraction.....	47
III.1.1. Plan de réfraction de direction Nord (N00°).....	48
III.1.2. Plan de réfraction de direction Nord-Est (N20°).....	48
III.1.3. Plan de réfraction de direction Nord-Ouest (N300°).....	48
III.2. Détermination des zones de haute énergie.....	52
III.3. Détermination du sens du transit sédimentaire.....	56

Chapitre 5 : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

I. Introduction.....	58
II. Analyse granulométrique.....	58
II.1. Exploitation des résultats.....	58

II.2. Mode de transport des sédiments.....	63
II.3. Résultats et interprétation.....	64
II.3.1. La plage sous-marine.....	64
II.3.2 La plage aérienne.....	80
III. Calcimétrie.....	81
III.1. Méthodologie.....	81
III.2. Interprétation des résultats.....	82
IV. Morphoscopie.....	84
IV.1. Résultats et interprétation.....	84
IV.1.1 Nature du sédiment.....	85
IV.1.2. La couleur du grain de quartz.....	85

**Chapitre 6: LES IMPACT ANTHROPIQUE ET PERSPECTIVE
D'AMENAGEMENT.**

I. Les impacts anthropiques.....	87
I.1 Evolution de l'occupation du site.....	87
I.2. Estimation théorique de l'érosion dunaire.....	87
I.3. Pollution.....	89
II. Principes de protection et d'aménagement du rivage.....	91
II.1. Les mesures conservatoire de la dune bordière.....	92
II.2. Lutte contre la pollution du rivage.....	92
III. Proposition d'aménagement.....	93
III.1. Variante 1.....	93
III.2. Variante 2.....	95
Conclusion générale.....	97

Bibliographie.

Annexe.

Liste des tableaux.

Tableau n°01 : Moyennes mensuelles de la température dans la région de Bou-Ismaïl (1983 à 1986).....	10
Tableau n°02 : Moyennes mensuelles des précipitations relatives à Fouka Marine (1987- 1997).....	12
Tableau n°03 : Caractéristiques des sous bassins versant du Mazafran.....	14
Tableau n°04 : Apport liquide et solide moyen de l'Oued Mazafran (1979- 1989)..	17
Tableau n°05 : Fréquence mensuelle par direction des houles au large (un mois correspond à 100%).....	27
Tableau n° 06 : Relation amplitude- direction.....	28
Tableau n° 07 : Relation amplitude - période (au large).....	28
Tableau n° 08 : Taux de carbonate dans les sédiments.....	82
Tableau n° 09 : résultats d'analyse d'eau de l'oued Mazafran (1992- 1993).....	89

Liste des figures.

Fig. 01: Carte de localisation de la zone d'étude.....	03
Fig. 02: Carte de la géologie régionale.....	05
Fig. 03: Carte géologique de la région de Mazafran.....	07
Fig. 04: Esquisse géologique de la falaise de Douaouda marine.....	09
Fig. 05: Histogramme des moyennes mensuelles de la température pendant la période (1983-1986) (Station climatique de Tipaza).....	11
Fig. 06: Histogramme de l'évolution des moyennes mensuelles des précipitations pendant la période (1987-1997) (Station de Fouka-marine).....	11
Fig. 07: Carte des sous bassins versants.....	13

Fig. 08: Histogramme des débits liquides et des apports moyens annuels de l'Oued Mazafran (1969-1995).....	16
Fig. 09: Histogramme des débits solides moyens et des apports moyens annuels de l'Oued Mazafran (1979-1989).....	16
Fig. 10: Carte géologique du bassin versant du Mazafran.....	19
Fig. 11: Carte des aménagements hydrauliques du bassin du Mazafran.....	20
Fig. 12: Rose récapitulatives annuelles des directions du vent, station Cap Caxine(1990-1992).....	22
Fig. 13: Roses trimestrielles et annuelles des vents au large (U.S.N.W.S.) (1963-1970).....	23
Fig. 14: Rose récapitulatives saisonnière et annuelles des fréquences d'apparition des houles au large.....	26
Fig. 15: Evolution du trait de cote de la plage Ouest du Mazafran (1959-1997).	32
Fig. 16: Trait de cote actuel et positionnement des profils aériens de la plage Ouest du Mazafran.....	35
Fig. 17: Profils aériens de la plage Ouest du Mazafran.....	36
Fig. 18: Profils aériens de la plage Ouest du Mazafran.(suite).....	37
Fig. 19: Morphologie sous-marine régionale (Douaouda marine - Sidi-Fredj).....	39
Fig. 20: Carte bathymétrique de la plage Ouest du Mazafran (1998).....	41
Fig. 21: Morphologie du fond de la plage Ouest du Mazafran (Vue en 3 dimensions), (1998).....	42
Fig. 22: Carte bathymétrique de la plage Ouest du Mazafran (L.E.M., 1994)...	43
Fig. 23: Morphologie du fond de la plage Ouest du Mazafran (Vue en 3 dimensions), (L.E.M., 1994).....	44
Fig. 24: Variation saisonnière de l'embouchure de l'Oued Mazafran (Croquis indicatifs).....	46
Fig. 25: Plan de réfraction de direction Nord (N00°).....	49
Fig. 26: Plan de réfraction de direction Nord-Est (N20°).....	50
Fig. 27: Plan de réfraction de direction Nord-Ouest (300°).....	51
Fig. 28: Aires de réfraction de direction Nord (N00°).....	53
Fig. 29: Aires de réfraction de direction Nord-Est (N20°).....	54
Fig. 30: Aires de réfraction de direction Nord-Ouest (N300°).....	55

Fig. 31: Schéma de reconstitution de la dynamique sédimentaire dans la plage Ouest du Mazafran.....	57
Fig. 32: Carte de positionnement des prélèvements sédimentaires sous-marins dans la zone d'étude.....	59
Fig. 33: Méthode d'analyse granulométrique.....	60
Fig. 34: Courbes représentatives des différents modes granulométriques.....	62
Fig. 35: Répartition des pelites, taille < 53µm.....	65
Fig. 36: Histogramme des fréquences d'apparition des modes granulométriques des échantillons sous-marins.....	67
Fig. 37: Carte de répartition de la classe modale I (40 µm - 100 µm).....	68
Fig. 38: Carte de répartition de la classe modale II (100 µm - 200 µm).....	70
Fig. 39: Carte de répartition de la classe modale III (200 µm - 2000 µm).....	72
Fig. 40: Carte de répartition des moyennes granulométriques.....	73
Fig. 41: Carte de répartition des de l'indice de classement.....	75
Fig. 42: Carte de répartition des de l'indice d'asymétrie Ski.....	77
Fig. 43: Carte du décile supérieur (P ₉₀).....	78
Fig. 44: Diagramme de PASSEGA.....	79
Fig. 45: Carte de répartition des carbonates.....	83
Fig. 46: Plan d'occupation du littoral du Mazafran (à partir de la photo-aérienne de 1997).....	88
Fig. 47: Carte différentielle de l'érosion dunaire.....	90
Fig. 48: Plan d'aménagement selon la variante 1 et 2	96

INTRODUCTION

Le littoral est une zone d'activité intensive, il est composé de systèmes interactifs multiples : marins, terrestres et fluviaux, les changements en un point d'une quelconque partie de ces systèmes, sont susceptibles de provoquer des réactions en chaîne bien plus loin de leur point d'origine, les conditions environnementale seront altérées en conséquence.

La plage Ouest du Mazafran, un site touristique par excellence est de plus en plus sollicitée par les estivants, la compétition pour l'allocation et l'utilisation de ces ressources naturelles ont précipiter la dégradation de son environnement.

La surexploitation, l'extension urbaine, la dégradation du milieu dunaire en sont quelque exemples.

Ce site qui reste alimenté en majorité par les apports de l'Oued Mazafran subit en contre partie la pollution véhiculée par ce même cours d'eau qui reste le principal récepteur du rejets des activités développées dans son bassin versant.

Il est évident que la connaissance de la dynamique générale d'un site côtier reste indispensable avant tout aménagement et c'est dans ce contexte que s'inscrit ce présent travail. Ce dernier présente une reconnaissance générale de la plage Ouest du Mazafran basée sur une approche morphosédimentaire.

L'identification des mécanismes hydrosédimentaire côtiers et l'influence de l'impact anthropique sur l'environnement côtier permettra par la suite d'établir des propositions d'aménagements.

Ainsi notre approche méthodologique s'articule sur les étapes suivante :

- Reconnaissance du point de vue géologique.
- Etude des facteurs hydro-climatiques.
- Caractéristiques du bassin versant.
- Approche morphosédimentologique.
- Identification des nuisances et impact anthropiques.

Chapitre 1.

GENERALITES

GENERALITES

I. Cadre géographique :

I.1. Situation de la baie de Bou-Ismaïl :

La baie de Bou-Ismaïl (ex : catiglione) est l'une des plus importantes de la côte Algérienne, située à l'Ouest d'Alger.

la baie est orientée Sud-Ouest à Nord-Est, délimitée par Ras-Acrata à l'Est, le mont Chenoua à l'Ouest, la plaine de la Mitidja au Sud et la Méditerranée au Nord.

Son ouverture est de l'ordre de 40 km et sa surface est de 350 km².

La zone choisie pour l'étude se situe dans la partie orientale de cette baie.

I.2. Situation de la zone d'étude (Fig n° 01) :

Notre zone d'étude se trouve dans la commune de Douaouda située à 30 km à l'Ouest d'Alger.

Elle s'étend sur une bande littorale d'environ 2,3 km représentant un site côtier limitrophe d'une zone d'embouchure, celle de l'Oued Mazafran, délimitée à l'Ouest par ce dernier, à l'Est par l'agglomération de Douaouda marine, au Nord par la mer Méditerranée et enfin au Sud par les terres agricoles bordant la route nationale n° 11.

Le site d'étude a pour coordonnées géographiques :

- Longitude Est : 02° - 46' - 20" et 02° - 48' - 15"

- Latitude Nord : 36° - 41' - 08" et 36° - 42' - 47"

I.3. Environnement actuel du site:

Constituant un espace côtier très convoité, la plage du Mazafran connaît depuis quelque années un flux d'estivants de plus en plus important. Ces besoins touristiques se sont traduits par l'occupation du linéaire côtier par diverses installations (hôtels, Bungalow, route...).

2° 47' 30"

36° 42' 30"

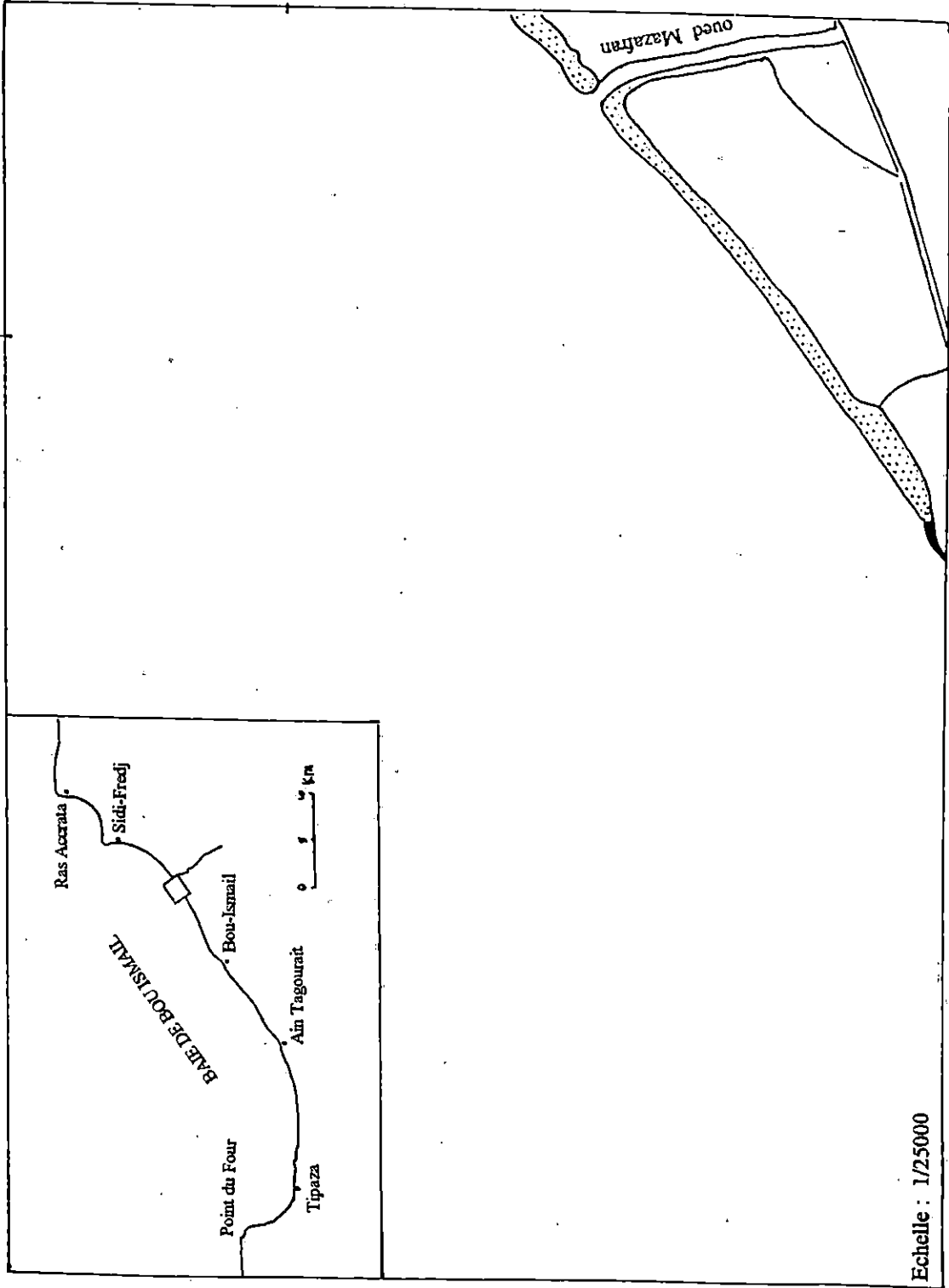


Fig n°01 : Carte de localisation de la zone d'étude.

L'expansion de ces équipements qui s'est fait au détriment des dunes bordières accélérera un processus de dégradation déjà entamé par les extractions illicites du sable.

II. Cadre géologique :

II.1. Contexte géologique régional :

Pour une meilleure appréciation du contexte géologique de notre zone d'étude et partant du fait qu'elle est indissociable du mouvement régional global, il est intéressant de se pencher sur les formations géologiques qui composent la baie de Bou-Ismaïl, cette dernière fait apparaître quatre grands ensembles (Fig. n°02) :

II.1.1. Le massif d'Alger :

C'est un élément du socle de la zone interne des Berberides (D. DELGA, 1969 *in* D. BRAIK, 1989). Il est constitué par un complexe crystallophylien de gneiss, schistes et micaschistes qui réapparaît à la presqu'île de Sidi-Fredj comme témoin de la nature du substratum marin dans la zone côtière.

II.1.2. Le Sahel :

C'est un bourrelet à structure anticlinal orienté Est-Ouest séparant, parallèlement à la côte, la plaine de la Mitidja de la mer, il constitue une limite continue depuis l'Oued Nador à l'Ouest jusqu'à l'Est d'Alger. La cluse du Mazafran interrompt sa continuité.

Le Sahel est formé par des terrains d'âge ^{m p w} Mio-Plio-Quaternaire, de marnes bleues ou grises recouvertes, localement, par des couches gréseuses ou sableuses.

II.1.3. Le massif de Chenoua :

Le massif de Chenoua culmine à 905m d'altitude, témoin de la chaîne Kabyle, renferme des séries métamorphiques très localisées qui affleurent sur le bord littoral du môle à la faveur d'un décrochement d'âge éocène, lutetien terminal (D.BELHAI, 1988).

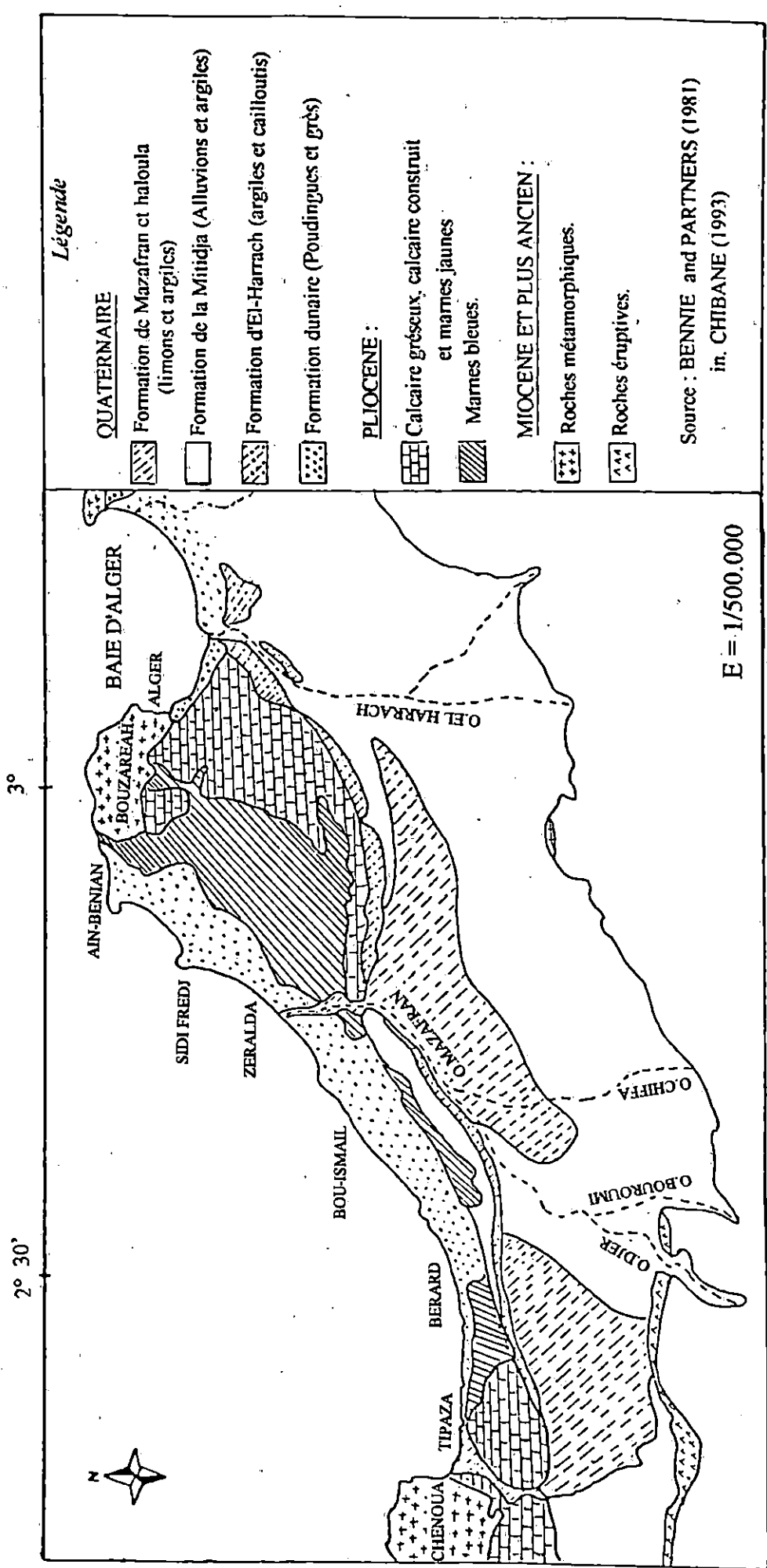


Fig n° 02 : Carte géologique régionale.

Sur le versant oriental du Chenoua affleure à + 100m d'altitude, une lumachelle d'un mètre d'épaisseur rapporté au sicilien, indiquant la surrection continue de ce massif (N.SAOUDI, 1982).

II.1.4. La plaine de la Mitidja :

La plaine de la Mitidja est limitée au Nord par l'anticlinal Sahélien et au Sud par l'Atlas Blideen. Elle constitue une dépression synclinale d'orientation général WSW-ENE, dans laquelle sont accumulées les formations néogènes et quaternaires.

II.2. Contexte géologique locale : (Fig n°03)

Le versant Nord du Sahel a été façonné en gradins par la mer au cours de ces variations successives entre la fin de l'ère tertiaire et l'ère quaternaire, ces derniers constituent les principales formations, dont date notre région.

D'après la carte géologique de Koléa (E.FICHEUR, 1911) on distingue :

II.2.1. Les terrains tertiaires :

Ceux-ci sont représentés par des formations mio-pliocène constituées de sable, ainsi que de grès dunaire qui en se désagrégant en surface, donnent naissance à un sable rougeâtre très abondant, occupant le versant Est et Nord du Sahel de Koléa, le substratum général de ce dernier est constitué par une formation marneuse correspondant à une plate forme argileuse (A.AYME, 1944).

II.2.2. Les terrains quaternaire :

Ces formations caractérisent la frange côtière de notre région et sont représentées par :

a) Les alluvions fluviales :

- Les alluvions récentes : Formant le lit moyen de l'Oued Mazafran, ils correspondent à des limons gris et des argiles noires.

Fig n° 03

CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DU MAZAFRAN

Légende :

LES TERRAINS QUATERNAIRES

- Alluvions actuelles
- Dunes actuelles
- Alluvions récentes
- Alluvions anciennes
- Grès et sables de Zeralda
- Grès et sables de Castiglione
- Grès à hélices

LES TERRAINS TERTIAIRES

- Grès Carténiens
- Argiles Sahéliennes
- Marnes du Carténién
- Grès et sables du plateau de Fouka



Source : Carte géologique de
 Koléa d'après E. FICHEUR, 1911
 Echelle : 1/35000

- Les alluvions actuelles : elles proviennent du lit de débordement de l'Oued Mazafran formant deux lentilles de part et d'autre de la plage.

b) Les dépôts sableux :

- Les formations dunaire actuelle : occupant une bande d'une longueur de 1,5km.

- Les plages : sont constituées de dépôts à granulométrie variable mais de composition relativement constante (C.DEGIOVANNI, 1973).

c) La falaise de Douaouda marine : (fig n°04)

L'esquisse géologique inspiré du mémoire de (S.BOUGUEROUA ; S.DEKKAR, 1996) révèle du haut en bas les formations suivantes :

- Dunes consolidées et grésifiées, se localisant à plus de 15 m d'altitude, ce sont des formations très dures avec une épaisseur moyenne de 60 cm.

- Conglomérat marin.

- Croûte calcaire et sols rouges.

- Calcaire gréseux à la base.

Conclusion :

La géologie locale est constituée essentiellement de terrains tertiaires et quaternaires :

Dépôt marneux, argileux, caillouteux, sableux et alluvionnaires. Le versant Nord du Sahel apparaît sous l'aspect d'un talus étagé disposé en gradin, chaque gradin correspond à une terrasse.

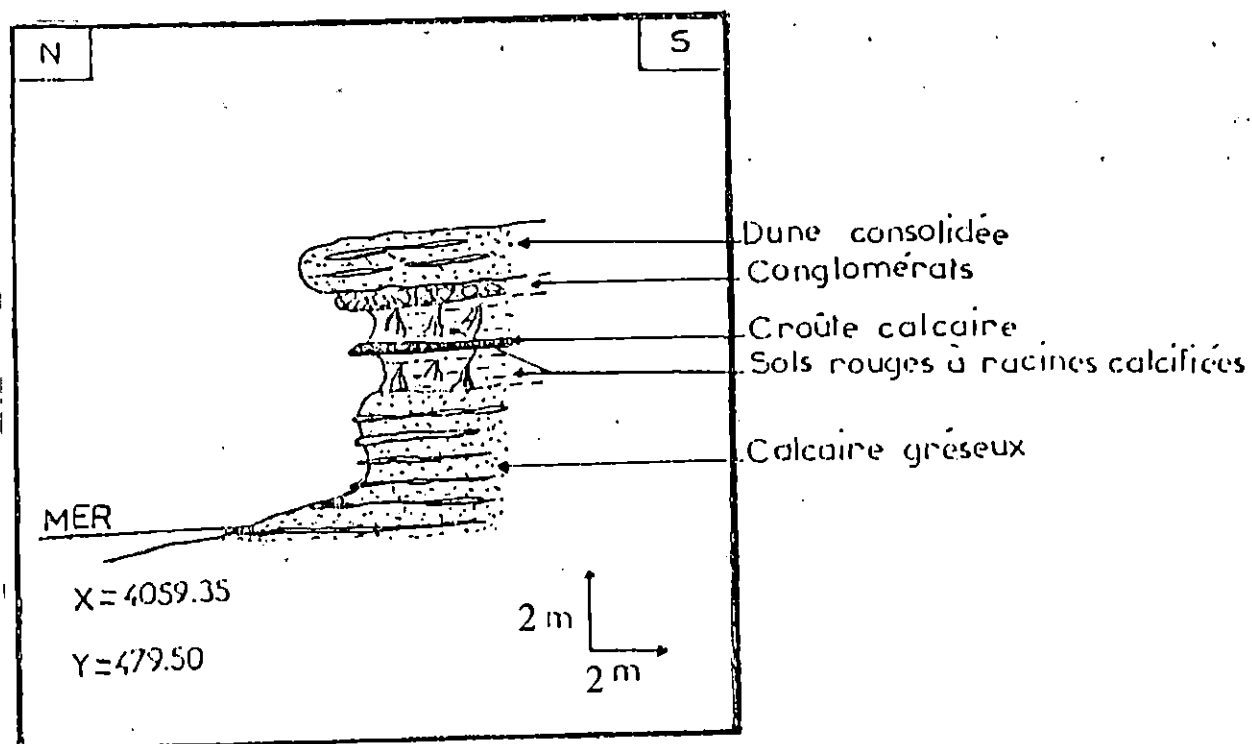


Fig. n°04: "Esquisse de la coupe géologique de la falaise de Douaouda marine."

(D'après S. BOUGUEROUA; S. DEKKAR, 1996)

Chapitre 2.

***ENVIRONNEMENT
HYDROCLIMATIQUE***

ENVIRONNEMENT HYDROCLIMATIQUE

I. Facteurs météorologiques et hydrologiques :

Le Nord Algérien est régi par un climat à régime méditerranéen, caractérisé par la concomitance de deux saisons nettement contrastées.

De part son exposition aux influences marines adoucissantes, c'est un climat maritime qui règne sur l'aire d'étude avec des hivers humides et des étés remarquablement tempérés.

I.1. Température :

Les données concernant les températures sont consignées dans le tableau n°01

Tableau n°01 : "Moyennes mensuelles de la température dans la région de Bou-Ismaïl (1983 à 1986) (station climatique de Tipaza)".

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Dec.	Moy. annu.
Température moy (°C)	11,7	11,7	13,0	16,2	18,0	21,4	25,1	25,6	23,9	20,1	16,5	13,11	18,11

La figure n°05, montrant l'histogramme des moyennes mensuelles de la température fait ressortir deux périodes :

- Une période relativement froide allant de décembre à mars avec un minimum enregistré en janvier et février (11,7°).
- Une période chaude couvrant les autres mois de l'année avec un maximum enregistré au mois d'Août (25,6°).

I.2. Pluviométrie :

Les données pluviométriques ont été recueillis auprès de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H) prises au niveau de la station de Fouka Marine et concernant une période de onze ans (1987- 1997).

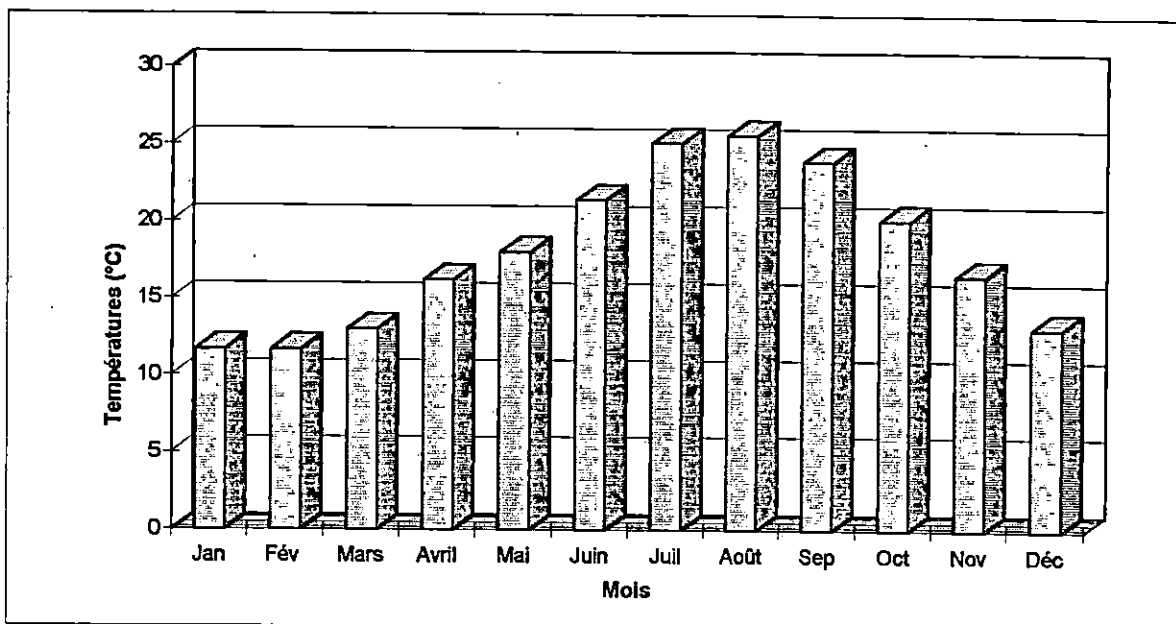


Fig n°05 : Evolutions des moyennes mensuelles de la température (1983-1986)
(Station climatique de Tipaza)

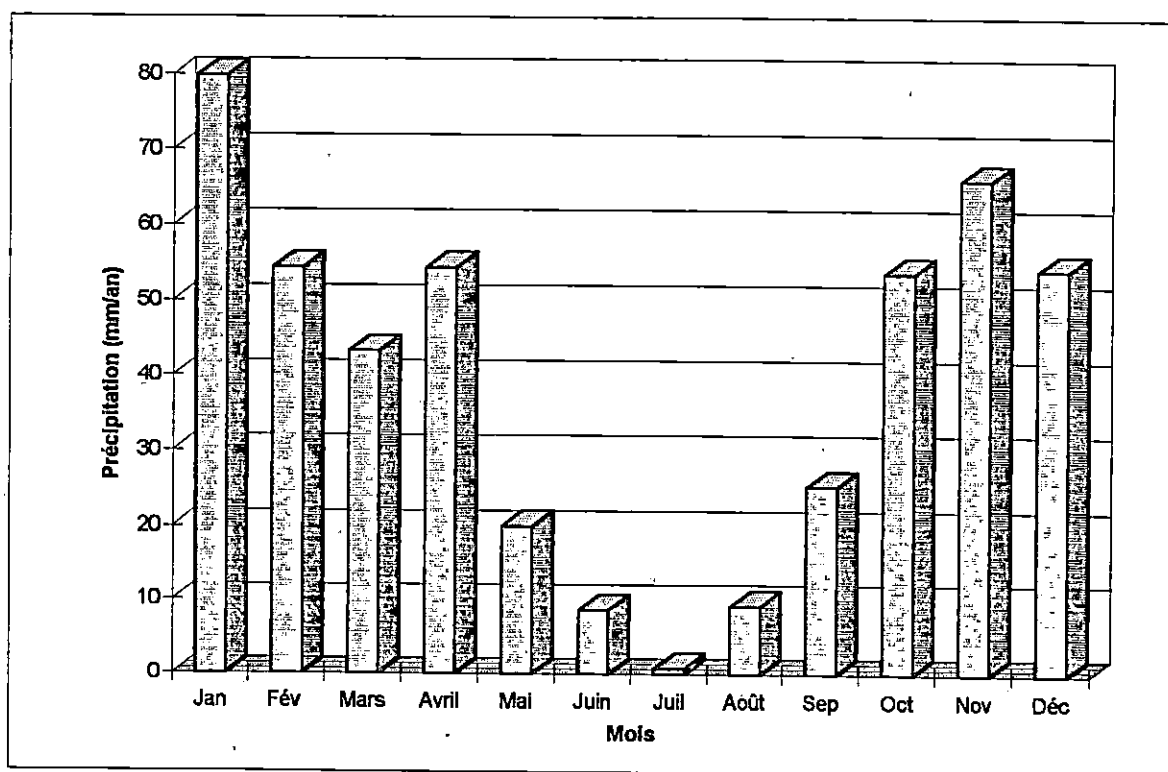


Figure N°6 : Histogramme de l'évolution des moyennes mensuelles des précipitations
(1987-1997) (Station de Fouka marine)

• L'analyse de ces données montre une pluviométrie moyenne annuelle de 470mm (tableau n°02).

Tableau n°02 : "Moyennes mensuelles des précipitations relatives à Fouka Marine (1987- 1997)".

Mois	Sept	Oct.	Nov	Dec.	Jan.	Fev.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aoû	Moy. annu
Précipitation (mm)	25,39	53,73	66,1	54,18	79,86	54,39	43,41	54,41	20,08	8,69	0,76	9,21	470,03

Source : (ANRH)

- Les plus fortes précipitations se concentrent durant la période allant d'octobre à avril, totalisant 86% de la pluviométrie moyenne annuelle.

- Les données regroupées permettent d'établir un histogramme d'évolution des moyennes mensuelles des précipitations (fig. n°06), l'analyse de ce dernier montre que d'une façon générale le régime des pluies dans la région du Mazafran obéit au cycle méditerranéen caractérisé par son irrégularité et l'alternance de deux saisons distinctes.

I.3. Hydrographie :

Le gros des matériaux rencontrés sur les plages est d'origine terrigène et à cet égard, les apports des cours d'eau sont les plus substantiels (R.PASKOFF, 1981). Par conséquent avant d'entamer les études sur la répartition de ces sédiments terrigènes, il est nécessaire d'identifier la nature du bassin versant.

I.3.1. Le réseau hydrographique :

Le réseau Hydrographique du bassin versant du Mazafran est subdivisé selon l'A.N.R.H.⁽¹⁾ en quatre sous bassins versant:

Chiffa, Djer, Bouroumi et le bassin intermédiaire du Mazafran, l'ensemble des écoulements de ce bassin se dirigent vers la cluse du Mazafran (voir carte n°07).

(1) Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

Les caractéristiques des sous bassins versant du Mazafran sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau n°03 : "Caractéristiques des sous bassins versant du Mazafran".

Bassin versant / Caractéristique	Bassin Oued Djer	Bassin Oued Bou-Roumi	Bassin Oued Chiffa	Bassin inter-médiaire	Bassin Totale
Surface	420	250	500	700	1900
Périmètre	16	107	123	174	420
Longueur du bassin	45	41	51	31	75
Longueur de l'Oued	54	47	62	36	92
Altitude Max.	1530	1386	1629		1629
Pente moyenne de l'Oued (%)	0,610	0,700	0,840	0,061	0,600

Source : A.N.R.H.

Tous les Oueds du bassin versant sont des torrents et se dirigent perpendiculairement à la côte.

a) *L'Oued Mazafran* : Cet Oued tire son nom de la couleur de ces eaux El-Ma-Essafra (eau jaune), il constitue l'un des principaux cours d'eau de la Mitidja et le plus important débouchant dans la baie de Bou-Ismaïl.

Cet Oued est formé par la confluence de trois Oued secondaires, l'Oued Djer, Bou-Roumi et la Chiffa et reçoit comme affluent l'Oued Fatis.

L'Oued Mazafran franchit l'obstacle du Sahel par la cluse du Mazafran sur 10 km selon un axe N.N.E. en formant une série de méandres pour déboucher dans la mer Méditerranée.

L'Oued Bou-Roumi et l'Oued Djer prennent naissance dans la flan Nord du Djebel Ghanntas et le Djebel Zaccar (Miliana) au S.W. de la Mitidja. L'Oued Chiffa, quant à lui, prend naissance au Nord de Médéa.

I.3.2. Débit liquide :

Notre étude est fondée sur les données fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H.) à partir de la station Fer à cheval.

Cette étude a permis d'établir un histogramme des débits liquides annuels pour une période comprise entre 1970 et 1995 (fig n°08); durant laquelle le bilan des écoulements annuels moyen de l'Oued Mazafran a été estimé à $6,7 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $213 \text{ hm}^3/\text{an}$. (annexe 01).

Il faut souligné que le régime d'écoulement de l'Oued dépend directement des fluctuations pluviométriques, où on constate qu'entre les mois de décembre à mai, l'Oued Mazafran écoule 85% de ces eaux.

La moyenne des observations effectués sur 26 ans montre que le régime hydrologique annuel de l'Oued Mazafran se divise en deux phases majeures :

- * Une phase de 6 à 7 mois d'écoulement notable (hiver-printemps) dont des crues soudaines et fortes.

- * Une autre phase de 5 à 6 mois d'écoulement nul ou d'étiage au cours de laquelle l'estuaire est fermé par une flèche sableuse mise en place par la dynamique côtière tangentielle résultante des dérives littorales (H.PAUC, 1994 *in* A. MOULFI, 1995).

I.3.3. Les apports solides :

En raison d'un bassin versant très vaste (1900 km^2), en période de crue l'Oued Mazafran recueille la majeure partie des eaux de ruissellement des régions montagneuses à très forte pluviométrie.

La charge solide transportée par l'Oued a été évaluée à sept millions de tonnes pendant la crue du mois d'avril 1954 (L.LECLAIRE, 1972).

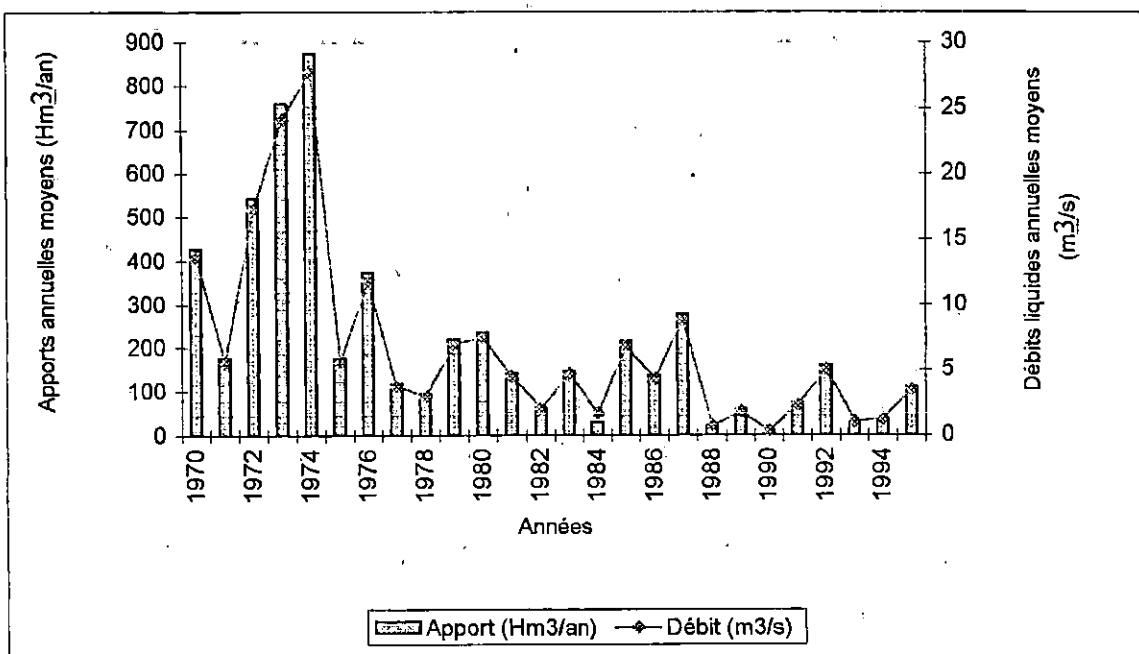


Figure 8 : Histogrammes des débits liquides et des apports moyens annuels de l'Oued Mazafran (1969-1995).

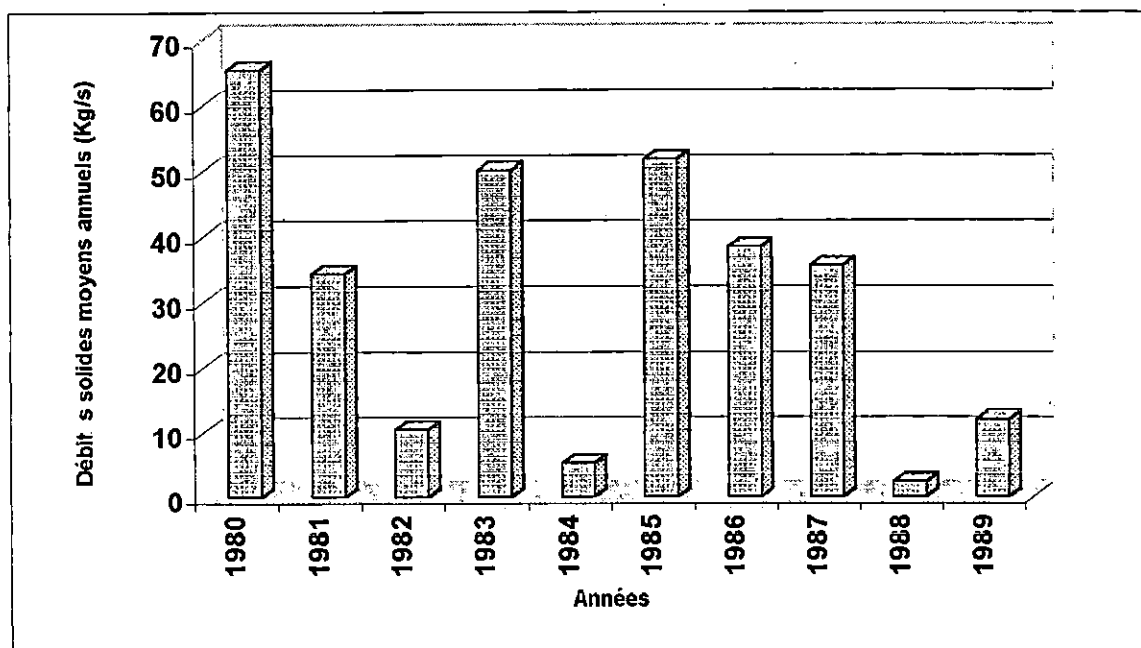


Figure 9 : Histogrammes des débits solides moyens annuels de l'Oued Mazafran (1979-1989).

Aït Kaci et Pauc (1982) soulignent l'irrégularité du régime hydrologique de l'Oued et notent que la quantité d'apport en suspension transporté varie largement dans le temps de quelque mg/l en période d'étiage à plus de 15g/l en période de crue.

La charge solide maximale observée dans les eaux du Mazafran est de 25g/l en octobre 1984 pour un débit journalier moyen de 337 m³ (H. PAUC, 1994 *in* A. MOULFI, 1995).

L'estimation des apports solides selon la formule de l'A.N.R.H. (annexe n°02) a permis d'obtenir le tableau suivant :

Tableau n°04 : "Apport liquide et solide moyen de l'Oued Mazafran (1979- 1989)".

Année	Apport liquide (Hm ³)	Apport solide (M.T)	Taux d'abrasion T/km ² /an
1979-1980	235,88	2,07	1089
1980-1981	142,32	1,08	568
1981-1982	63,83	0,33	174
1982-1983	148,25	1,58	832
1983-1984	31,53	0,10	53
1984-1985	216,02	1,63	858
1985-1986	136,89	1,21	637
1986-1987	278,46	1,21	589
1987-1988	24,06	0,08	42
1988-1989	58,31	0,38	200
Moy	133,50	0,958	504,2

Le tableau n°04, nous indique un taux d'abrasion moyen de l'ordre de 504,2T/km²/an, une charge solide moyenne de 9,58 MT, soit 0,958 MT/an (million de tonne) de matériaux en suspension. (Fig n° 9).

On note une nette diminution du débit solide de l'Oued Mazafran quand on sait que ce taux était de l'ordre de 3 MT/an pour la période (1947-1958) (L. Leclaire, 1972).

I.3.4. Nature lithologique du bassin versant :

Les formations géologiques observés dans le bassin versant de l'Oued Mazafran sont représentés par les unités, schisteuses d'âge paléozoïque aux alluvions quaternaires (fig n°10).

Les formations paléozoïque sont représentées par des schistes, des quartzites et des grès micacés (GLANGEAUD, 1932 ;BELHAI, 1987), alors que les formations mésozoïques constituent l'essentiel des unités telliennes et sont constituées par des calcaires, des grès, des marnes et des argiles.

Le pliocène est représenté au Nord où il constitue l'essentiel des formations du Sahel, alors que les formations quaternaires sont localisées dans le bassin de la Mitidja, où elle sont représentées par des alluvions et des argiles limoneuses.

I.3.5. Les aménagements hydrauliques :

Les travaux réalisés sur les fleuves ont réduit, parfois considérablement, leur rôle de pourvoyeur des côtes en matériaux solides, les barrages, en particulier représentent des pièges à sédiments très efficaces (R. PASKOFF, 1994).

Les aménagements hydrauliques dans le bassin versant du Mazafran sont mis en exergue dans la figure n°11.

Ainsi, auparavant l'écoulement moyen annuel de l'Oued Mazafran était estimé à 300 Hm³/an, après la construction du barrage El Moustakbel sur l'Oued Bouroumi, le solde disponible serait de 213 Hm³/an.




Selon la direction de l'hydraulique de la wilaya de Tipaza un projet est en cours pour la construction d'un barrage de compensation Douera-Mazafran et dont la capacité projeté est 100 Hm³/an, ce système consiste à une dérivation des eaux de l'Oued Mazafran vers la retenue de Douera.

Fig. n° 10:



CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU MAZAFRAN

LEGENDE


QUATERNAIRE

-  Alternance d'argiles et de graviers
-  formations à prédominance argileuses
-  formations dunaies consolidées


PLIOCENE

-  calcaires gréseux, calcaires construits
-  marnes et argiles bleues

MIOCENE

-  marnes et argiles


CRETACE

-  calcaires et schistes

PRIMAIRE

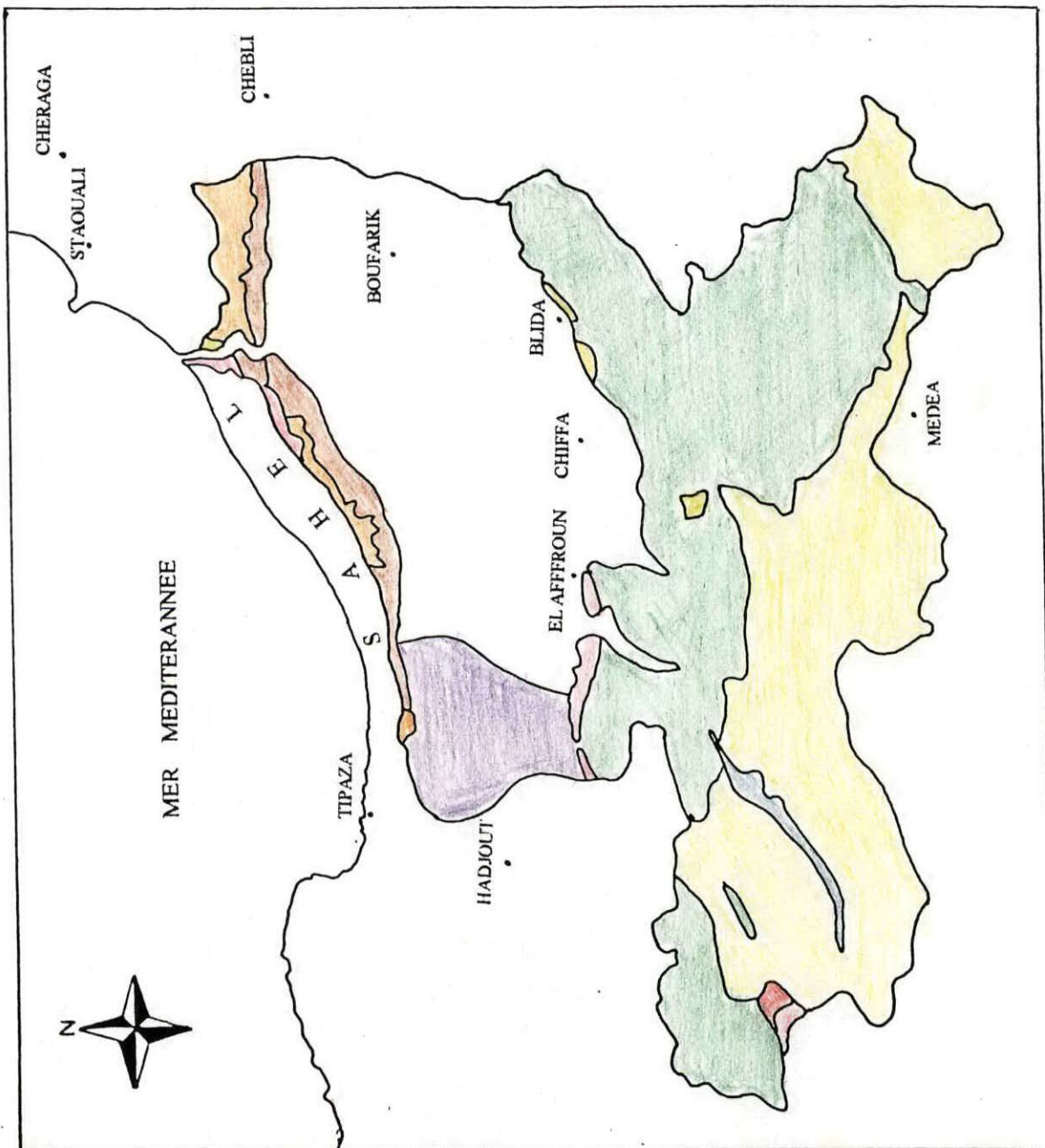
-  grès mi caccés, poudingues à matrice argileuse

ROCHES ERUPTIVES

-  andésites

ECHELLE: 0 — 5 km

source: carte hydrogéologique de la région d'Alger 1973



Il ressort ainsi que la diminution du débit liquide qui correspond à une diminution des apports solides aura des conséquences notables aussi bien sur le site d'étude que sur toute la partie orientale de la baie de Bou-Ismaïl.

I.4. Conclusion :

A travers la nature des formations reconnue dans la région côtière, il ressort une certaine analogie quant au type de dépôts observés en milieu marin. Ces dépôts sont représentés par les sables, les galets, les silts et les argiles.

L'origine des sables et silts est à rechercher dans les alluvions de la Mitidja, par contre l'origine des minéraux argileux est à rechercher dans les terrains mio-plio-quadernaire et les formations paléozoïques riche en schiste de l'arrière pays, ces formations sont lessivées par les érosions et transportées en suspension par l'Oued Mazafran (A.MOULFI, 1995).

Les travaux de H. PAUC, 1987 *in* D. BRAIK 1989 montrent qu'on période de crue de l'Oued Mazafran, la suspension fluviale est essentiellement argilo-quartzuse, ce cortège minéralogique présente une prédominance de l'illite, la Kaolinite et la chlorite.

II. Facteurs hydrodynamiques :

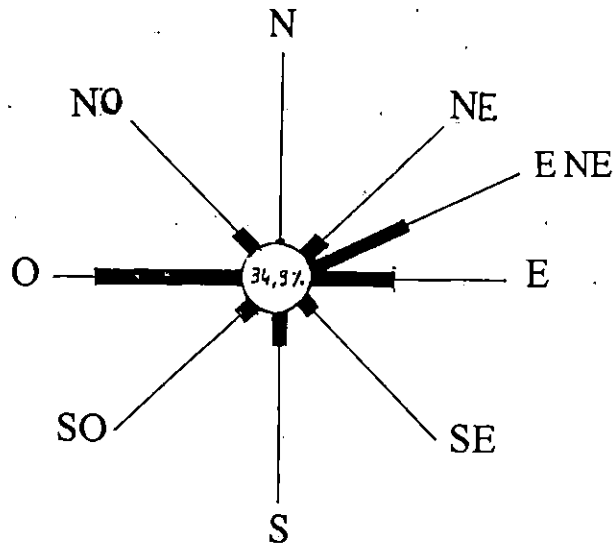
II.1. Les vents:

Les vents sont générateurs de houles et de courants superficiels, leur influence aussi bien sur les transports côtiers que sur les transports éoliens, jouent un rôle très important dans l'évolution géomorphologique des côtes (A. GUICHER, 1979).

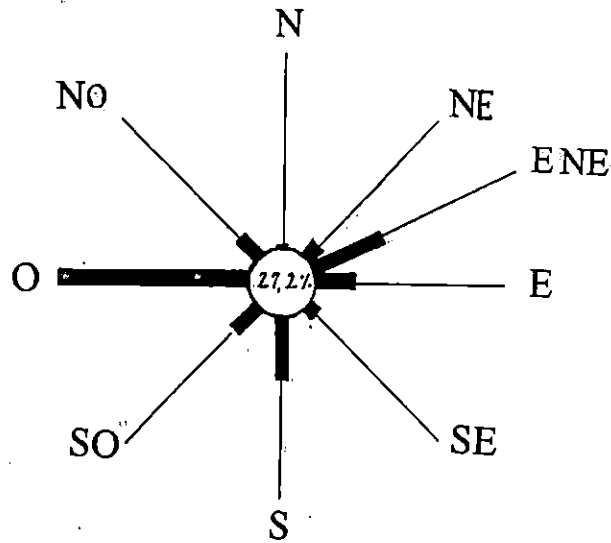
L'étude du régime des vents s'est effectué à partir de deux sources :

- La station météorologique de Cap Caxine pour la période (1990- 1992).
- Les observations de l'US-Naval- Weather Service pour la période (1963- 1970).

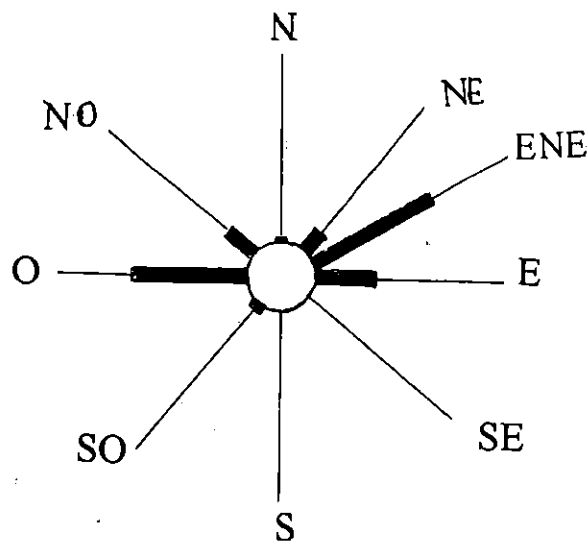
1990



1991



1992



0 10%

Fig n° 12 : Roses récapitulatives annuelles des directions du vent station Cap Caxine (1990 - 1992).
 Source : (B OULD HOCINE; S. HEDROUG, 1993)

a/ La station météorologique de Cap Caxine (1990- 1992) :

L'analyse statique des données de vent a été reprise du mémoire d'ingénieur de (B. OULD HOCINE ; S. HEDROUG, 1993), les données représentant les fréquences des vents suivant leur direction sont illustrées sous forme de roses de vent annuelles (fig.n°12).

L'analyse globale de ces résultats montre que les vents les plus fréquents soufflent des secteurs Ouest, Est-Nord-Est et Est.

X En période hivernale c'est les vents du secteur Ouest qui prédominent alors que la période estivale montre une prépondérance des vents Est-Nord-Est et Est.

A Il faut noter que ces résultats ^{mt}concorde avec ceux de la période (1974- 1984) pour la même station.

b/ Les observations du vent par l'U.S Naval Weather Service (1963- 1970) :

Ces données ont été recueillies au niveau de la station d'Alger, localisée au large à la latitude 37° 40' Nord et à la longitude 3° 09' Est.

L'analyse global des résultats montre que les vents dominants soufflent des secteurs Ouest et Est (fig. n° 13).

Chaque régime des vents, apparaît dominant durant une période déterminée de l'année.

Une période hivernale caractérisée par une prépondérance des vents de secteur Ouest avec une fréquence de l'ordre de 25 % et des vitesses supérieures à 16 noeuds et une période estivale caractérisée par des vents d'Est à Nord-Est avec des vitesses allant de 0 à 16 noeuds.

II.2. Les houles :

L'étude des houles est capitale car elles apparaissent comme le moteur essentiel des mécanismes naturels affectant la frange côtière.

Le résultat des observations des houles enregistrées du large des côtes Algéroise sur quinze années par l'Institut Météorologique Royal Néerlandais (I.M.R.N.) et sur huit années (1963 - 1970) par l'U.S Naval Weather Service (U.S.N.W.S.), montre une corrélation entre les houles saisonnières et les vents dominants du moins pour les secteurs Ouest et Nord-Est (D. BRAIK, 1989).

Les houles les plus importantes intéressant la zone d'étude sont de direction Ouest, Nord-Ouest et Nord-Est. Par ailleurs le tableau des fréquences par direction de la houle au large (tableau n° 05), ainsi que les roses récapitulatives des fréquences d'apparitions par direction et par amplitude de la houle (fig. n° 14), font apparaître une répartition saisonnière.

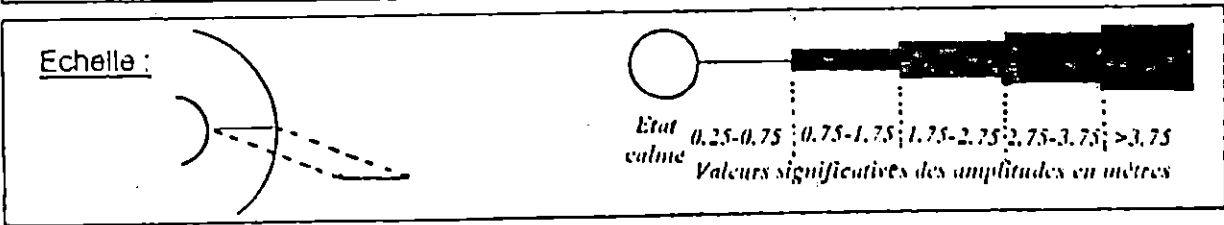
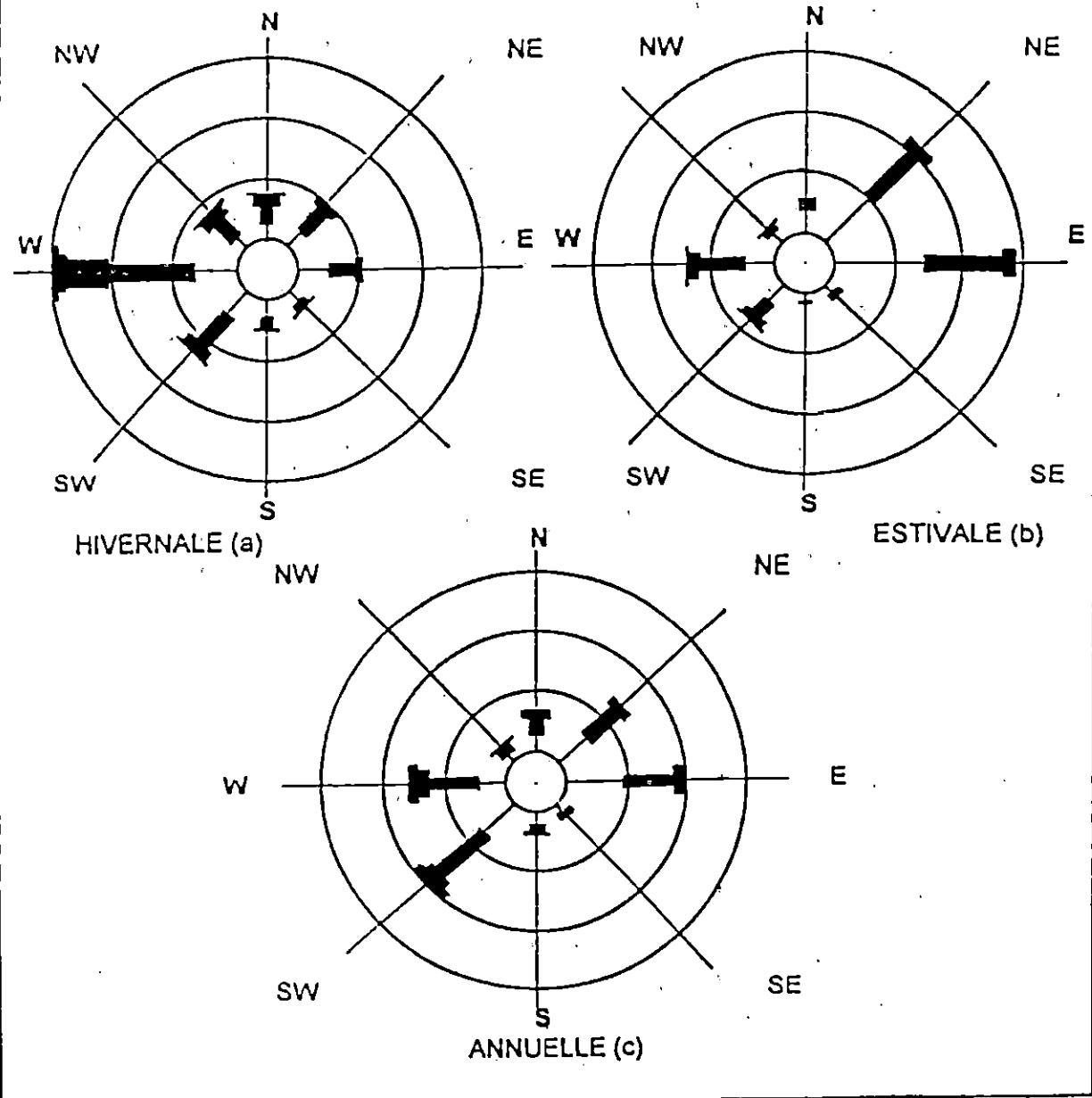
- *Une période estivale (Avril- Septembre) :*

Au cours de cette période, les houles les plus fréquentes sont celles du secteurs Est (31,78 %) et Nord-Est (26,29 %) avec des amplitudes comprises entre 0,75 et 1,75m, seulement 6% dépasse cette hauteur (tableau n°06).

- *Une période hivernale (Octobre- Mars) :*

Les houles les plus importantes et les plus violentes viennent des secteurs Ouest et Nord-Ouest.

Le régime dure environ sept mois avec un maximum d'apparition pour le mois de décembre, l'amplitude des houles ne dépasse pas 1,75m mais il existe un faible pourcentage pour les hauteurs qui dépasse 2m et qui peuvent atteindre 3,75m (tableau n°06).



Source : U.S NAVAL WEATHER COMMAND pour la période de 1963 à 1970

Fig n°14 : Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition des houles au large.

Tableau n°05 : "Fréquence mensuelle par direction des houles au large (un mois correspond à 100%)".

Mois	Nord	Nord-Est	Est	Sud-Est	Sud	Sud-Ouest	Ouest	Nord-Ouest
Janvier	08,10	12,90	18,20	05,00	06,50	13,20	28,80	07,30
Février	08,80	13,30	12,60	04,00	06,00	16,90	35,60	05,80
Mars	11,30	12,60	15,80	03,60	04,50	13,30	30,50	09,20
Avril	11,70	15,30	16,00	02,00	04,40	13,70	26,60	10,20
Mai	08,40	26,30	31,90	03,00	03,30	17,20	13,90	06,20
Juin	09,20	29,10	29,80	01,80	01,40	08,20	16,30	02,00
Juillet	05,90	32,50	35,10	01,40	00,90	05,90	16,20	02,00
Août	08,90	27,70	37,40	01,90	01,10	05,00	13,40	04,90
Septembre	06,70	26,40	40,50	02,20	02,30	04,50	14,80	02,50
Octobre	07,80	14,10	20,30	03,20	04,30	14,80	28,80	6,90
Novembre	05,40	05,70	10,00	05,10	80,0	15,90	40,40	09,40
Décembre	10,20	06,20	09,30	04,60	07,40	15,00	37,10	1,00

Source: U.S. Naval Weather Service Command (S.S.M.O.)

1963 - 1970, 45.000 observations.

- Corrélation des périodes et des amplitudes de la houles au large de la côte Algérienne :

Les données compilées au tableau n° 07 nous montrent que :

* 75,8 % des houles ont une période courte (inférieur à 7 sec.) et 7,5 % ont une période intermédiaire (entre 8 et 9 sec.) et seulement 3,2 % des houles observées ont une période forte (entre 12 et 13 sec.).

*• Les amplitudes courtes (inférieur à 1,75m) correspondent à des périodes courtes (inférieur à 7 sec.) atteignant des fréquences de l'ordres de 66,7 %.

Tableau n° 06 : "Relation amplitude- direction"

	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est	Est
< 0,25	02,90	01,10	02,00	02,70	04,00
0,25- 0,75	06,20	02,00	02,90	07,00	09,30
0,75- 1,75	10,90	02,70	02,60	07,60	09,30
1,75- 2,75	04,30	00,60	00,70	01,20	00,90
2,75- 3,75	00,90	00,10	00,10	-	-
>3,75	00,30	-	-	-	-
Total	25,50	06,50	08,30	18,50	23,30

Source : U.S. Naval Weather Service Command (S.S.M.O)
1963- 1970. 45000 observations.

Tableau n° 07 : "Relation amplitude - période (au large)".

	06s	06- 07s	08- 09s	10- 11s	11- 13s
< 0,25	05,2	01,10	-	-	-
0,25- 0,75	20,80	01,90	00,40	-	-
0,75- 1,75	24,60	13,10	02,70	00,50	00,20
1,75- 2,75	2,60	05,40	03,10	00,90	00,20
2,75- 3,75	00,10	01,10	01,00	00,60	00,20
> 3,75	00,10	00,50	00,30	00,30	00,30
Total	53,70	22,10	07,50	02,30	00,90

Source : U.S. Naval Weather Service Command (S.S.M.O.)
1963- 1970. 45000 observations.

II.3. Les courants :

II.3.1. Les courants généraux :

Les côtes Algériennes subissent un courant général dénommé courant Algérien résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar.

D'après les observations effectuées lors de la campagne "Mediprode 5" (MILLOT et al, 1990), le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule vers l'Est, et dès 1° et 2° Est, donne naissance à des méandres et des tourbillons côtier (50-100 km) associés à des upwellings.

Ce courant général crée dans la plus part des baie un contre courant littoral vers l'Ouest.

II.3.2. Les courants côtiers :

"En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir de façon active sur la sédimentation actuelle" (J. CAULET, 1972).

II.3.2.1. Les courants de retour :

Le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du lieu de déferlement de la houle contre la ligne de rivage.

Il s'effectue en direction du large avec un effet remarquable sur les côtes surtout par grand temps.

Dans notre zone d'étude les courants de retour sont produits par les houles frontales de Nord-Ouest et Nord-Nord-Ouest qui sont puissantes et fréquentes en période hivernale, ils interviennent dans le transport des sédiments perpendiculairement à la côte.

II.3.2.2. Le courant de la dérive littorale :

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, elle donne naissance à un courant de dérive littorale, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°.

Ce courant parallèle au rivage qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets.

Dans la baie de Bou-Ismaïl l'orientation des courants côtiers résulte de l'effet combiné des houles dominantes et de l'orientation de la côte. L'étude de ces paramètres nous permettra par la suite d'identifier l'hydrodynamisme côtier dans la zone d'étude.

II.4. Conclusion :

L'interprétation des données météorologiques et hydrodynamiques du large a permis de retenir trois (03) directions prédominantes : l'Ouest, l'Est et le Nord-Est.

Les vents du secteur occidental sont caractérisés par une intensité remarquable, présent essentiellement en période hivernale. En période estivale, par contre, ce sont les vents du secteur oriental qui prédominent.

Les vents des périodes hivernale étant les plus forts, ils constituent l'une des causes de l'érosion de la zone côtière.

Les conditions hydrodynamiques évaluent dans le même sens que les vents, elles expriment une origine orientale en période estivale et occidentale en période hivernale.

En zone littorale les facteurs hydrodynamiques, essentiellement les houles, selon leurs directions de provenance, jouent un rôle déterminant dans la dynamique sédimentaire.

Chapitre 3:

***APPROCHE
MORPHODYNAMIQUE***

APPROCHE MORPHODYNAMIQUE :

I. Evolution du trait de cote:

L'élévation du niveau de la mer est l'une des causes avancées pour expliquer l'accélération du recul du trait de côte, les premières touchés sont les plages de sables et de galets qui représente un cinquième des rivages du monde, elles sont en régression sur 70 % de leur longueur, à cela il faut ajouter la réduction des apports sédimentaires et l'action anthropique qui amplifie le phénomène.

L'étude de l'évolution du trait de côte est indispensable dans la mesure où elle permet le suivi de la côte qui conditionnera par la suite les éventuelles prises de décision d'intervention face aux problèmes rencontrés.

Notre étude s'est basé sur l'analyse:

- Des photographies aériennes relatives à quatre missions (1959 - 1972 - 1992 - Oct1997).
- Carte représentant le trait de côte actuel de la plage (Décembre 1997) obtenu par la méthode topographique en opérant avec une mire et un théodolite.

L'évolution de la plage de 1959 - 1997 est déterminé en calculant la largeur de l'estran par rapport à la ligne de la route bordant la plage prise comme base de référence (fig n°15).





* La période 1959 - 1972:

La comparaison des photographies aérienne fait ressortir un gain du trait de côte.

Entre 1959 et 1972, la largeur moyenne de la plage est passée de 60m à 65m suite à un engraissement de l'ordre de 5m.

Il faut noter que le secteur oriental ainsi que l'extrémité Ouest du site ont connu des pics de démaigrissement de l'ordre de 17m, alors que le secteur occidental présente

LEGENDE :

-  trait de côte 1997
-  trait de côte 1992
-  trait de côte 1972
-  trait de côte 1959

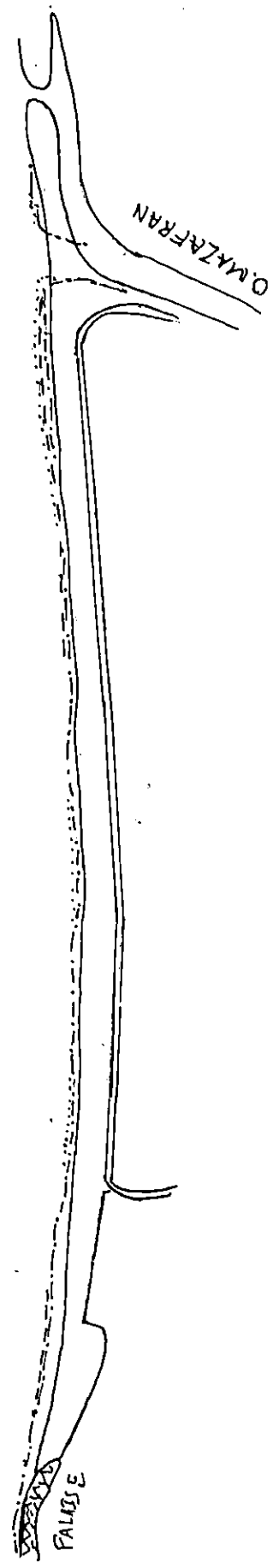


Fig.n° 15 : Evolution du trait de côte de la plage Ouest du Mazafran.

E:1/11000

une avancée du trait de côte, ceci nous permet de supposer que l'inexistence d'occupation dense a favorisé l'engraissement du secteur considéré.

*** La période 1972 - 1992:**

Durant cette période, la tendance à l'engraissement est maintenue mais de faible proportion, en effet on note une avancée estimée à 2m en moyenne, l'avancée et le recul du trait de côte suit la même évolution que la période précédente. Ainsi le secteur occidental enregistre une avancée de 12m en moyenne alors qu'au voisinage de la falaise on enregistre un recul de l'ordre de 6m.

*** La période 1992 - Octobre 1997:**

La comparaison du trait de côte entre ces deux périodes marque une érosion de la plage soulignée par un recul de l'ordre de 15m, la plage qui avait une largeur de 67m est passée à 52m.

Le zonage des secteurs touchés par l'érosion reste le même atteignant par endroit 25m, ceci est dû d'une part aux extractions illicites du sable, mais surtout la déviation de l'embouchure de l'Oued Mazafran qui s'est prolongée de 300m vers l'Ouest, privant ainsi le secteur oriental d'une partie de ces apports sédimentaires.

*** La période (Octobre 1997 - Décembre 1997):**

Cette période est marquée par un recul moyen de l'ordre de 1,5m. Le recul est lié à l'action érosive des houles de directions Nord-Ouest favorisée par l'orientation SW-NW du site d'étude.

Cependant l'évolution du trait de côte est en relation étroite avec les apports de l'Oued Mazafran qui connaissent une diminution (Cf. hydrographie), aggravée par l'urbanisation et la dégradation des espaces dunaires.

II. Les profils de la plage aérienne.

Le profil de plage est perpétuellement mobile car il doit se mobiliser pour s'adapter aux conditions hydrodynamiques sans cesse changeante, il s'abaisse lorsque le stock sédimentaire diminue par suite d'une érosion de l'estran attaqué par les vagues de tempête, il se relève lorsque du sable ou des galets, s'accumulant pendant les périodes de beau temps, caractérisé par des houles engraisantes.

Les profils aériens :

Six (6) profils ont été effectués, à l'aide d'un théodolite et d'une mire, en décembre 1997 suivant la route bordant la plage (fig. n°16)

L'évolution de ces profils à fait ressortir deux secteurs.

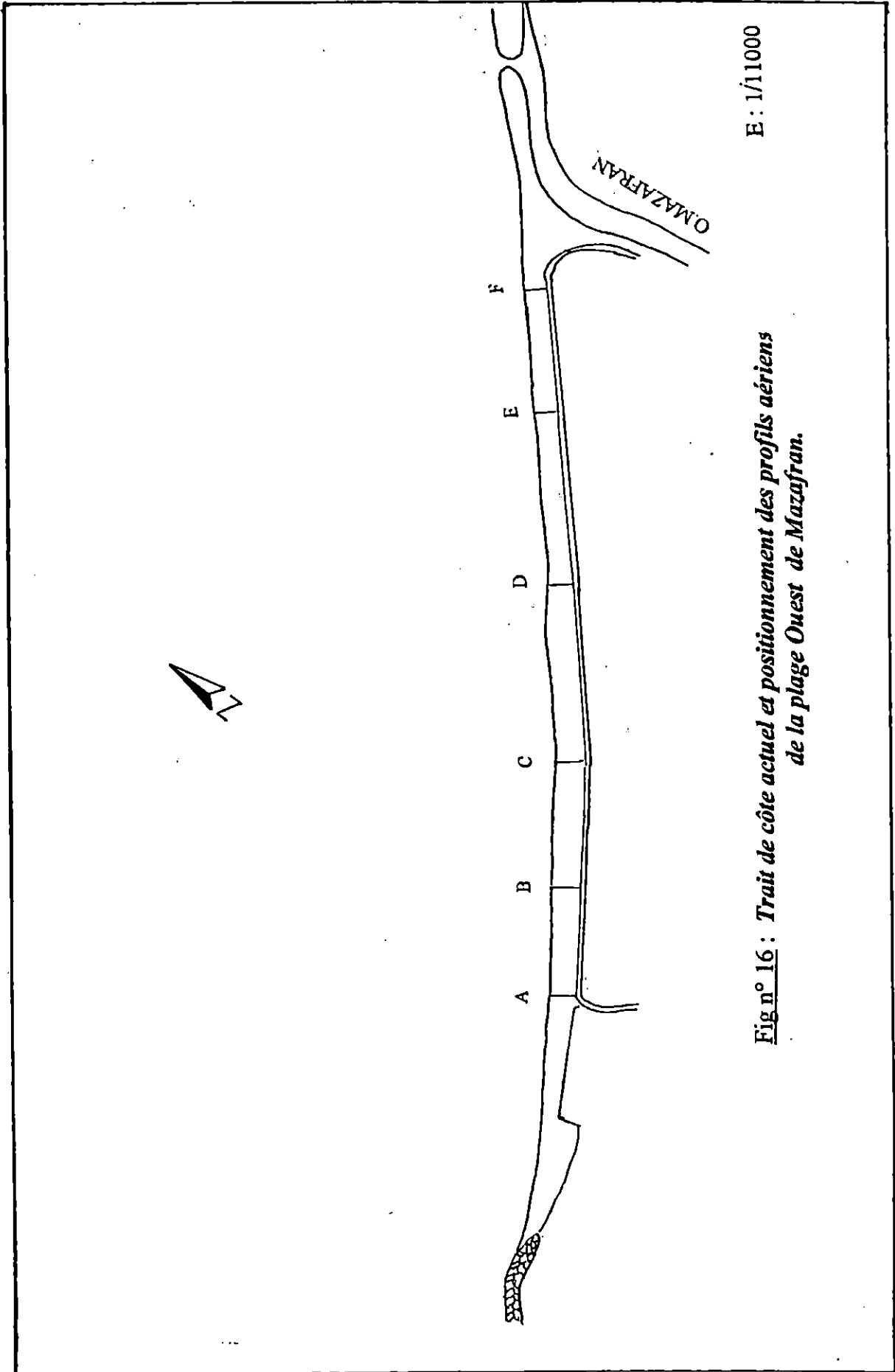
*** Le secteur occidental (profil A, B, C) : (fig n°17)**

Malgré le fait que cette partie soit plus artificialisée, elle présente une plage plus large avec une moyenne de 60m, mais une pente plus abrupte que celle du secteur oriental, à l'arrière se dresse des dunes fixées par la végétation et culminant à plus de 15m d'altitude.

*** Le secteur oriental : (profil D, E, F) : (fig n°18)**

Cette partie présente une plage moins large mais de pente douce, à l'arrière les dunes ont subi une grande détérioration visible à vue d'oeil et dont témoigne une grande fosse d'extraction.

Il faut noter que les ruptures de pente observées sont le fait des changements brusque du régime hydrodynamique, cette dynamique est en fonction de la pente et de la granulométrie de la plage.



E: 1/11000

Fig n° 16 : Trait de côte actuel et positionnement des profils aériens de la plage Ouest de Mazafran.

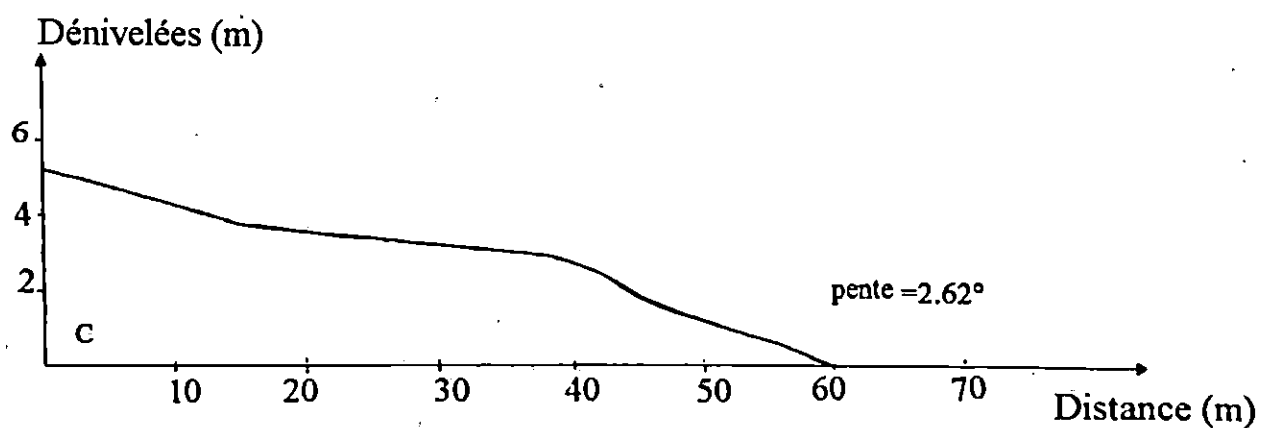
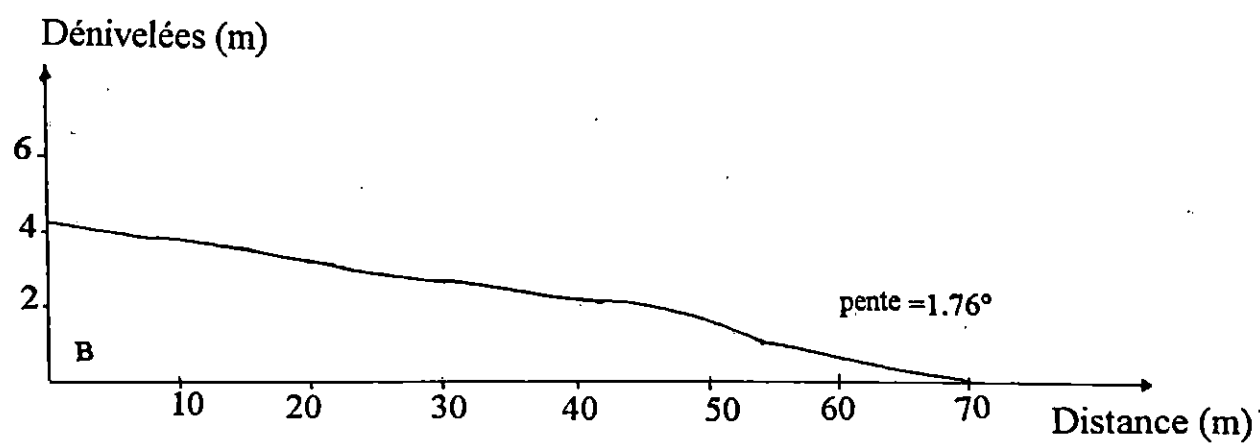
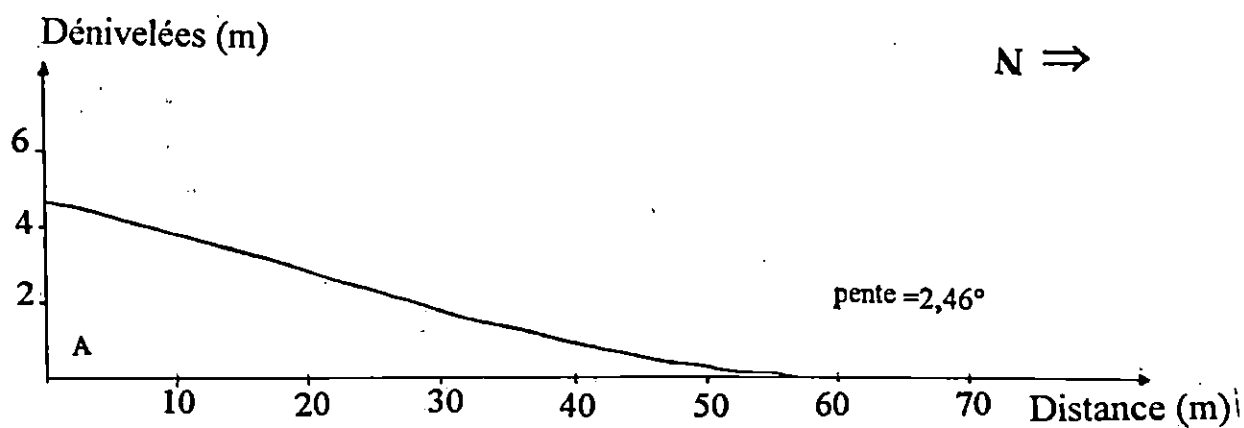


Fig n° 17 : Profils aériens de la plage Ouest du Mazafran.

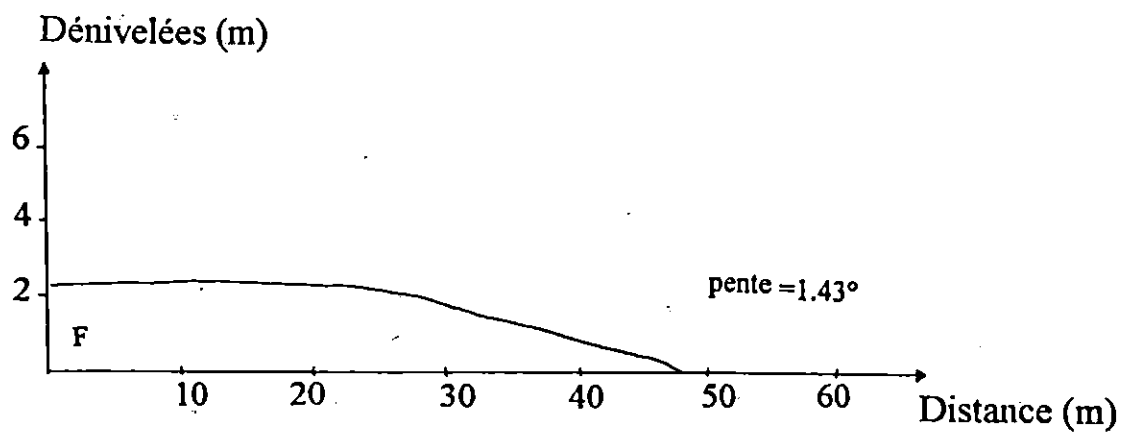
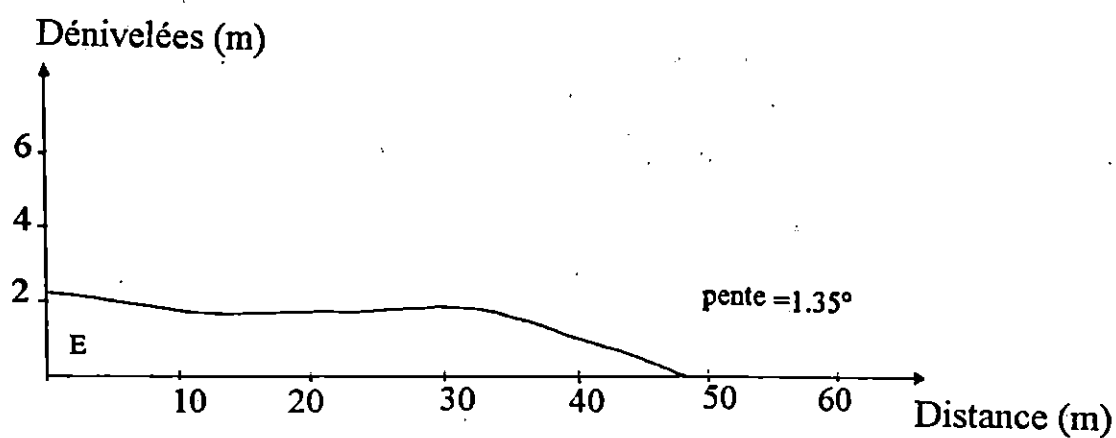
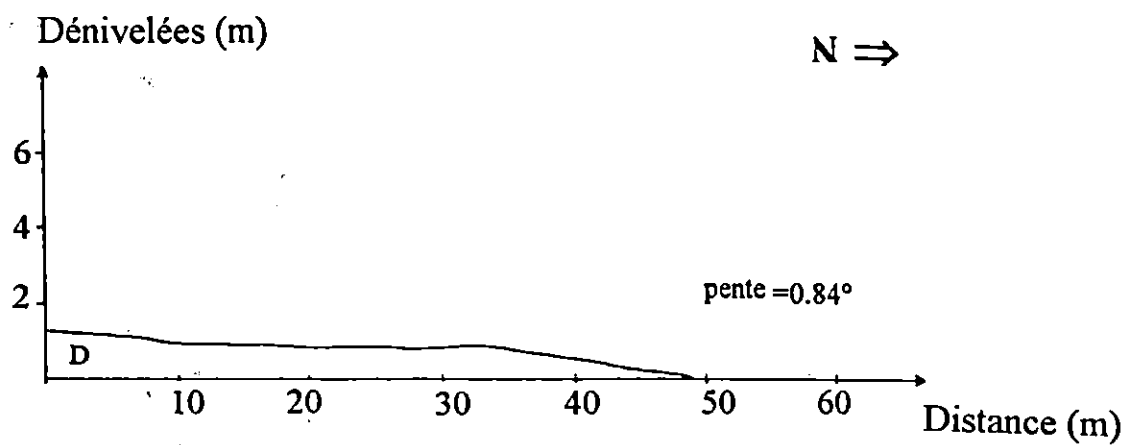


Fig n° 18 : Profils aériens de la plage Ouest du Mazafran (suite).

Chapitre 4.

***MORPHOLOGIE
SOUS-MARINE ET
HYDRODYNAMISME
CÔTIER***

MORPHOLOGIE SOUS-MARINE ET HYDRODYNAMISME CÔTIER

I. Morphologie sous- marine

I.1. Morphologie sous- marine régionale : (fig n° 19)

Les cartes bathymétrique constituent un document fondamental et nécessaire pour reconnaître et interpréter les morphologie sous- marine.

Afin de bien ressortir l'évolution de la morphologie sous- marine de notre zone d'étude, on a examiné la carte bathymétrique de la zone côtière (0- 20m) situé entre Douaouda Marine et le promontoire de Sidi-Fredj, établie à partir du levé bathymétrique réalisé par le laboratoire des études maritimes (L.E.M.) en 1994, ce dernier montre une topographie sous- marine à pente douce, il n'existe pas dans cette zone des perturbations morphologiques rocheuses du fond.

Cette partie de la baie de Bou-Ismaïl constitue une plage sableuse, donc un milieu de sédimentation instable dans le temps suite aux variations morphologiques soulignées par les rides d'avant côte.

Les isobathes, entre -5 et -20m, sont régulières et parallèles à la côte, cette monotonie n'est rompue qu'occidentellement par deux hauts fonds situés dans la partie Est de cette zone, de -10 à -15m et de -15 à -20m de profondeur.

Entre 0 et -5m de profondeur, les isobathes présentent des perturbations soulignées par des petits hauts fonds, reflétant l'existence de sillons et de dunes allongées, ces structures se situent le long de la côte, essentiellement dans la partie Est et entre les isobathes -2 et -4m.

I.2. La bathymétrie :

Le levée bathymétrique que nous avons effectué le 21 février 1998 jusqu'à une profondeur de 19m a permis d'établir une carte bathymétrique de la plage Ouest du Mazafran, il faut signaler qu'on utilisant le bateau "*Ibtacim*" on n'a pas pu couvrir les

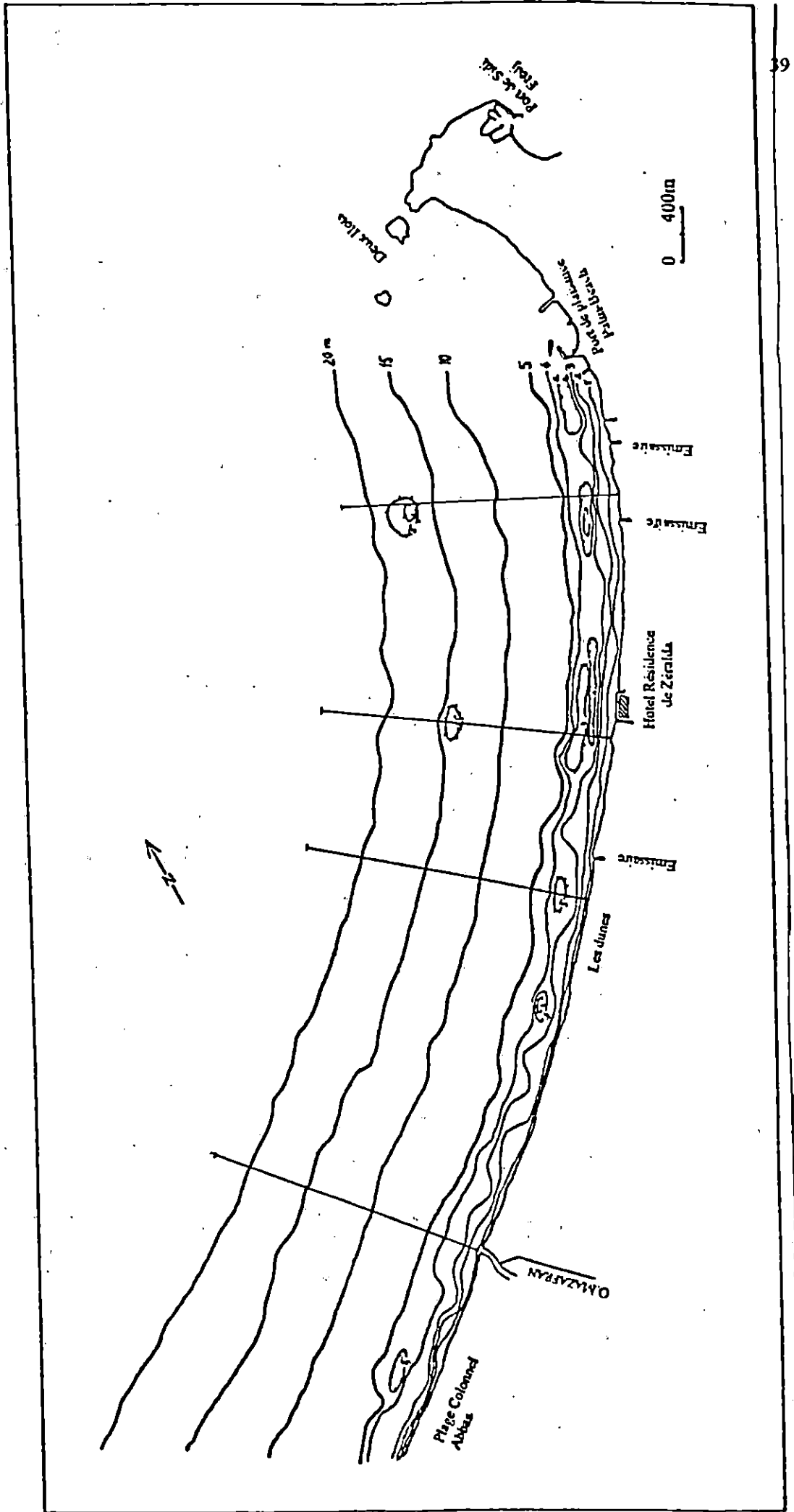


Fig n° 19 : Morphologie sous-marine régionale (Douaouda marine - Sidi-Fredj). (L.E.M., 1994).

profondeurs comprise entre 0m et -5m, mais pour combler cette inconvénient, on a exploité le levé bathymétrique effectué par le L.E.M. en 1994.

I.2.1. Carte bathymétrique (1998) : (fig n°20, 21)

Dans la zone centrale et Est du site, les isobathes sont généralement parallèles à la côte, et ne présente pas des perturbations morphologiques remarquées (-10 à -19m).

Alors qu'à l'Ouest du site on note la présence de chenaux inter-rides résultant probablement par un creusement par les courants de retour, c'est derniers sont présent essentiellement en période hivernale (Cf. Hydrodynamisme côtier), ces changements morphologiques importants sont dû à la petite profondeur et à l'action de la houle.

I.2.2. Carte bathymétrique (L.E.M., 1994) : (fig n° 22, 23)

L'analyse de la carte du fond dressé par le L.E.M. met en évidence deux zones :

- Une zone comprise entre 0m et -6m avec une morphologie irrégulière, caractérisée par la présence de deux barres d'avant côte situé à l'Ouest de notre zone et localisées à des profondeurs respectives de -3m et -4m.
- Une zone comprise entre -6m et -20m représentant un fond régulier avec des isobathes parallèles à la côte, avec un haut fond localisé à la profondeur (-15m).

II. Dynamique de l'embouchure de l'Oued Mazafran :

Au cours de nos différentes sorties sur le terrain, nous avons été frappé par les changements morphologiques importantes qui affecte l'Oued Mazafran surtout au niveau de son embouchure.

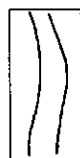
En effet, ces variations morphologiques sont étroitement liées au climat avec ces cycles saisonniers et donc aux effets conjugués des rapports de force fluviale et marine.

Fig n° 20 :

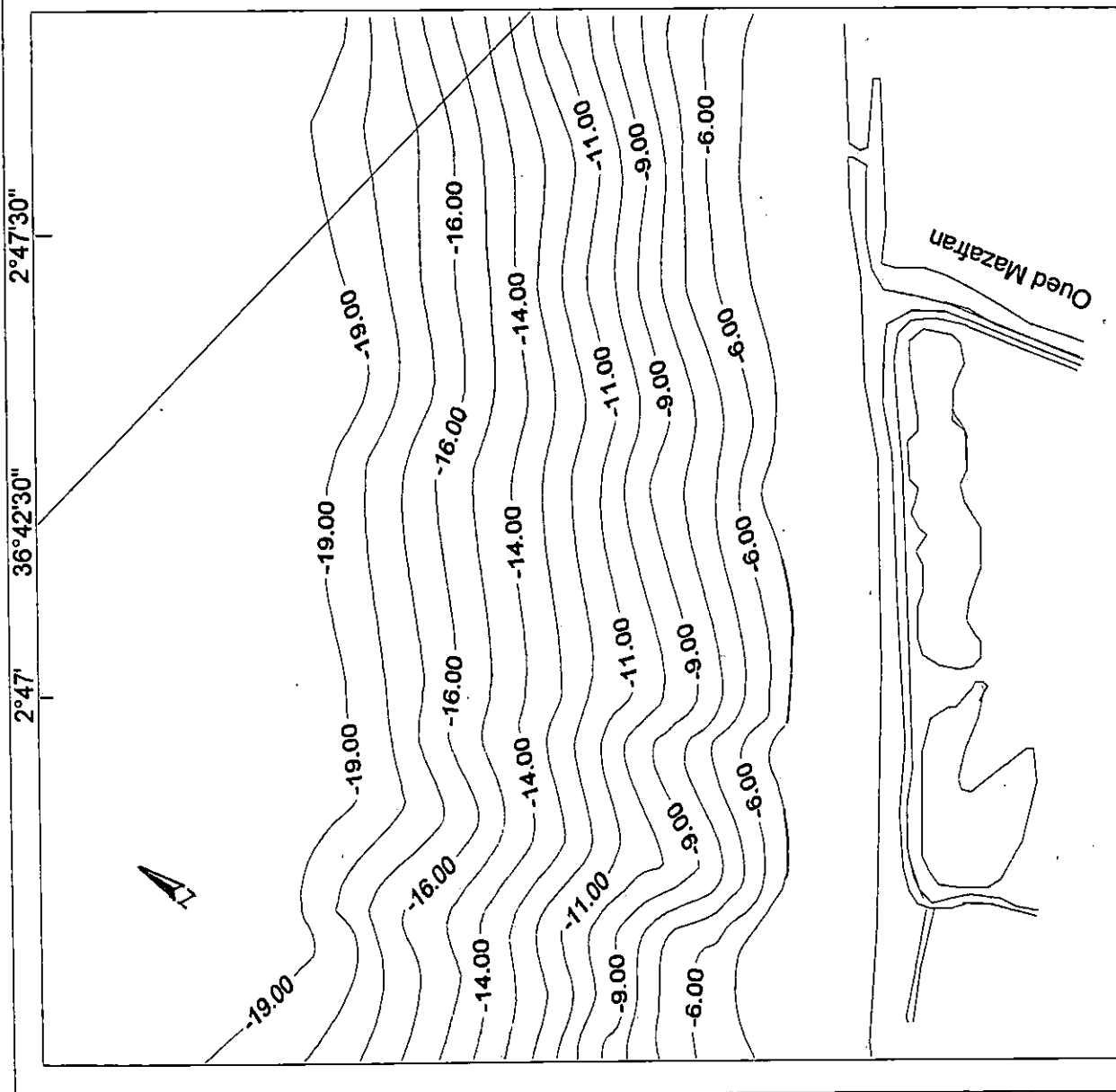
"Carte bathymétrique de la plage
Ouest du Mazafran, (1998)."

Echelle : 1/17000

Légende :



Isobathes



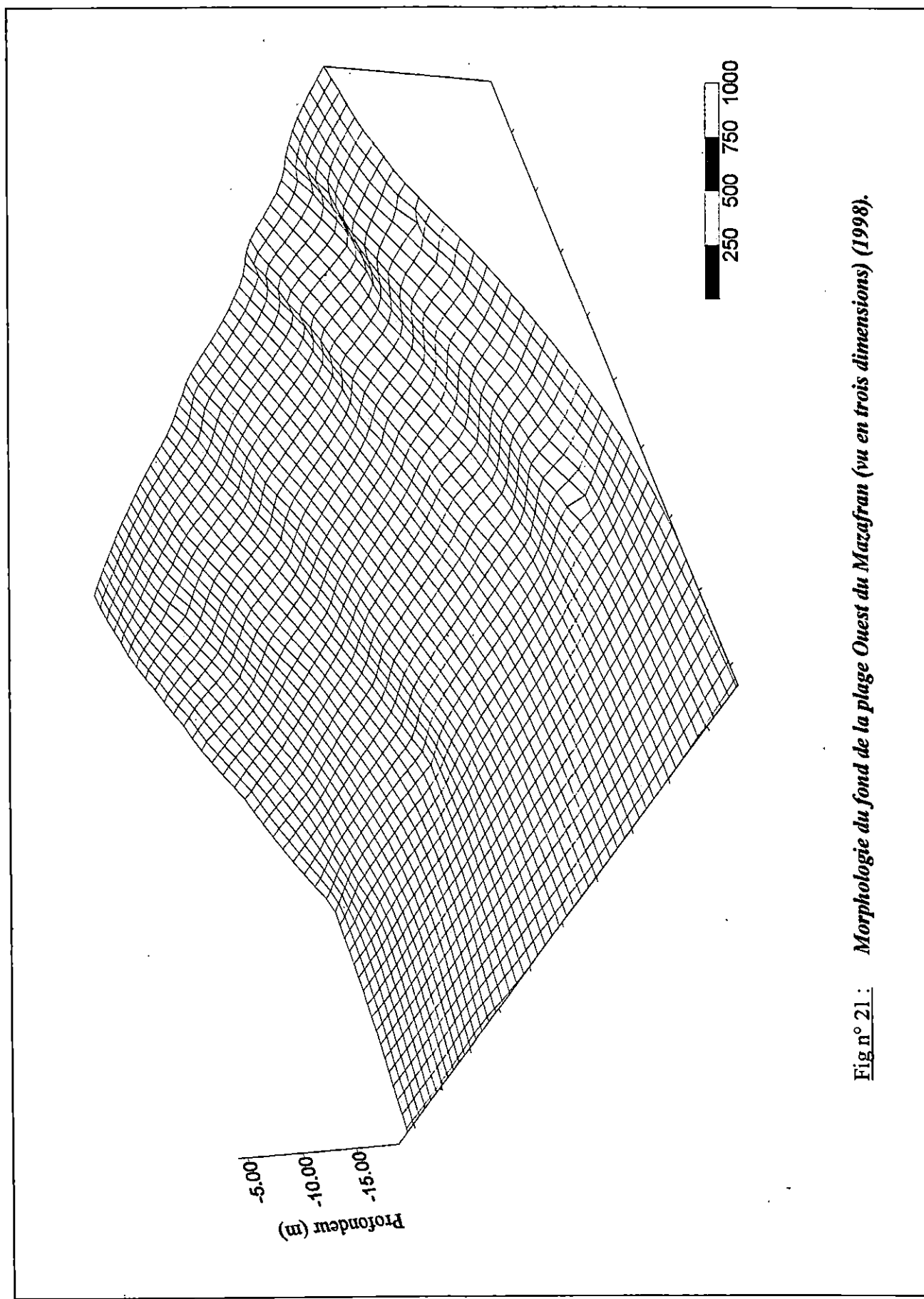


Fig n° 21 : Morphologie du fond de la plage Ouest du Mazafran (vu en trois dimensions) (1998).

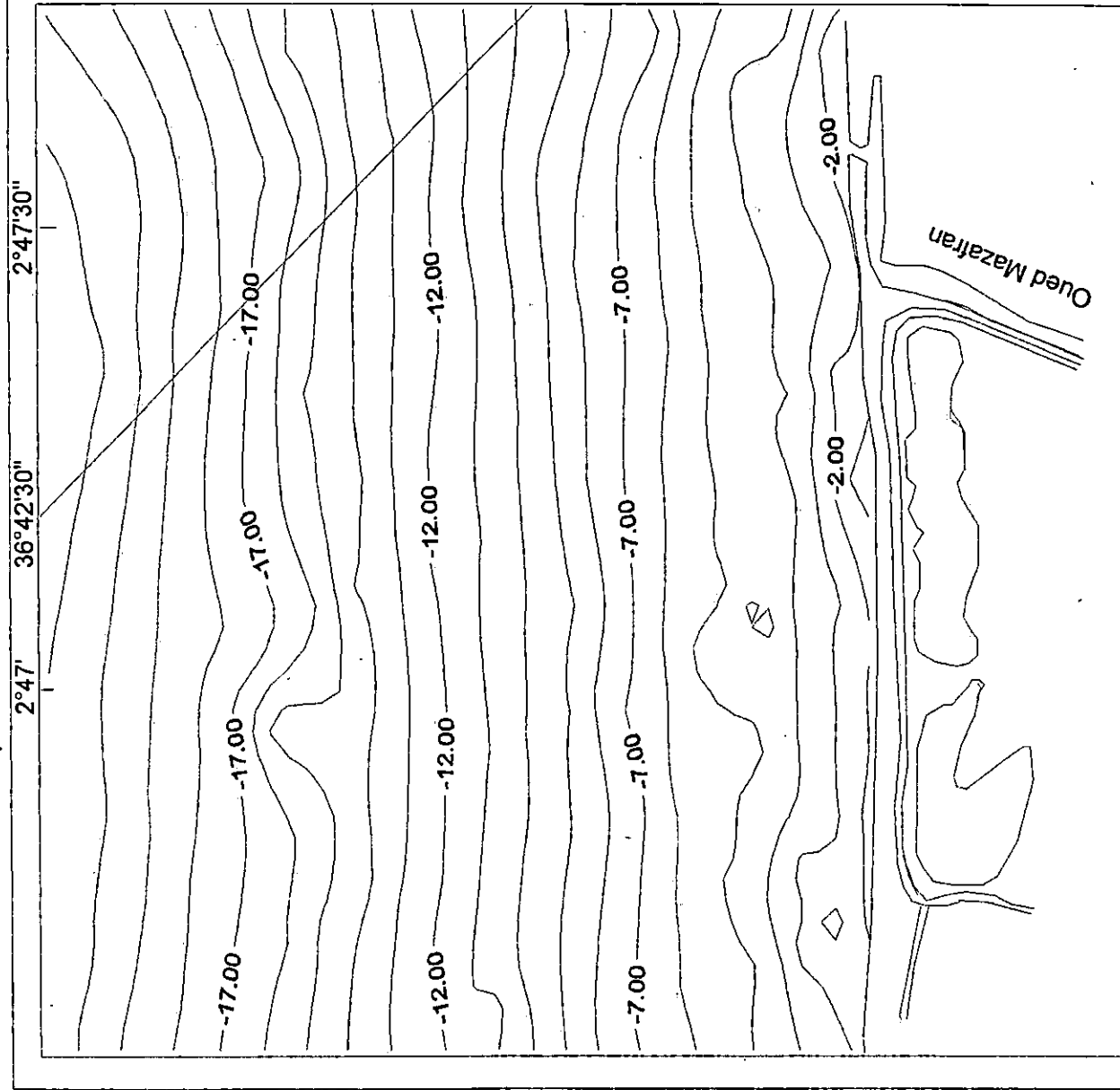
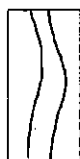


Fig n° 22 :

"Carte bathymétrique de la plage
Ouest du Mazafraan, (1994)."

Echelle : 1/17000

Légende :



Isobathes

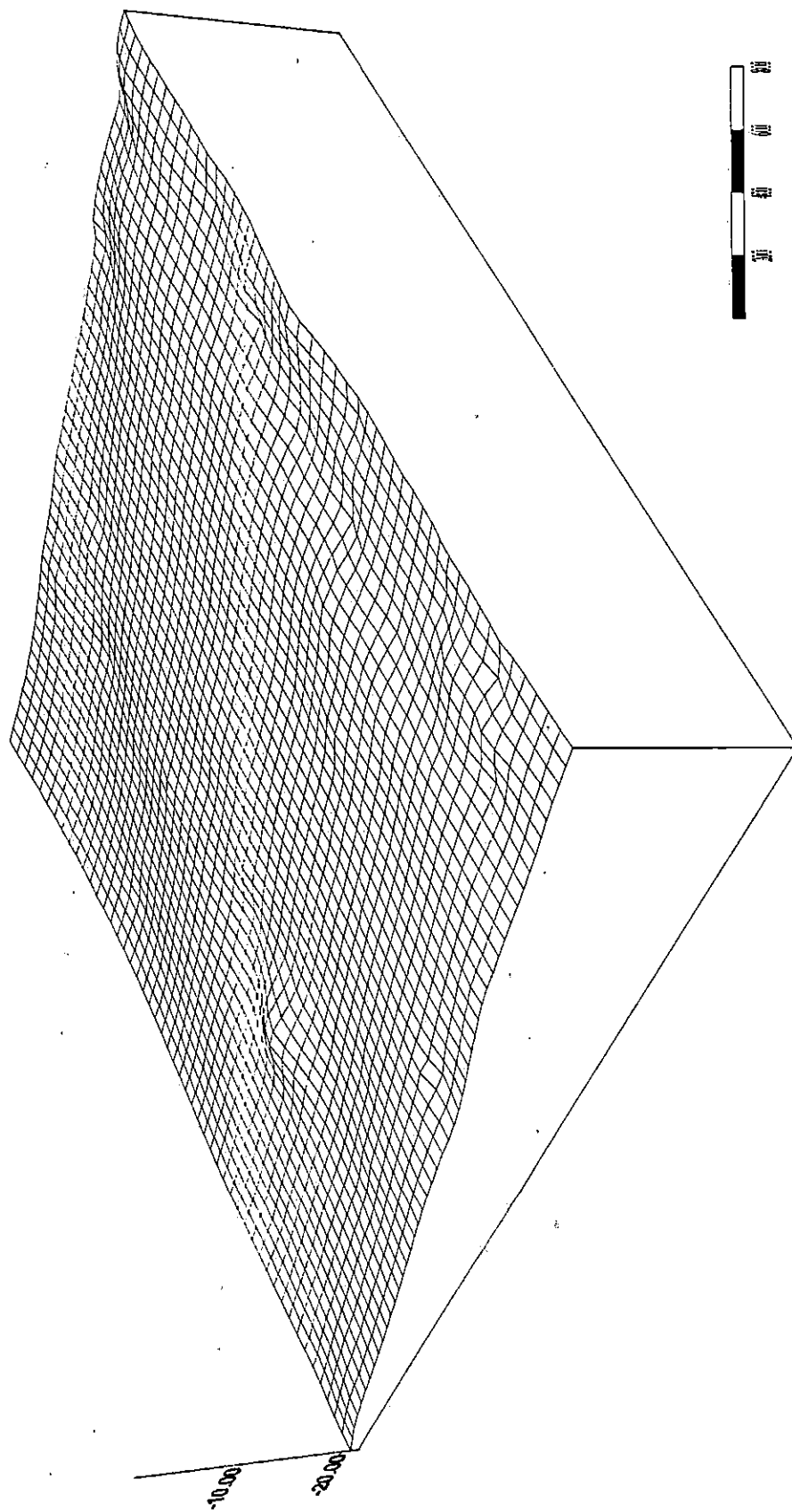


Fig n°23: Morphologie du fond de la plage Ouest du Marafan (Vue en trois dimensions) (L.E.M., 1994).

Nous avons essayé de schématiser ces variations avec des observations effectuées sur différentes périodes (fig n°24).

*** Fig. n° 24A (observé le 18 août 1997) :**

En période estivale, en raison d'un faible débit qui caractérise la période d'étiage, l'embouchure est obstruée, cette fermeture plus ou moins importante est dérivée suivant la direction Sud- Est à Nord-Ouest, la mer étant calme avec des houles de direction Nord-Est.

*** Fig. n° 24B (observé le 25 septembre 1997) :**

Nous pouvons remarquer qu'avec les premières grandes pluies du 20 septembre 1997, la formation d'une flèche littorale qui se prolonge vers la mer suivant la direction Nord-Ouest, ceci est le résultat d'une dérive littorale vers le Sud-Ouest due aux houles du Nord-Est.

*** Fig. n° 24C (observé le 25 février 1998) :**

Après les crues du 19 février 1998, les berges de l'Oued sont raides et l'embouchure s'élargit.

A la faveur du courant de dérive littorale qui induit un transit sédimentaire Ouest- Est, l'ouverture va s'orienter vers le Nord-Est.

Sur la rive Ouest s'accumulent les léses de l'Oued constitué entre autre de gros tronc d'arbre ce qui dénote de l'importance du débit en période de crue.

*** Fig. N° 24D (observé le 24 avril 1998) :**

Cette morphologie a été observée juste après les crues du 22- 23 avril 1998, où on constate l'élargissement du chenal d'écoulement de l'Oued ainsi que son ouverture.

La rive Ouest présente une large érosion des berges, alors que du côté de la mer, les fortes pentes sont la conséquence d'une attaque frontale des houles générées par les vents du Nord-Ouest.

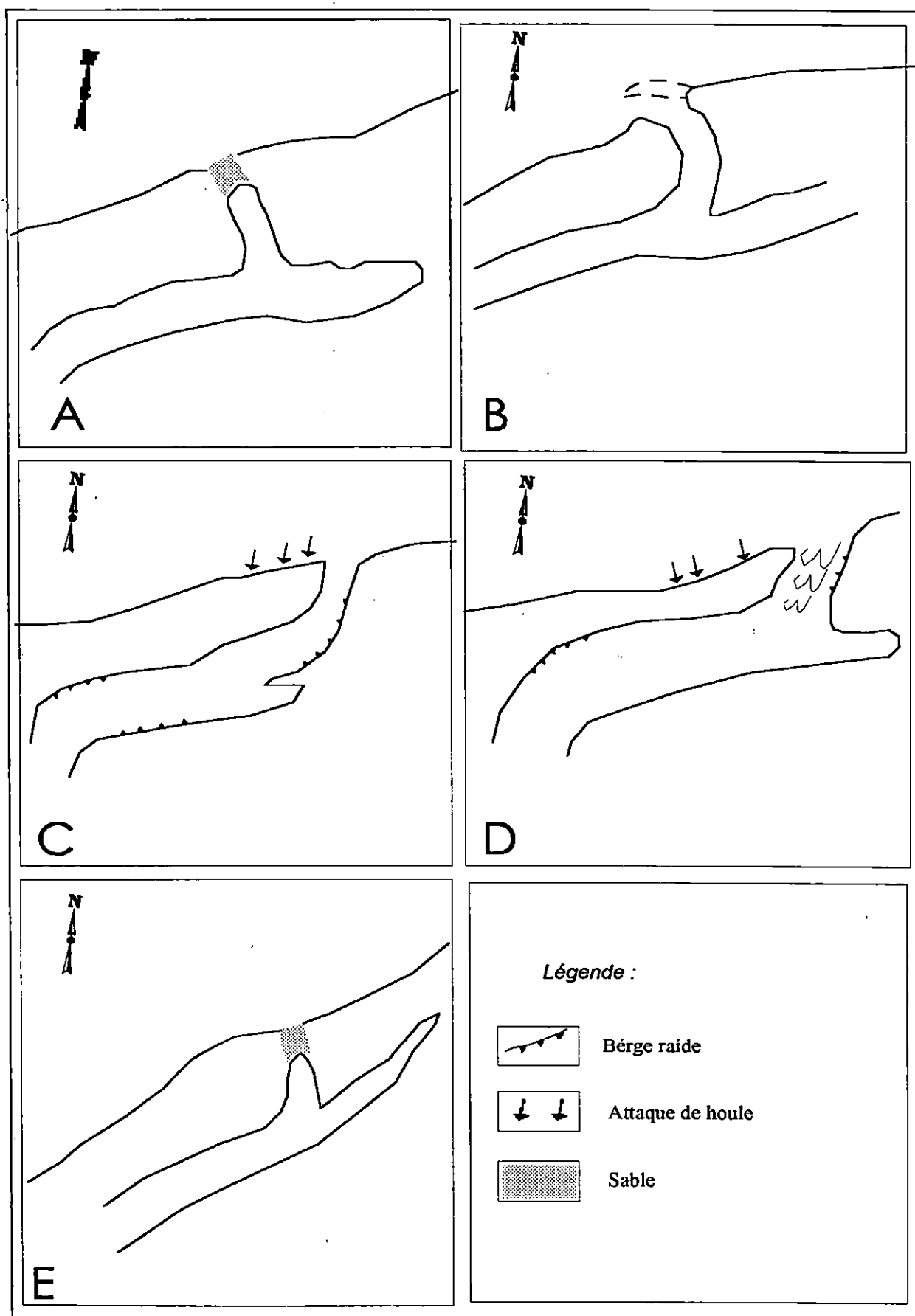


Fig. n° 24 : "Variation saisonnières de l'embouchure de l'oued Mazafran (croquis indicatifs)."

Le contact entre les apports fluviaux et la mer va créer une grande nappe turbide qui va s'étendre de Douaouda jusqu'au delà de Zeralda, ce même phénomène a été observé par H. PAUC en 1982.

* Fig. N° 24E (observé le 16 juillet 1998) :

La morphologie constatée est la même caractérisant la saison estivale.

A travers ces observations, nous pouvons déduire que la dérivation de la flèche sableuse à l'embouchure de l'Oued Mazafran est due essentiellement aux deux transits littoraux engendrés par les courants de dérive littorale Est-Ouest en période estivale, et Ouest-Est en période hivernale.

III. Hydrodynamisme côtier

III.1 Etude de la réfraction :

L'étude de la réfraction a pour but de connaître les caractères de la déformation de la houle entre le large et le rivage.

Elle est basée sur les calculs effectués à l'aide du logiciel intitulé "refract" développé par le département d'informatique du L.E.M.⁽¹⁾

- Le choix des directions :

Le choix des directions étudiées est fonction de la morphologie littorale, de la dominance des houles ainsi que leurs actions différentes dans le transit sédimentaire.

Les houles de l'orientation de notre site 3 directions ont été choisies à savoir, 00° Nord, 20° Nord et 300° Nord.

(1) Laboratoire d'Etude Maritime.

Les houles du secteur Est n'ont pas été représentées car elles agissent au delà de la zone d'abri créée par la presqu'île de Sidi-Fredj.

III.1.1. Plan de réfraction de direction 00° Nord : (Fig n° 25)

Les houles du Nord abordent le site en pivotant en direction du Nord-Ouest d'un angle de 5°, les orthogonales gardent leur parallélisme en conservant leur énergie du large.

III.1.2. Plan de réfraction de direction 20° Nord-Est : (Fig n° 26)

Les houles du Nord-Est arrivent au site d'une manière oblique, elles atteignent la côte avec une déviation moyenne de 25° vers le Nord-Ouest.

Ces houles qui caractérisent la période estivale présentent une légère divergence en arrivant à la côte, surtout pour la période 8s et 10s caractérisée par une diminution de la réfraction.

Par ailleurs les houles de période 6s sont peu réfractées, elles conservent plus ou moins leur énergie du large.

III.1.3. Plan de réfraction de direction 300° Nord-Ouest : (Fig n° 27)

Ce sont des houles importantes et sont plus fréquentes en saison hivernale.

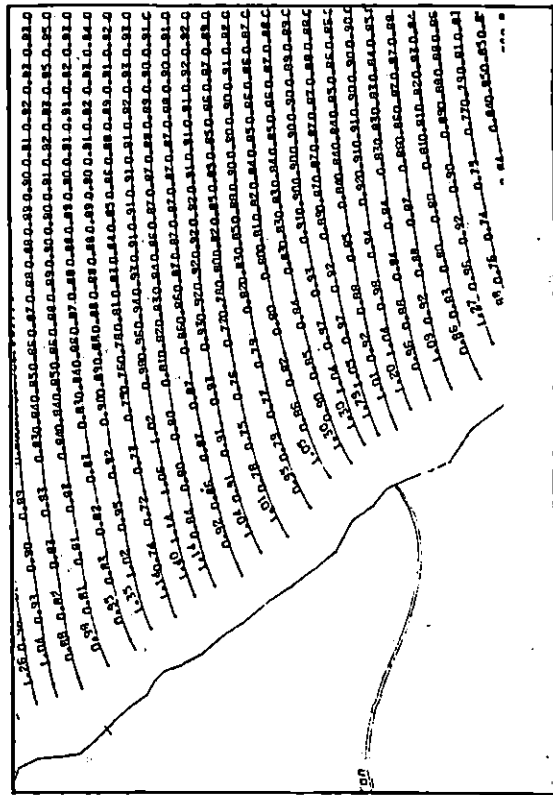
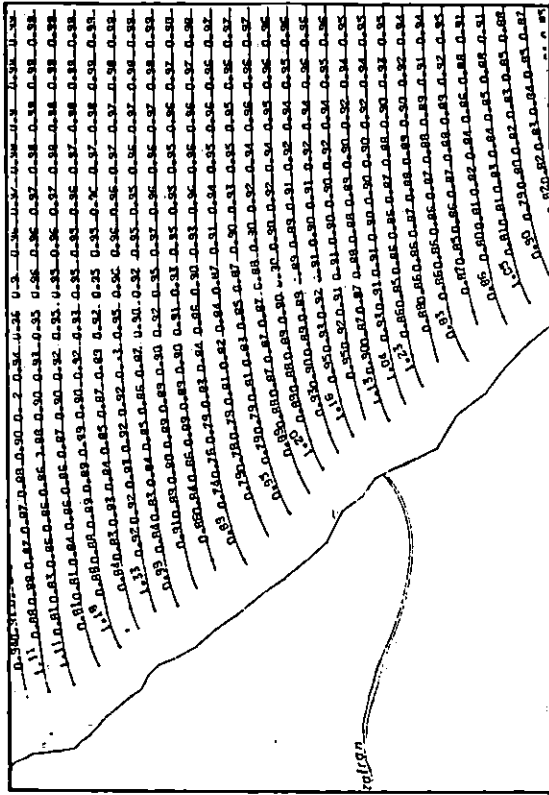
A cause du maillage adapté par le L.E.M., il n'a pas été possible de représenter les plans de réfraction pour les périodes 8s et 10s, mais on se base sur le plan de réfraction effectué pour le site de Douaouda Marine en 1988, on peut dire que les orthogonales arrivent perpendiculairement au site tout en conservant leur énergie du large induisant un courant de retour vers le large.

Pour les houles de l'Ouest, elles présentent une certaine obliquité en arrivant à la côte traduisant un courant de dérive littorale dirigé vers l'Ouest.



Période T = 6 S

Période T = 8 S



Période T = 10 S

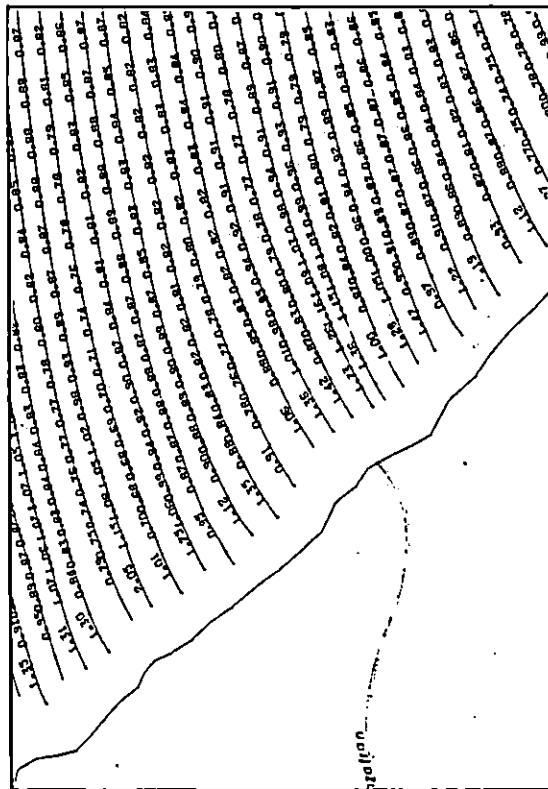
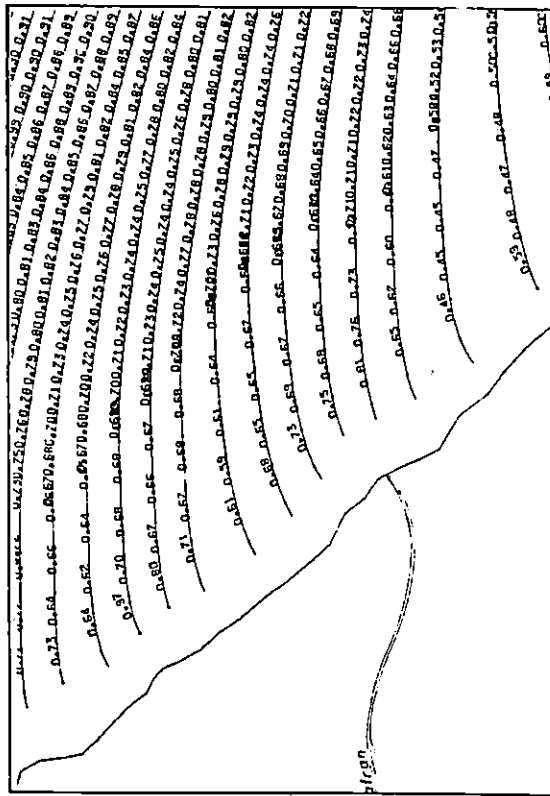
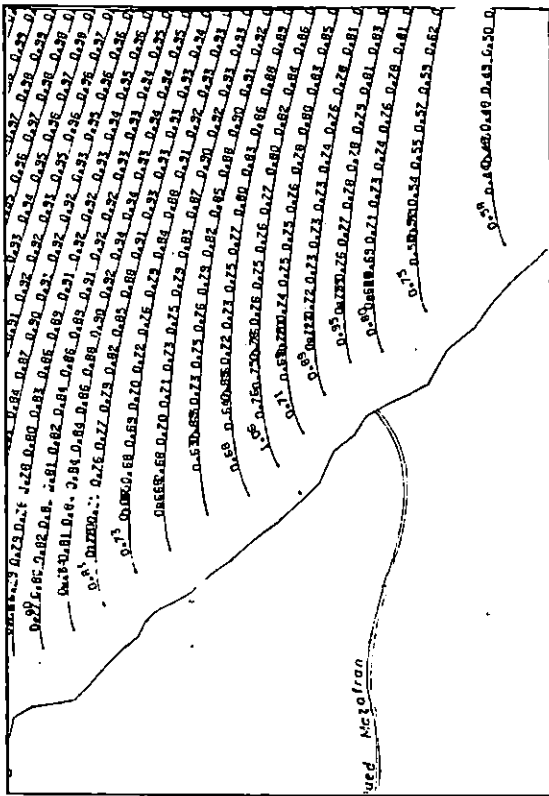


Fig n° 25 : Plan de réfraction de direction Nord (N00°) (L.E.M., 1994).

Période T = 6 S



Période T = 8 S



Période T = 10 S

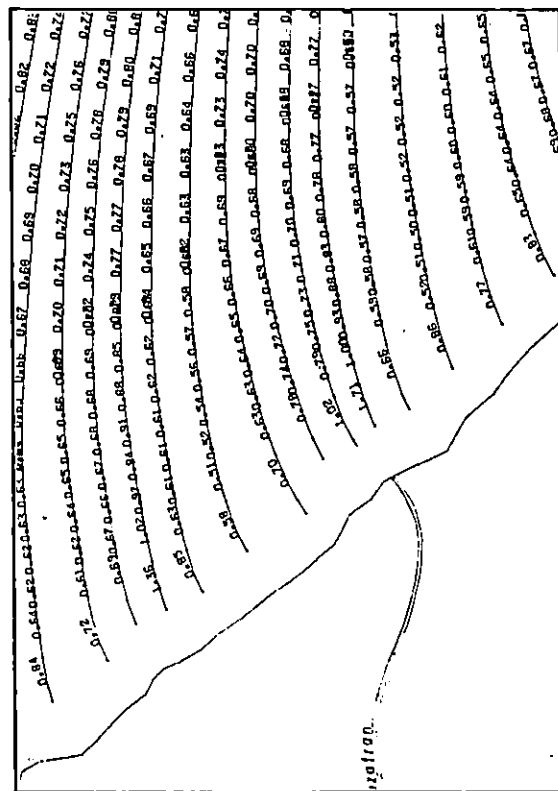


Fig n° 26 : Plan de réfraction de direction Nord-Est (N20°) (L.E.M., 1994).



Période T = 6 S

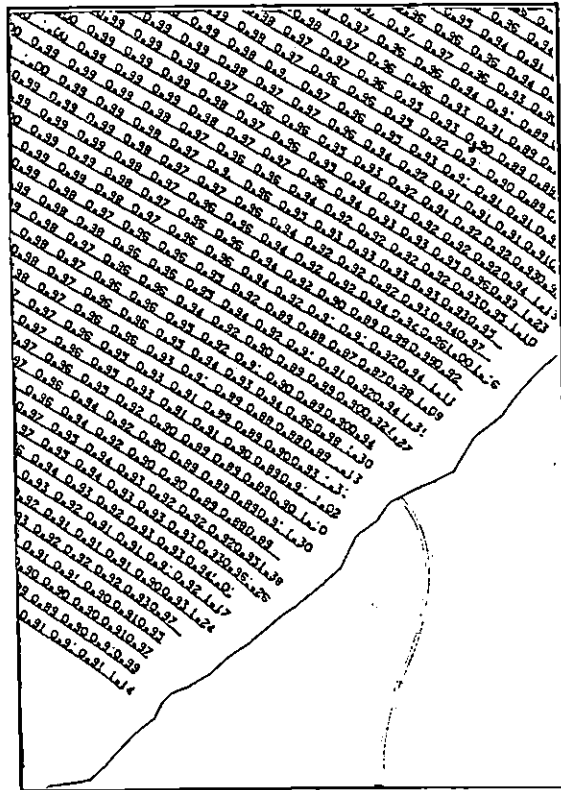


Fig. n°26 : Plan de refraction de direction Nord-Ouest (N300°) (L.E.M., 1994)

III.2. Détermination des zones de haute énergie :

Cette méthode est basée sur le plan de réfraction, elle consiste à délimiter les aires de même coefficient de réfraction (k_r), mettant ainsi en évidence les zones à grande concentration d'énergie et par conséquent les zones à forte érosion.

Direction Nord (N00°) :

L'examen de la figure n° 28 toute période confondue montre que la houle du Nord aborde le site frontalement toute en préservant son énergie du large, ceci se vérifie pour la période 10s où tous le site est attaqué.

par ailleurs trois zones de concentration d'énergie peuvent être dégagées

* face aux 2 rives de l'Oued Mazafran.

* à 1200m à l'Ouest de l'Oued.

* à l'extrémité Ouest, face à la falaise.

- Direction Nord-Est (N 20°) : (Fig n°29)

Les houles de la saison estivale arrivent obliquement sur le site sauf pour la période 10s qui reste frontale, ces houles sont affaiblie par la réfraction soulignée par de faibles amplitudes à la côte.

Leurs influences se manifestent surtout face respectivement à l'Oued Mazafran et la falaise de Douaouda Marine.

- Direction Nord-Ouest (N300°) : (Fig n°30)

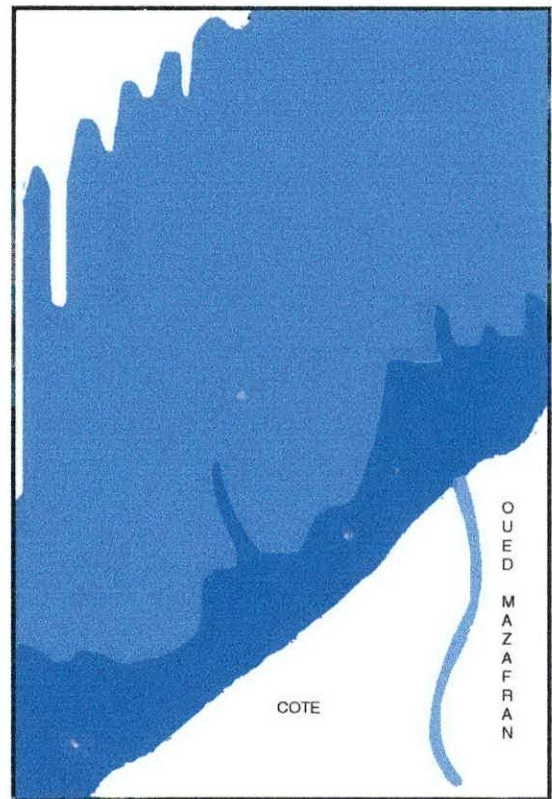
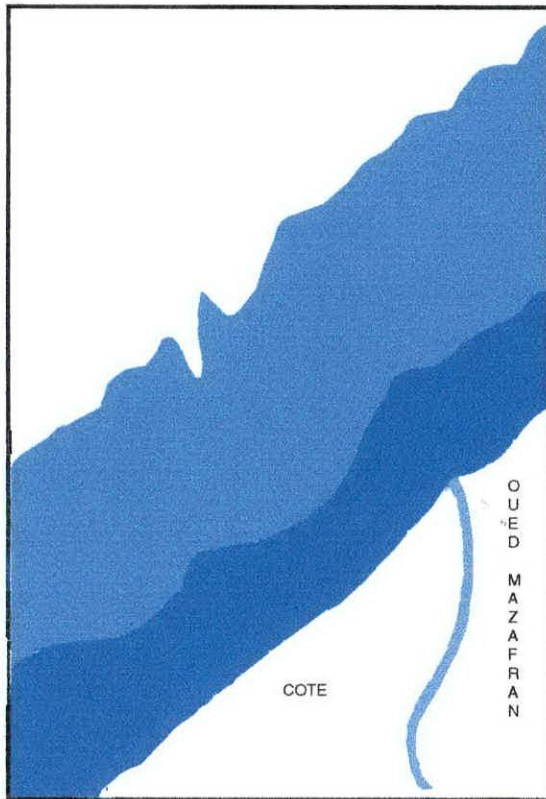
Ces houles qui marque la saison hivernale sont très violente avec de forte amplitude, elles sont responsable de la formation des courants de retour, leurs influences se manifestent surtout face à l'Oued Mazafran et à 1000m à l'Ouest de l'Oued.

PERIODE T = 6 S



PERIODE T = 8 S

53



PERIODE T = 10 S

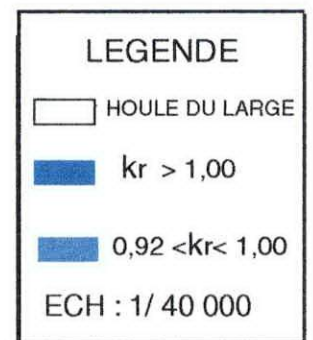
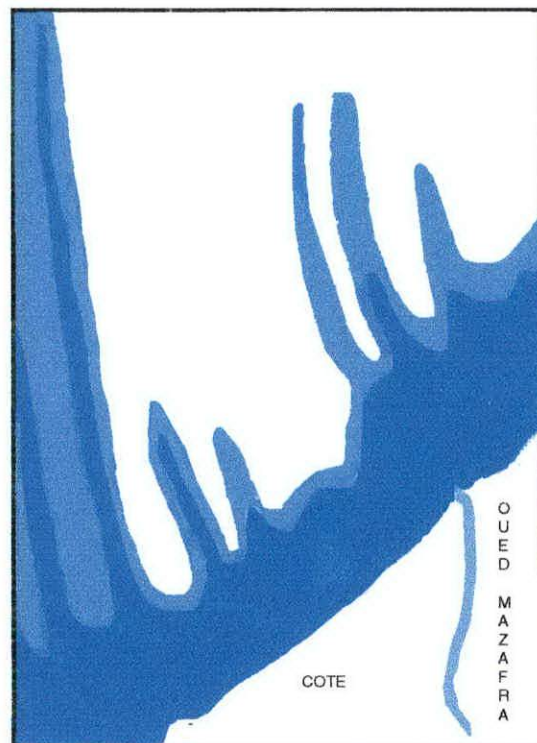
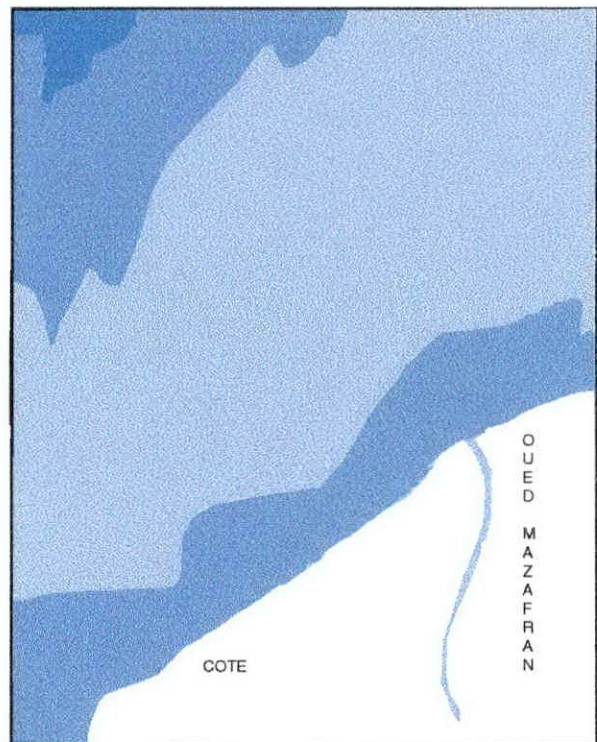
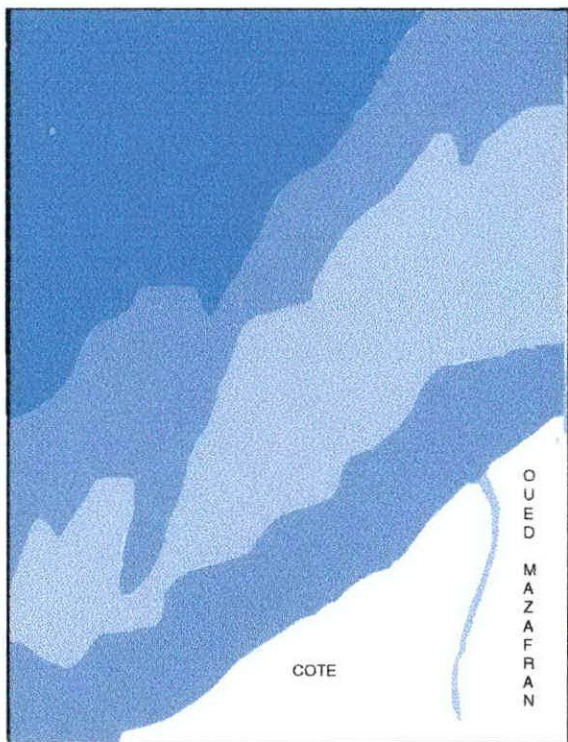


Fig. n° 28 : Aires de réfraction de direction Nord ($N00^\circ$).

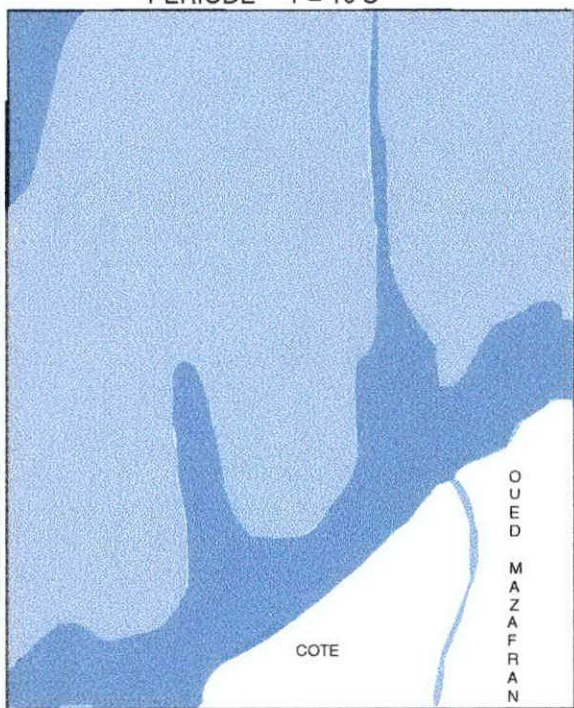


PERIODE T = 6 S

PERIODE T = 8 S



PERIODE T = 10 S



LEGENDE

- $0,78 < K_r < 0,80$
- $0,80 < K_r < 0,92$
- $K_r > 0,92$

ECH : 1 / 40 000

Fig. n° 29 : Aires de réfraction de direction Nord-Est (N20°).

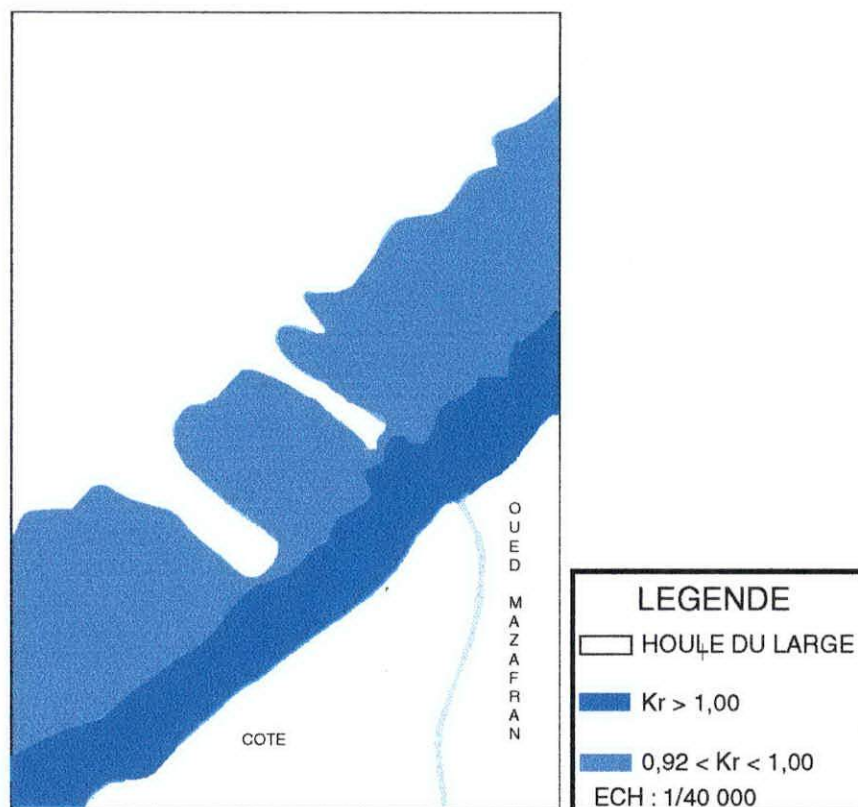


Fig. n° 30 : Aires de réfraction de direction Nord-Ouest (N300°).

III.3. Détermination du sens du transit sédimentaire :

Le site de Douaouda marine qui est voisin de notre zone d'étude et présentant la même orientation a fait l'objet d'une étude établie par le L.E.M. en 1988 dans le cadre d'un projet portant sur la protection du rivage de la wilaya de Tipaza.

L'analyse sédimentologique ainsi que le calcul du transit sédimentaire a mis en évidence un transit dominant de direction Ouest-Est, estimé à environ $80.000\text{m}^3/\text{an}$.

Conclusion : (Fig n° 31)

Le régime hydrodynamique de la plage Ouest du Mazafran fait apparaître les constatations suivantes :

Les houles du régime estivale de direction orientales engendrent une dérive littorale dirigée du Nord-Est à Sud-Ouest, se transport a été signaler par D. BRAIK, 1989 et A. MOULFI, 1995 dans le région occidentale de la baie de Bou-Ismaïl.

En période hivernale les houles de l'Ouest arrivent légèrement oblique à la côte traduisant une dérive vers le Nord-Est, alors que les houles du Nord-Ouest caractérisées par une action frontale génèrent un courant de retour vers le large.

Ces courants ont une influence sur la morphologie du fond soulignée par des chenaux inter-rides.

La dynamique de l'embouchure suit la résultante des dérives littorales qui marque un transit sédimentaire dominant vers l'Ouest.

Trois zones de concentrations d'énergie maximale se distinguent : Elles sont localisées de part et d'autres de l'Oued Mazafran, face au secteur oriental et enfin au voisinage de la falaise de Douaouda marine.

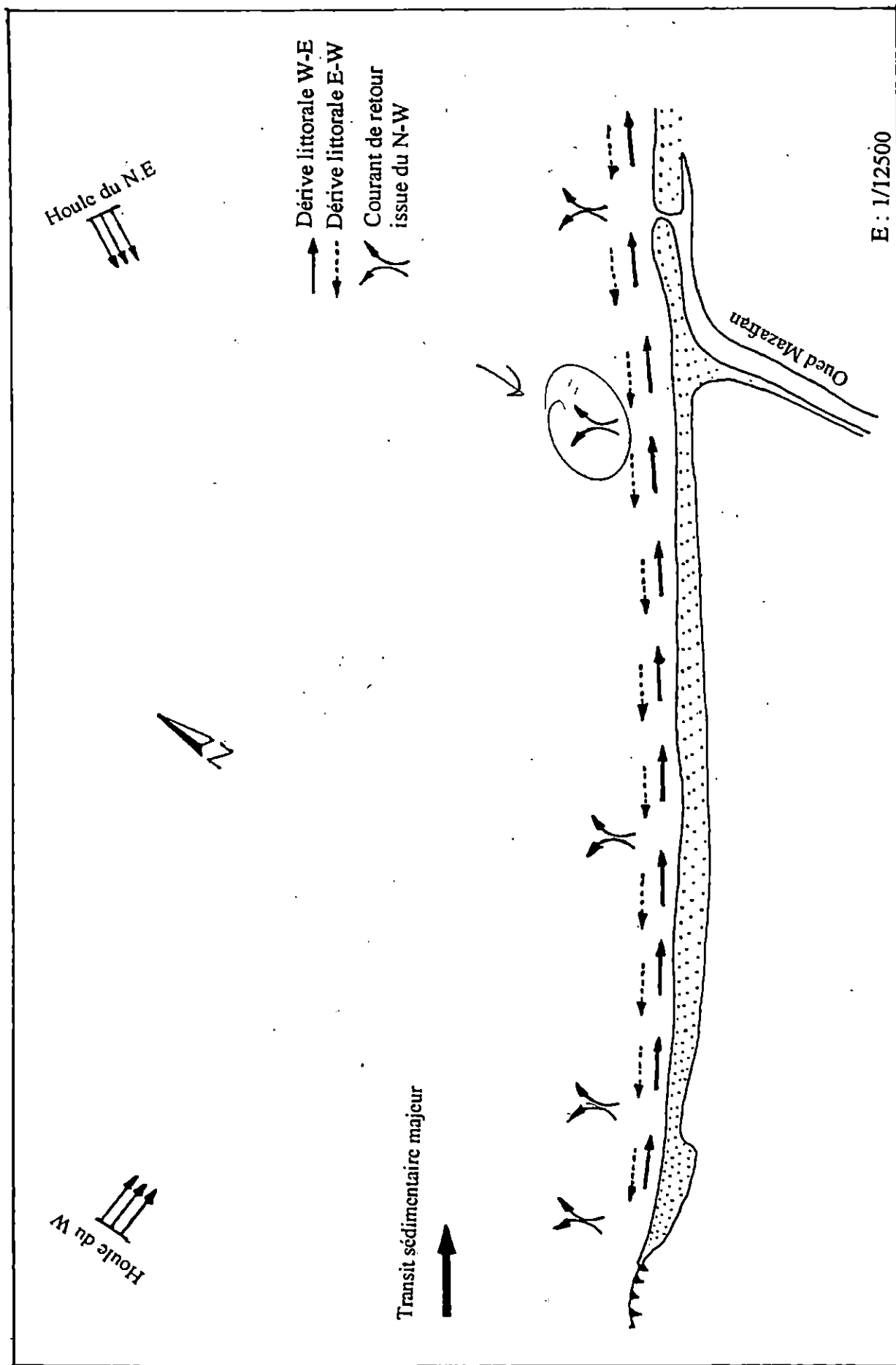


Fig n° 31 : Schéma de reconstitution de la dynamique sédimentaire de la plage Ouest du Mazafra.

Chapitre 5.

***ETUDE
SEDIMENTOLOGIQUE***

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE :

I. Introduction :

Le but de l'étude sédimentologique est de définir les mécanismes de transport et de dépôt des sédiments, en tenant compte des conditions hydrodynamiques et morphologiques du milieu.

Cinquante deux (52) échantillons de sédiment superficiel ont été prélevés dans le secteur d'étude dont 30 pris du fond marin par benne preneuse de type "VAN VEEN", deux (2) dans l'Oued et 20 autres dans la plage aérienne, (fig. n°32).

L'étude de ces sédiments au laboratoire s'est faite suivant trois approches :

- Une étude granulométrique.
- Une étude calcimétrique.
- Une étude morphoscopique.

II. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique a été appliquée aux échantillons prélevés, secs et non décalcifiés. *"Il n'a pas été nécessaire de décalcifier les sédiments organo-détritique pour faire leur analyse granulométrique, car ils reflètent les mêmes causes hydrodynamiques que les sédiments quartzeux"* (P. BARUSSEAU, 1971 *in* C. DEGIOVANI, 1973).

C'est la série des tamis de type AFNOR qui a été utilisée suivant le protocole correspondant (fig. n°33)

II.1. Exploitation des résultats :

Carte des pélites :

L'évaluation de la fraction fine, inférieure à 53 μm dans chaque prélèvement sédimentaire nous a conduit à établir une carte des pélites.

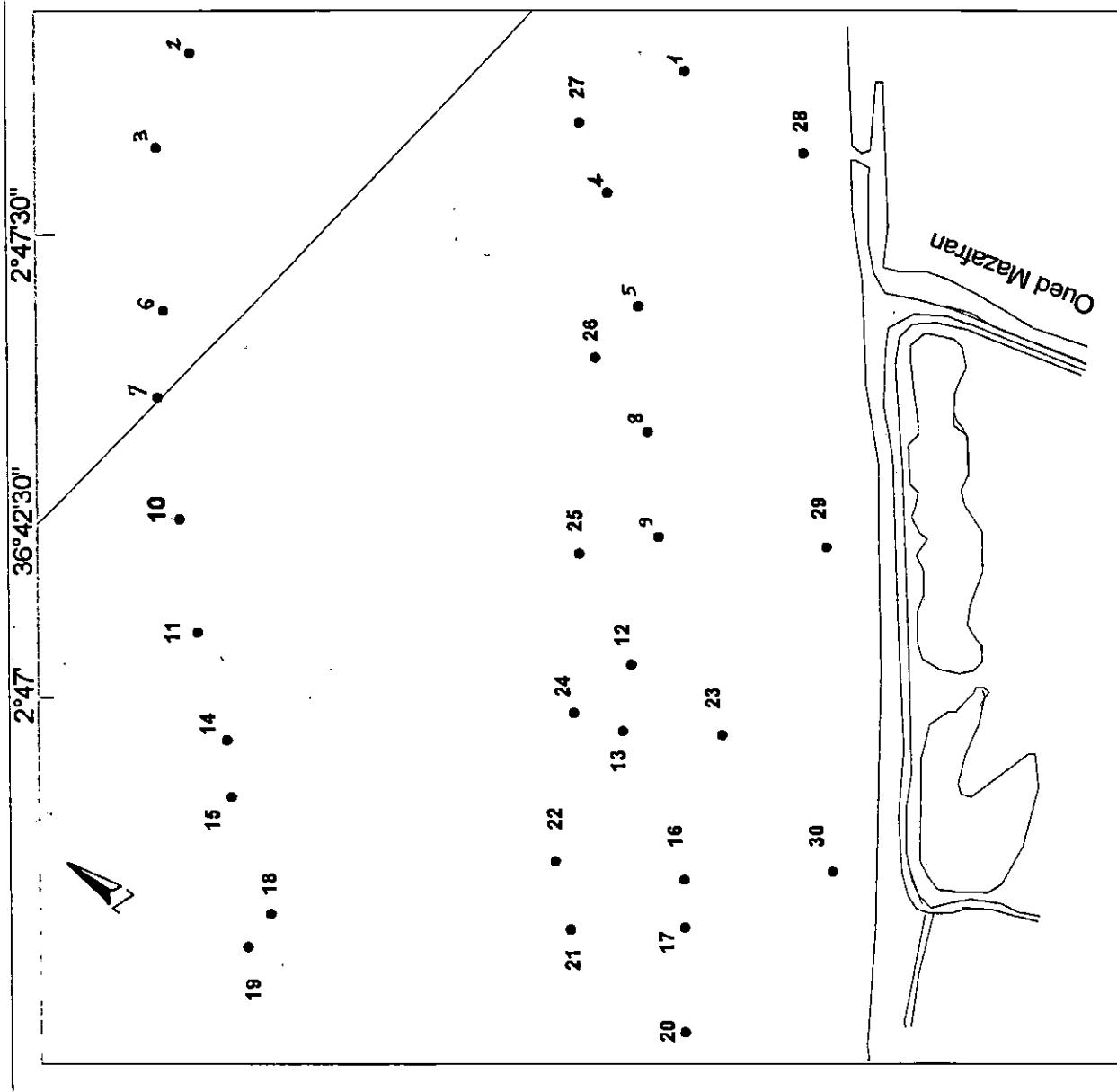
Fig. n° 32

**"Carte de positionnement des
prélèvements sédimentologiques
sous-marin dans la zone d'étude"**

Echelle : 1/17000

Légende :

● S : Station de prélèvement



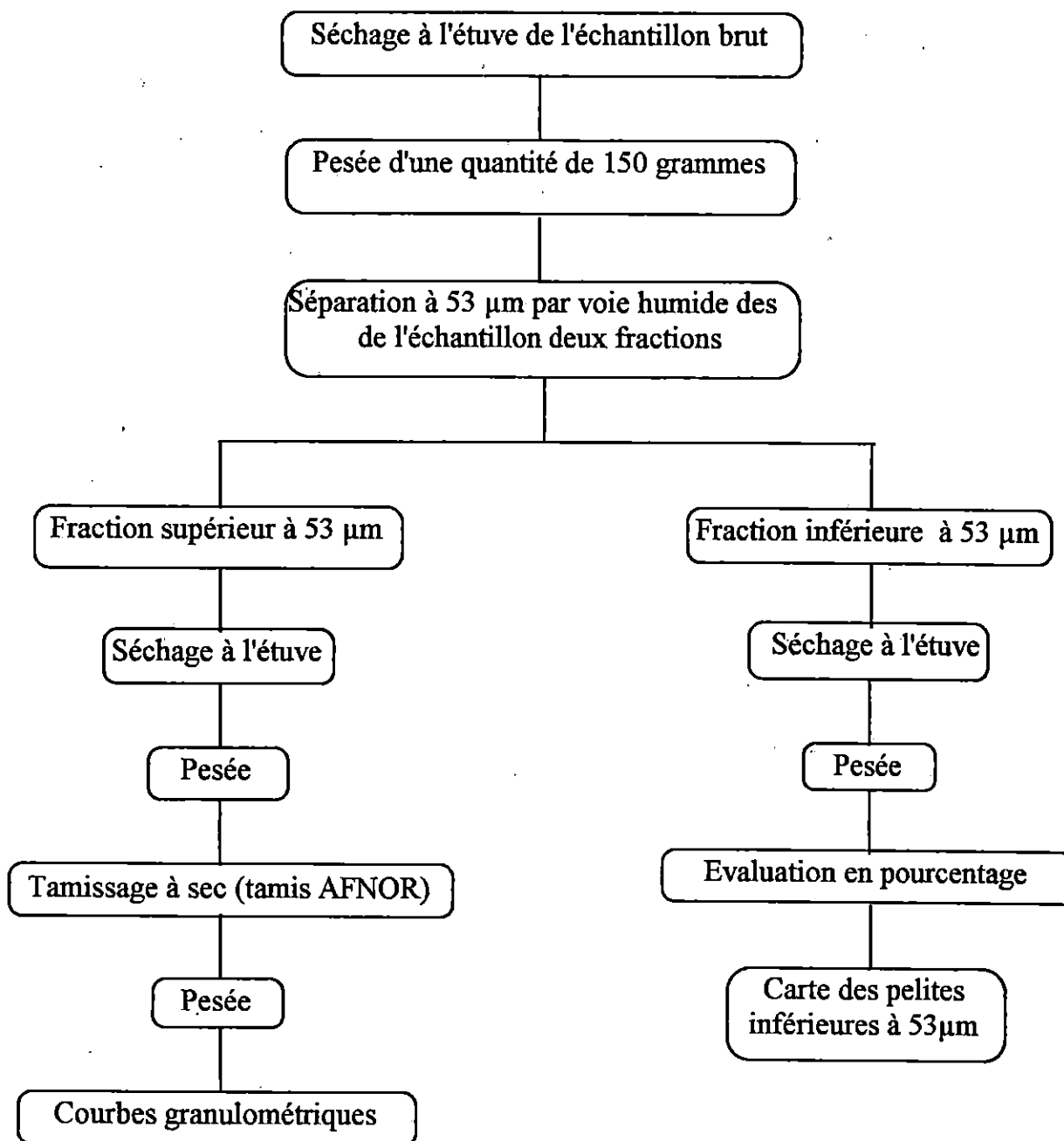


Fig n°33 : *Méthode d'analyse granulométrique.*

Le mode :

La représentation graphique en courbe cumulative et histogramme de fréquence des résultats granulométriques, permet de mettre en évidence dans un même échantillon la dominance d'une ou plusieurs fractions qu'on appelle couramment les modes.

RIVIERE (1977) distingue trois courbes :

- Courbe unimodale : Où l'on note la dominance d'un seul stock sédimentaire (fig n°34).
- Courbe bimodale : Où l'on note la dominance de deux stocks sédimentaires (fig.n°34).
- Courbe plurimodale : Où l'on note la dominance de plusieurs stocks sédimentaires. (fig n°34).

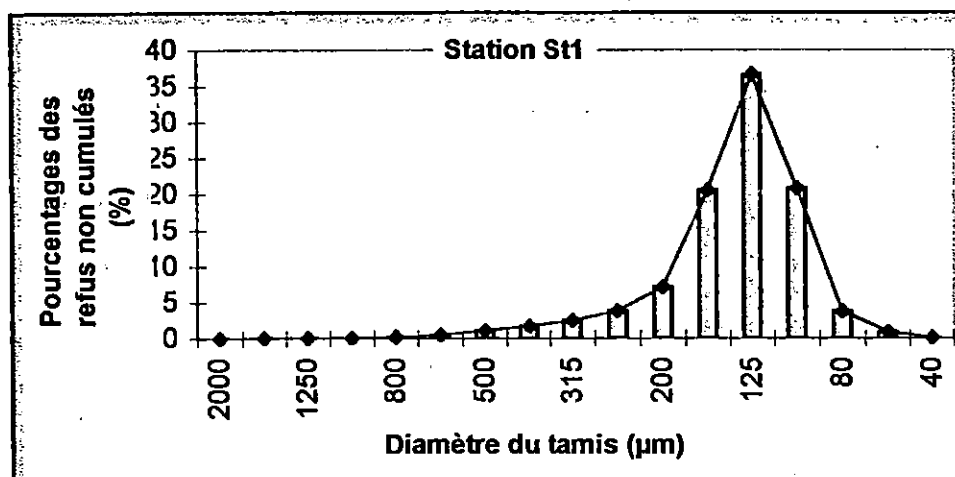
Les indices granulométriques :

Les paramètres granulométriques descriptifs (centiles ; 5%, 16%, 84%, 95%, et le quartile 50%) sont obtenus à partir des courbes cumulatives semi-logarithmiques par la méthode graphique. Ces paramètres sont lus en microns mais pour des nécessités de calcul, ils sont convertis en unité Φ , cette échelle correspond au cologarithme à base 2 des diamètres des particules en mm.

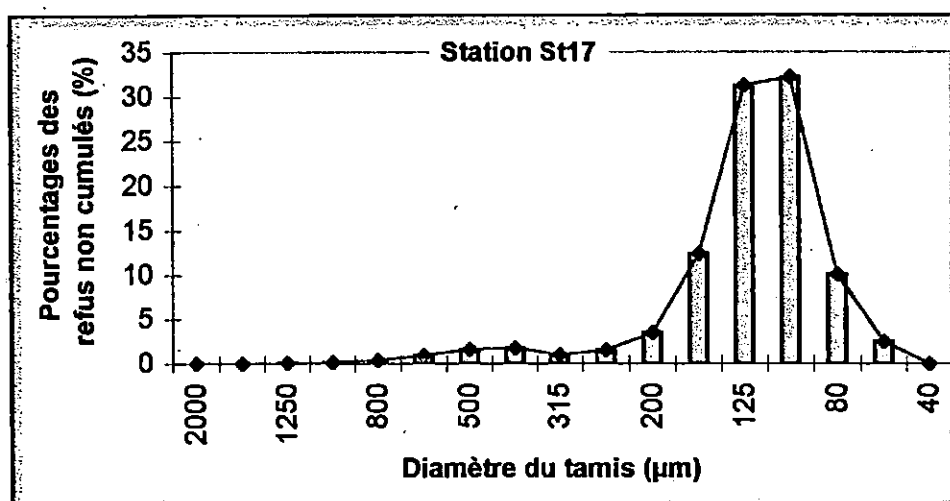
• Taille moyenne :

Elle correspond à la dimension la plus représentée dans un échantillon. Elle est exprimée par la relation suivante (en unité Φ) : (FOLK et Ward, 1957)

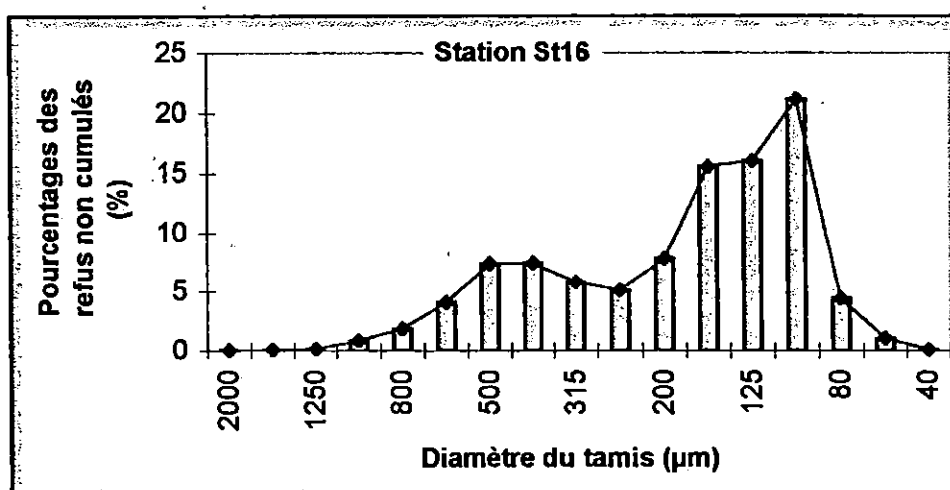
$$M = \frac{\phi_{84} + \phi_{50} + \phi_{16}}{3}$$



Courbe unimodale



Courbe bimodale



Courbe plurimodale

Fig n° 34 : "Histogrammes représentant les différents types modales"

• **Indice de classement :**

Cet indice reflète le degré de perfectionnement du classement. Il est donné par la relation suivante (en unité Φ) (FOLK et Ward, 1957) :

$$\phi_i = ((\phi_{84} - \phi_{16})/4) + ((\phi_{95} - \phi_5)/6,6)$$



Suivant les valeurs obtenues le sédiment sera classé comme suit :

ϕ_i	0 à 0,35	0,35 à 0,5	0,5 à 0,75	0,75 à 1	1 à 2
Classement	très bien classé	bien classé	moyennement classé	médiocrement classé	très mal classé

• **Indice d'asymétrie (SKEWNESS) :**

Cet indice indique la prépondérance ou non, des particules fines ou grossières, par rapport à la moyenne de l'échantillon (A. CHAMLEY, 1987), il est exprimé par la formule suivante :

$$SK_i = (\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{84} - \phi_{16}) + (\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{95} - \phi_5)$$



Le SKi varie comme suit :

SKi	+1 à +3	+0,3 à +0,1	+0,1 à -0,1	-0,1 à -0,3	-0,3 à -1
Classement	Forte asymétrie vers les petites tailles	asymétrie vers les petites tailles	asymétrie granulométrique de l'échantillon	asymétrie vers les grandes tailles	Forte asymétrie vers les grandes tailles

II.2. Mode de transport des sédiments (Diagramme de PASSEGA) :

C'est un test granulométrique qui permet de caractériser le mode de mise en place d'un sédiment (A.VATAN, 1967), il est basé sur les paramètres suivants :

- Le centile supérieur correspondant au grain le plus grossier.

- La médiane.

La répartition de points obtenus sur un " *Diagramme de PASSEGA* " nous met en présence des modes de transport suivants :

- Suspension uniforme.
- Suspension gradée (suspension classée sans roulement).
- Transport par charriage (saltation et roulement).
- Suspension pélagique.

Remarque :

Il faut noter qu'avec l'échelle Φ , les courbes cumulatives commençant par les éléments grossier, le ϕ_{25} , ϕ_{10} et ϕ_1 de l'échelle de Φ correspondent au ϕ_{75} , ϕ_{90} et ϕ_{99} de l'échelle logarithmique décimale (A.RIVIERE 1981).

Ces paramètres seront utilisés ultérieurement pour l'établissement du " *Diagramme de PASSEGA* " et la carte du décile supérieur (P_{90}).

II.3. Résultat et interprétation :

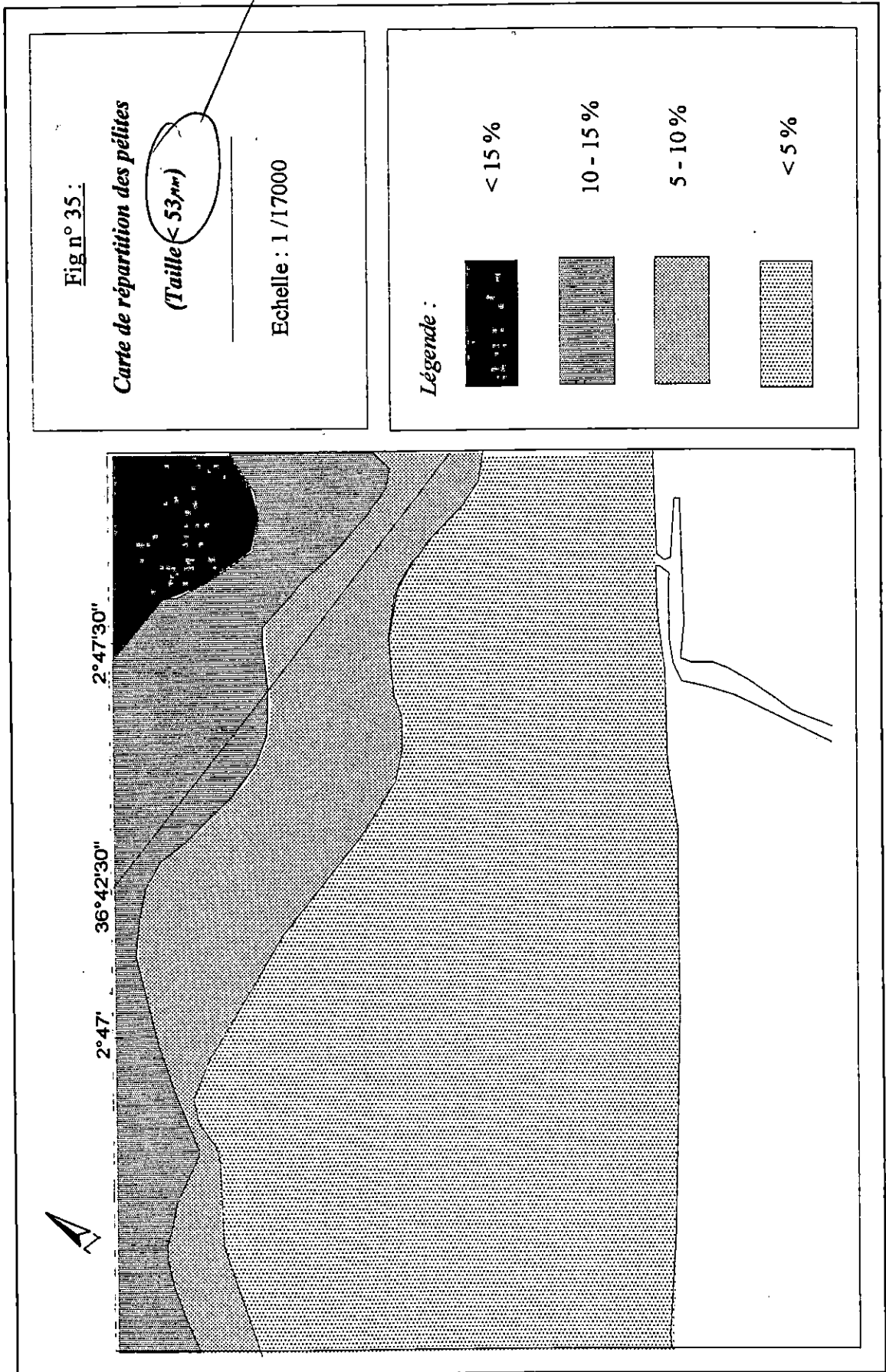
II.3.1. La plage sous- marine :

a. Teneur et répartition de la fraction pélitique (inférieure à $53\mu m$) : (fig n°35)

Les teneurs en pélite dans la zone d'étude est très faible.

Le recouvrement pélitique ne débute qu'au delà de -15m de profondeur avec des teneurs représentatives supérieures à 10% atteignant au large de l'Oued Mazafran une valeur maximale de 20%.

En effet, le Mazafran constitue la principale source d'apport qui alimente la plage sous-marine en pelites. Ceci explique le rapprochement des lignes d'isoteneurs 5% et 10% vers la côte devant l'embouchure de cet Oued.



Cette répartition des pélites comparée aux travaux antérieurs d'H. PAUC et D. AIT KACI, 1982, et de S. BERERICHE, 1987, confirme les interprétations de ces auteurs.

Il y a devant l'embouchure du Mazafran un envasement précoce permanent mais de dimension réduite résultant de la floculation des alluvions apportées par l'Oued.

La mise en évidence et la formation de ce prodelta par petits fonds sont donc liées aux crues saisonnières comme pour la plupart des fleuves côtiers méditerranéens.

b. Analyse modale :

L'histogramme de fréquence des modes granulométriques fait apparaître plusieurs population qui peuvent être regroupées en trois (3) classes modales (fig. n°36).

- Classe modale I (40- 100 μm) avec un maximum à 80 μm .
- Classe modale II (100- 200 μm) avec un maximum à 100 μm .
- Classe modale III (200- 2000 μm) avec des maxima à 200 μm et 500 μm .

b.1. Classe modale I :

- Répartition :

La répartition de la classe I montre un étalement progressif et croissant des teneurs de la côte vers le large (fig n°37).

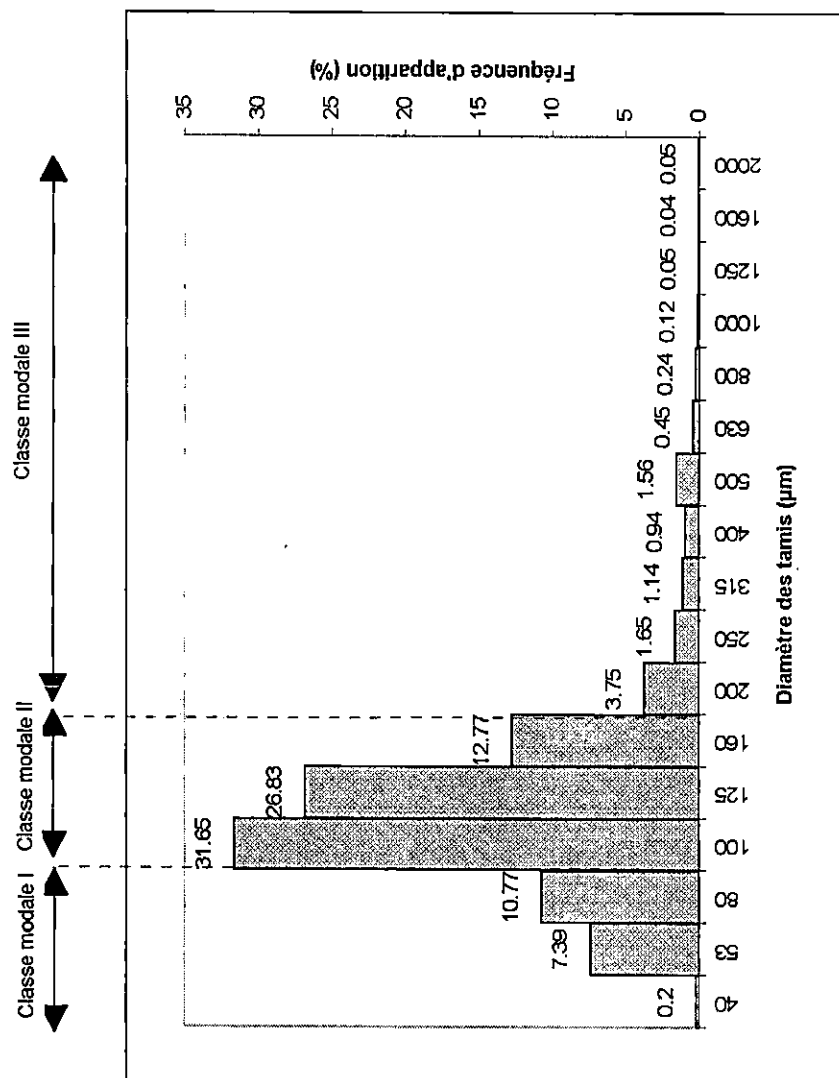


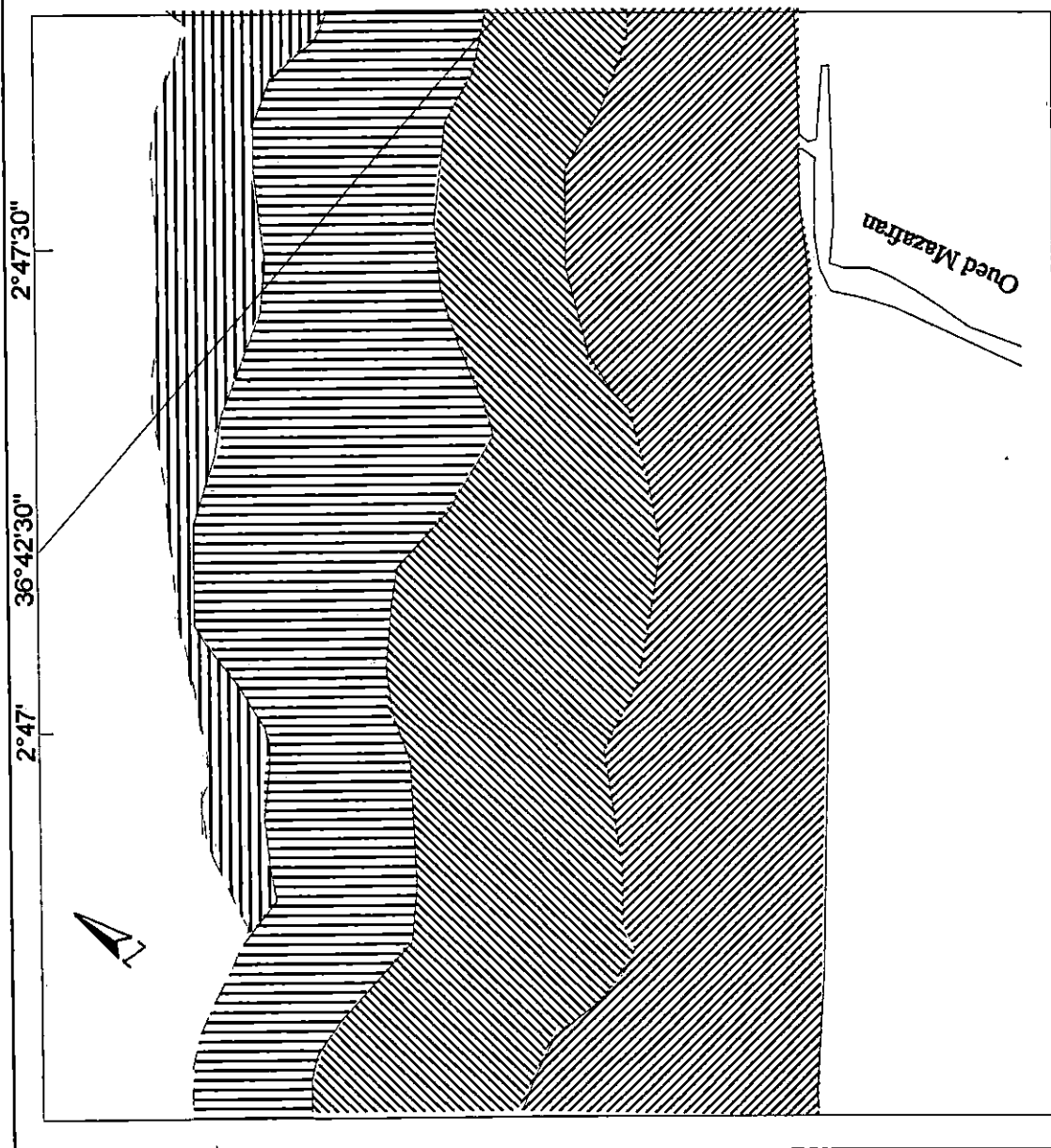
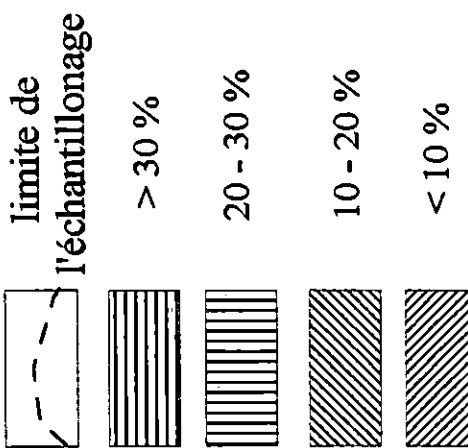
Figure N° 36 : Histogramme des fréquences d'appartion des modes granulométriques des échantillons marins

Fig n° 32 :

Répartition de la classe modale I (40-100 σ_m)

Echelle : 1/17000

Legende :



- Interprétation :

L'étalement progressif et croissant des teneurs de la côte vers le large est le résultat de la remobilisation des sédiments de cette classe qui obéissent à un gradient hydrodynamique décroissant de la côte vers le large.

Au droit de l'embouchure de l'Oued Mazafran, l'avancée des teneurs élevées est synonyme de l'importance des apports, en sable fin envasé.

b.2. Classe modale II :

- Répartition :

L'histogramme de fréquence (Cf. fig. n°36) montre que cette classe est la mieux représentée. Elle constitue plus de 60% de l'ensemble du sédiment, recouvrant presque l'ensemble du site d'étude.

En fait cette classe constitue le tapis sédimentaire de notre zone d'étude.

Cependant, les variations remarquables sont localisées à la côte, à des profondeurs de 0 à 5m environ où les teneurs diminuent à la faveur d'un matériel plus grossier (fig. n°38)

- Interprétation :

Etant donné que cette classe occupe presque toute la plage sous-marine, on aurait supposé qu'elle puise son origine dans l'érosion sur place de la côte sableuse seulement, mais la présence de l'Oued Mazafran et la répartition des sédiments qu'il fournit laissent penser que l'essentiel du matériel de la classe II provient de cette source.

Dès lors, on peut supposer l'action de deux dynamiques, différentes intervenant dans la mise en place de cette classe.

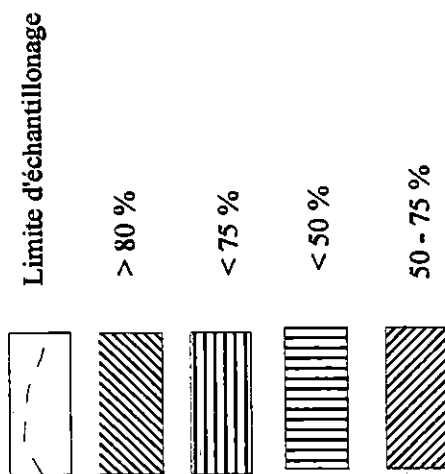
La dynamique frontale par houle du Nord-Ouest qui engendre un courant de retour responsable du transport des sédiments, perpendiculairement à la côte, de plus

Fig n°38 :

"Carte de répartition de la
classe modale II (100 - 200, m)"

Echelle : 1/17000

Légende :



l'amortissement de ce courant ne se réalisant que vers -30m (*in* D. BRAIK, 1989), explique la persistance des teneurs élevées vers les -20m de profondeur.

b.3. Classe modale III :

- Répartition :

Cette classe est mieux représentée dans la frange côtière avec des teneurs élevées localisées le long de la côte (fig n°39).

Vers le large la classe III est très faiblement représentée avec des teneurs inférieures à 10%.

- Interprétation :

Les éléments grossiers, apportés par l'Oued Mazafran, sont redistribués latéralement, la dynamique côte-large responsable de l'étalement des sédiments vers le large, ne peut remobiliser qu'un très faible pourcentage (< 10%) des sédiments du fait de leurs tailles granulométriques élevées.

En revanche, l'extension à la côte des teneurs relativement élevées (> 50%) est due à la proximité de la source d'apport, l'Oued Mazafran.

En effet à partir des rapprochements effectués entre la carte de répartition de la classe III et la carte bathymétrique de la zone côtière ; il ressort que les isobathes (1 à 7m) décrivent des extensions qui coïncident avec les zones à forte teneurs suscitées, la localisation de l'échantillon (S₁₆) peut être expliqué par un transit chenalisé par les courants de retour.

c. Analyse des paramètres sédimentologiques :

c.1. La taille moyenne :

Les plus grandes tailles granulométriques (moy < 2,5) se repartissent le long de la côte. Elles sont localisées à des profondeurs de 0 à -7m (fig n°40).

Fig n° 39

Répartition de la classe
modale III (200-2000 r^m)

Echelle : 1/17000

Legende :



Limite de
l'échantillonnage



< 10 %



50 - 10 %



> 50 %

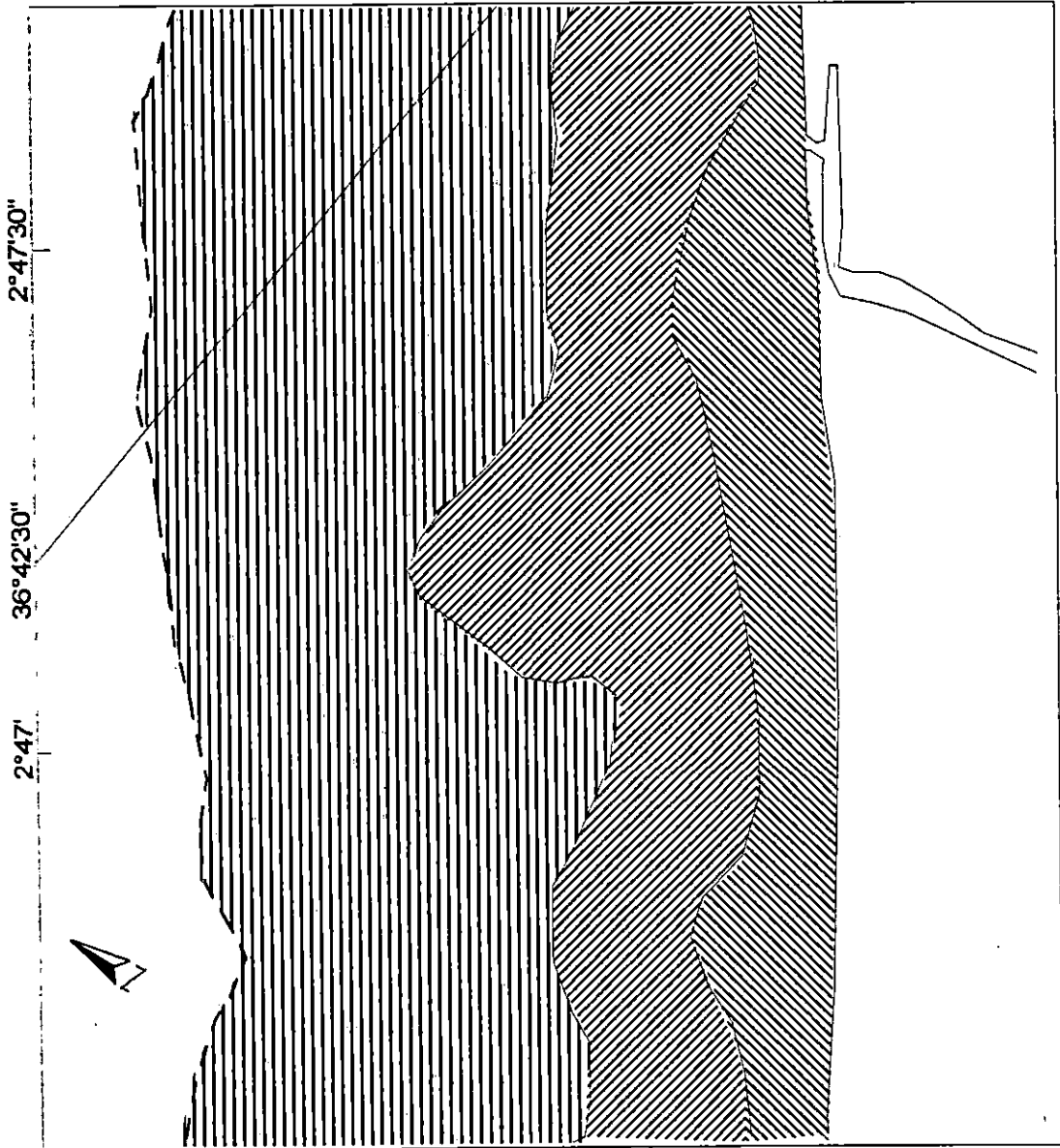


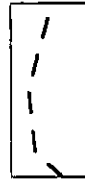
Fig. n° 40

**Carte de répartition des moyennes
granulométrique (Unité Φ)**

Echelle: 1/17000

Legende :

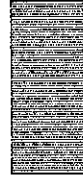
Limite de
l'échantillonnage



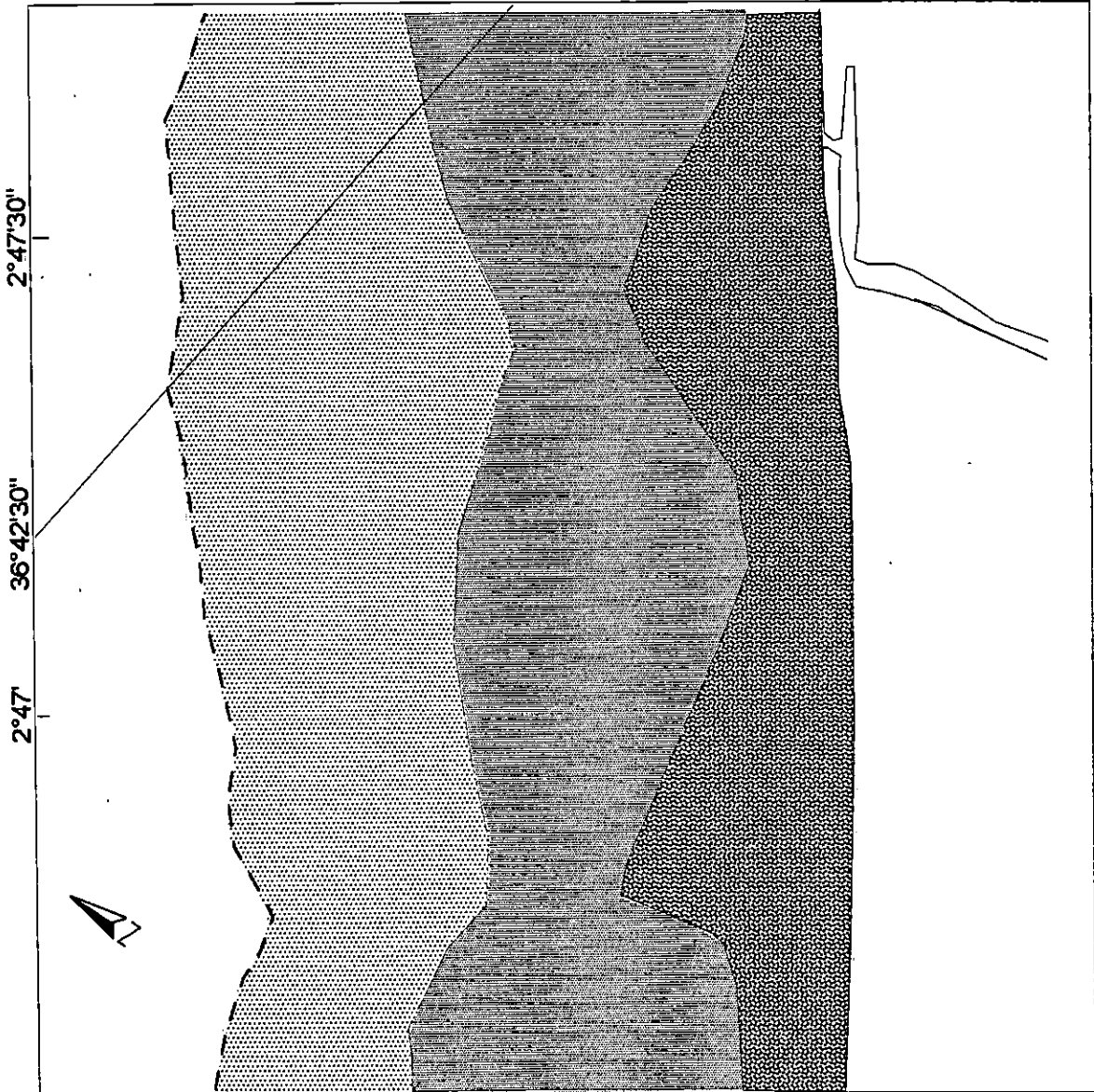
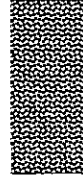
$M > 3$



$2,5 < M < 3$



$M < 2,5$



Les moyennes granulométriques augmentent progressivement de la côte vers le large traduisant un vannage des éléments de taille plus petites dans les petits fonds sous l'influence des houles.

La distribution des moyennes rappelle les répartitions des sédiments dans les différentes classes modales.

En effet, les classes dont les tailles granulométriques sont plus petites (classe I), ont les pourcentages représentatifs (>50%) au large et correspondent aux moyennes les plus élevées. Inversement les classes dont les tailles granulométriques sont supérieures (classe III) présentent des teneurs représentatives (>50%) à la côte et correspondent aux moyennes granulométriques les plus faibles.

Ils ressorts ainsi le rôle de la dynamique "côte-large" qui engendre une répartition des sédiments selon leur tailles granulométriques, plus fine au large.

c.2. L'indice de classement ϕ_i :

La carte de distribution des ϕ_i se traduit par un bon classement ($\phi_i < 0,50$) pour la majorité des sédiments (fig n°41).

Ce bon classement est dû à l'homogénéité et la nature détritique dominante du dépôt, soulignée dans les classes I et II essentiellement. Cette carte fait apparaître localement entre -5 et -7m, des sédiments assez bien classé se répartissant parallèlement à la côte.

Un seul échantillon est médiocrement classé celui de la station (S₁₆), ceci est à relier à la nature du sédiment à tendance grossière.

c.3. l'indice d'asymétrie : (fig n° 42)

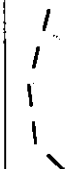



La distribution de l'indice d'asymétrie permet de suivre l'évolution transvesale du sédiment. Nous tiendrons compte de l'affinement granulométrique de la côte vers le large et de la distribution des différentes classes granulométriques. A partir de la côte on distingue :

Fig. n° 41

"Carte de répartition de l'indice de classement ϕ_i (Unité Φ)"

Echelle: 1/17000

Légende :

-  Limite de l'échantillonnage
-  $\phi_i > 1$
-  $0,7 > \phi_i > 0,5$
-  $\phi_i < 0,5$

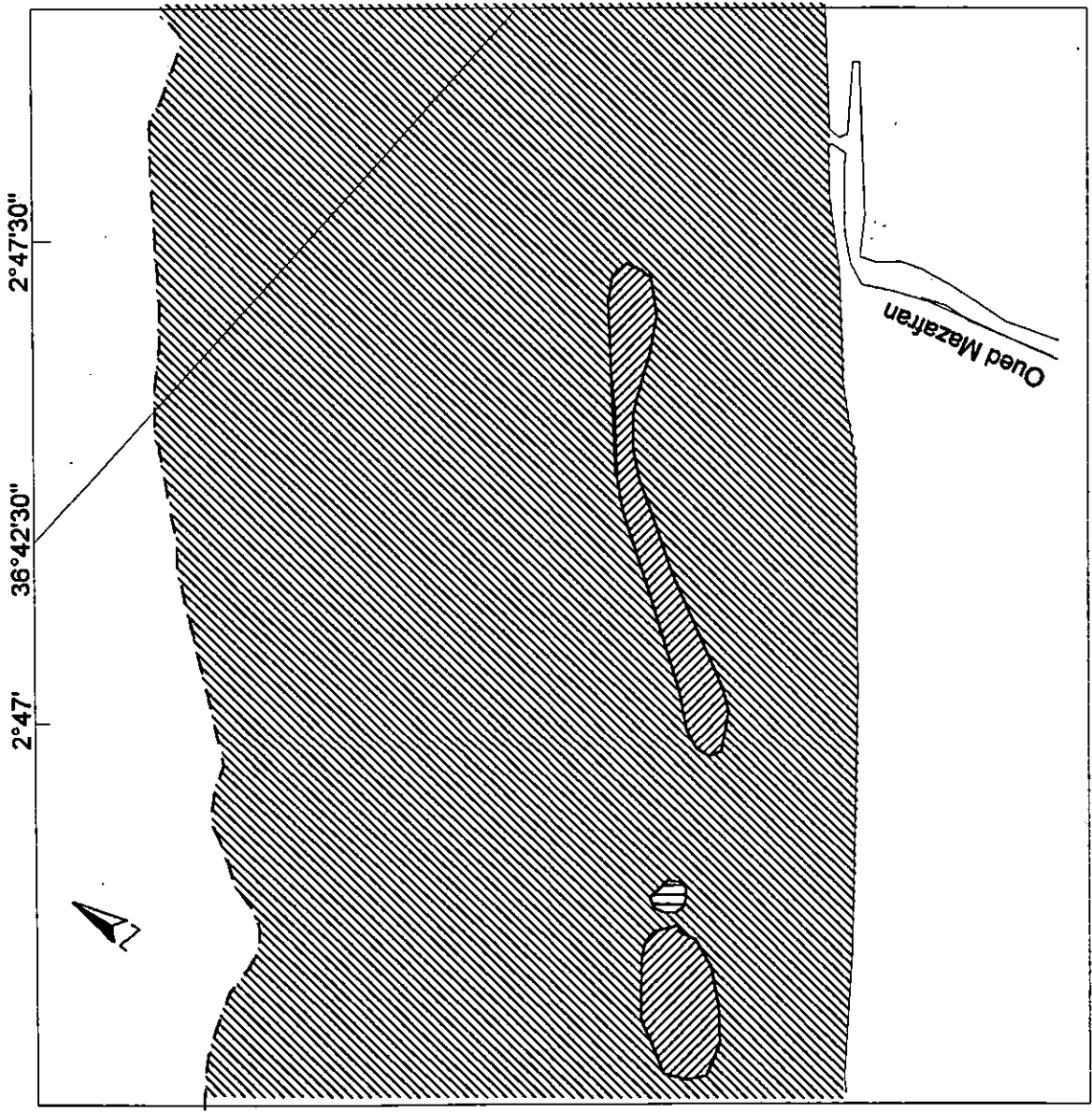


Fig. n°42

"Carte de répartition de l'indice d'asymétrie s_{ki} (unité Φ)"

Echelle : 1/17000

Legende :



$s_{ki} > 0,1$



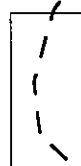
$0,1 > s_{ki} < -0,1$



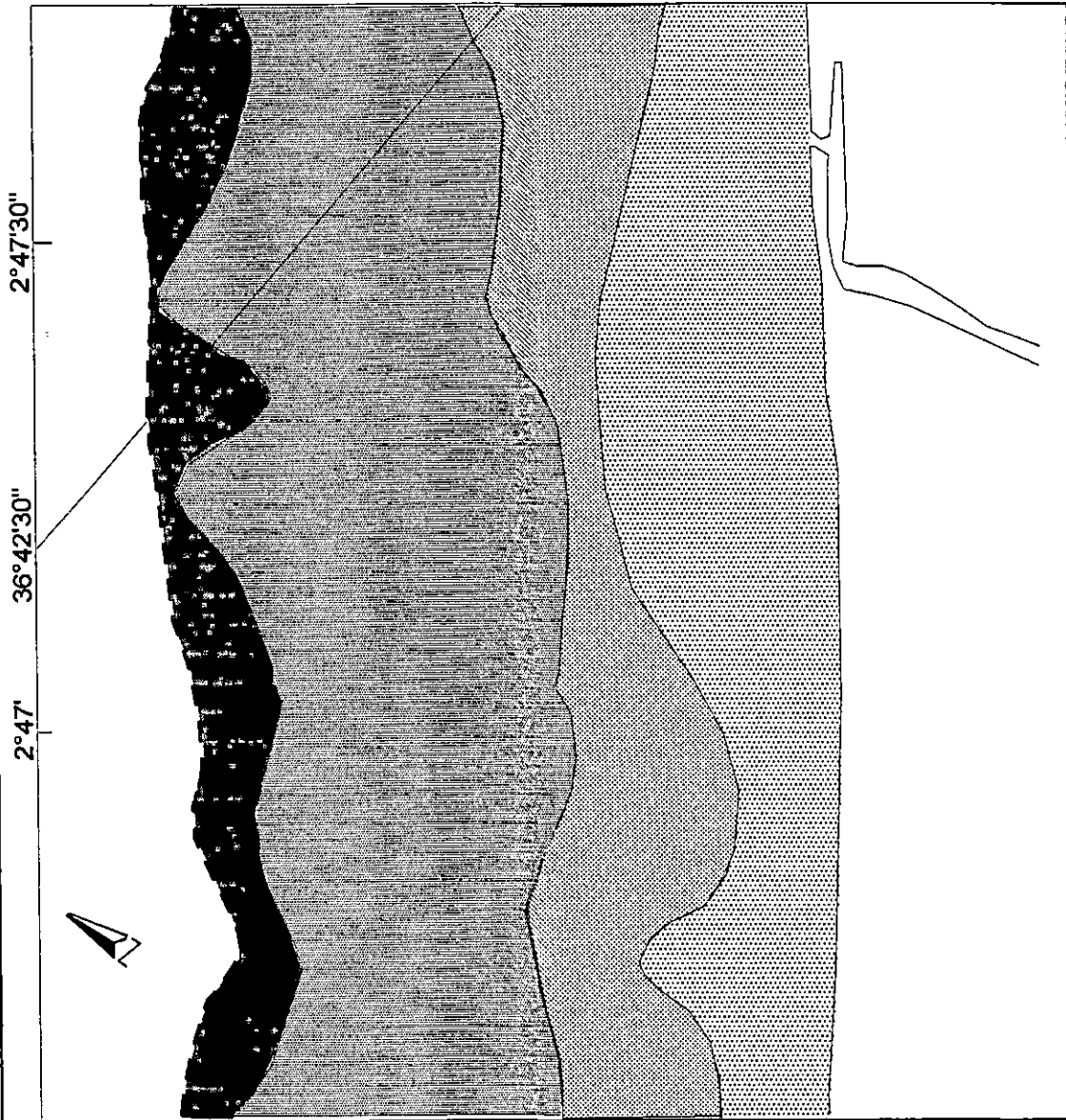
$-0,1 < s_{ki} < -0,3$



$< -0,3$



Limite de l'échantillonnage



- Une première zone localisé à la côte montrant une asymétrie vers les grandes tailles ($SK_i < -0,30$).

Cette tendance s'explique par un vannage des sédiments plus fins vers le large sous l'influence de la dynamique côte-large.

les dépôts sédimentaires évoluent ensuite vers une symétrie granulométrique ($01 > SK_i > -0,1$) au large.

L'évolution du SK_i paraît logique et en conformité avec la répartition des moyennes granulométriques.

d. Carte du décile supérieur (P_{90}) :

Le décile supérieur correspond au diamètre dont l'ordonnée est 90%, il nous indique essentiellement les zones de haute énergie.

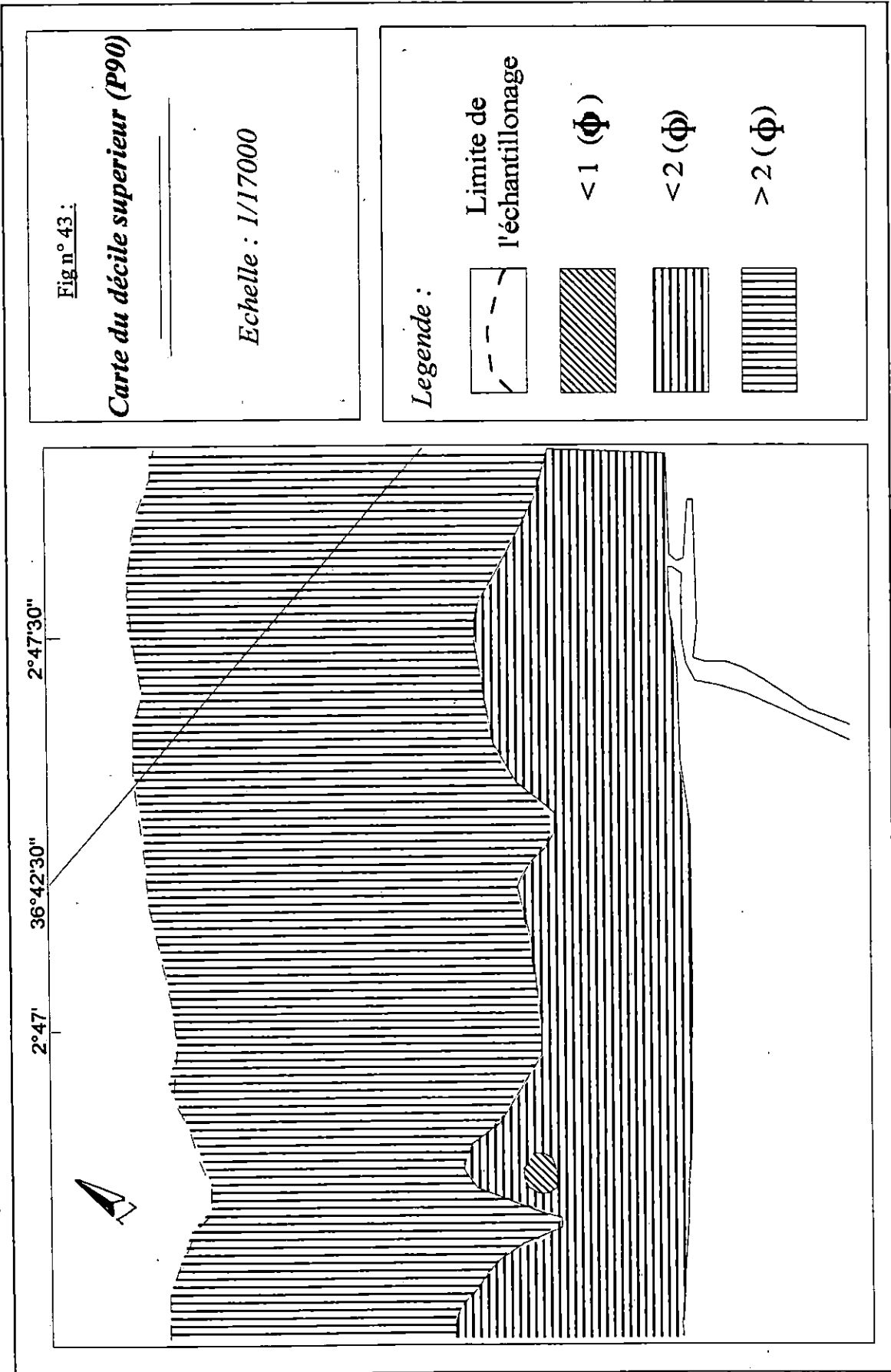
L'examen de la figure n°43 montre que les plus grandes valeurs du décile supérieur < 2 ($> 250 \mu\text{m}$) se localise à la côte (profondeur $< 7\text{m}$), elle souligne l'influence de l'action érosive de la houle qui se traduit par un grand pourcentage de la fraction grossière (P_{90}).

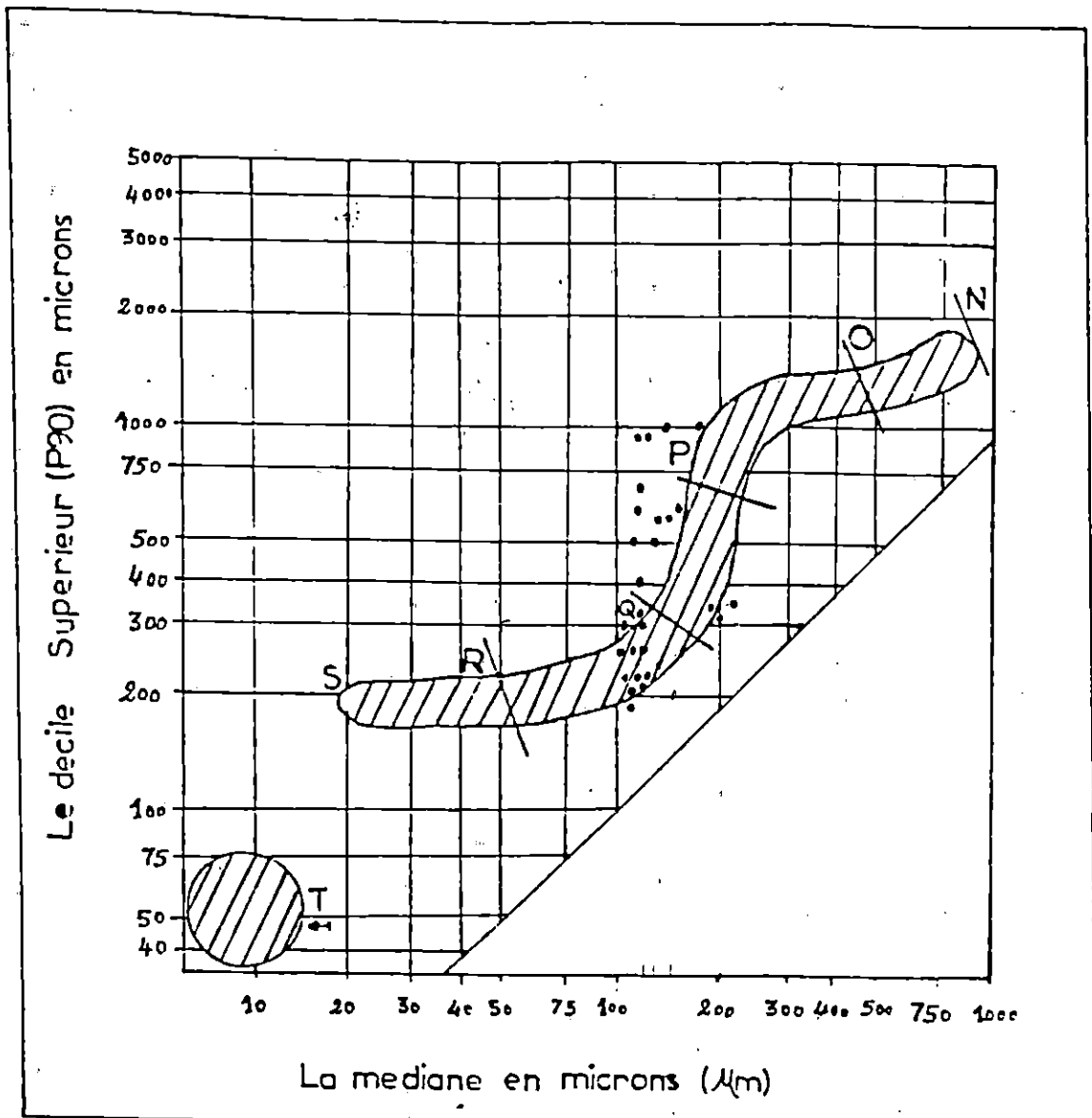
L'échantillon S_{16} présente une valeur maximale = 0,86 (550 μm) localisé à 6m de profondeur, ceci est dû à la nature hétérogène du sédiment.

e. Diagramme de PASSEGA :

L'établissement des points sur le diagramme (fig. n°44) a permis de dégager trois modes de transport pour nos échantillons.

Du rivage jusqu'à une profondeur de 9m, les sédiments sont départagés entre les modes roulement et saltation et suspension gradée sans roulement, au delà de cette profondeur le transport des sédiments s'effectue par suspension classé sans roulement.





Legende:

- OP: Roulement
- PQ: Roulement et Saltation
- QR: Suspension Classée
- RS: Suspension Uniforme
- T : Suspension Pelagique

Echelle :

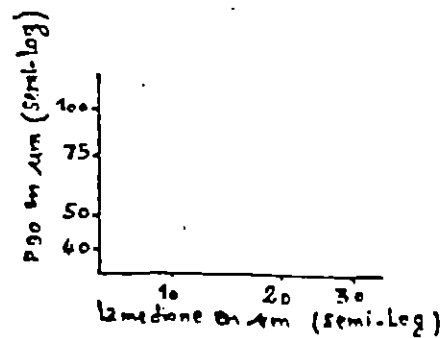


Fig n° 44 : Diagramme de PASSEGA.

II.3.2. La plage aérienne :

a. Les pélites :

Les valeurs des pélites sont très faibles ne dépassant pas 0,74%, sauf pour l'échantillon de l'Oued prélevé à 300m à l'amont de l'embouchure, où enregistre un taux de 34,54%.

Ceci est compréhensif dans la mesure où l'Oued apporte une charge importante de fraction fine.

b. La médiane (ϕ_{50}):

Il y a généralement une décroissance de la médiane en partant du rivage vers le haut de plage. Cette décroissance est accentuée dans le profil quatre (4) de -0,48 à 2 (1,4 mm - 0,250 mm).

En effet, la localisation du sable grossier sur le rivage est la conséquence d'un vannage des éléments fins par les courants de retour.

Pour les autres profils, cette tendance est respectée avec du sable moyen dominant en haut de plage ainsi qu'au niveau des dunes de 1,5 à 2 (0,350 mm-0,250mm).

Dans la plage sous-marine cette classe se répartit jusqu'à la profondeur de 3m, au delà le sable fin prédomine.

c. L'indice de classement ϕ_i :

Le calcul de cet indice montre que 47% des sédiments sont assez bien classés, 40% moyennement classés et le reste médiocrement classés localisés au rivage.

Ce classement de sédiment est en rapport avec la période hivernale et donc un remaniement important du sable de plage.

d. L'indice d'asymétrie SKi :

Sur les 20 échantillons prélevés, la majorité des valeurs sont inférieurs à -0,30 (en unité Φ) et donc une tendance d'étalement vers le grossier.

II- La calcimétrie :

L'attaque par l'acide chlorhydrique (HCl) permet de reconnaître et de mesurer l'importance de la fraction calcaire (CaCO_3) dans les sédiments.

L'étude calcimétrique a été réalisé à l'Institut National d'Agronomie (I.N.A.) au moyen de calimètre de BERNARD (Annexe 06).

III.1. Méthodologie :

Après le choix de dix sept (16) échantillons représentatifs, on a procédé à leur analyse selon les étapes suivantes :

- Placer l'échantillon à analyser en "a" (1 à 10g).
- Placer de l'acide chlorhydrique dans l'éprouvette déposé en "a".
- Fermer le récipient "a".

mesurer la hauteur d'équilibre (h_1) en déplaçant la vase amovible.

- Agiter le récipient "a" pour que l'acide tombe sur l'échantillon.
- Attendre la fin de la réaction.
- Mesurer la hauteur d'équilibre (h_2) en déplaçant la vase amovible.

La différence entre les valeurs obtenus en (h_1) et (h_2) correspond au volume du gaz dégagé.

$$(u = h_2 - h_1).$$

Le pourcentage de la teneur en calcaire (CaCO_3) est obtenu en appliquant la formule suivante :

$$\text{Ca CO}_3 \% = 0,3 (u/V.P). 100$$

Avec :

CaCO_3 = teneur en calcaire (%)

v = (volume de gaz CO_2 dégagé en utilisant 0,3g de CaCO_3 pure).

h_1 = volume lu à l'étalonnage du calcimètre (ml).

h_2 = volume du gaz dégagé (ml).

p = pesée de l'échantillon (1g).

III.2. Interprétation des résultats :

Les résultats sont consignés dans le tableau n°08 qui permettent l'établissement de la carte de répartition des teneurs en carbonates dans notre zone d'étude (fig n° 45).

Tableau n° 08 : "Taux de carbonate dans les sédiments".

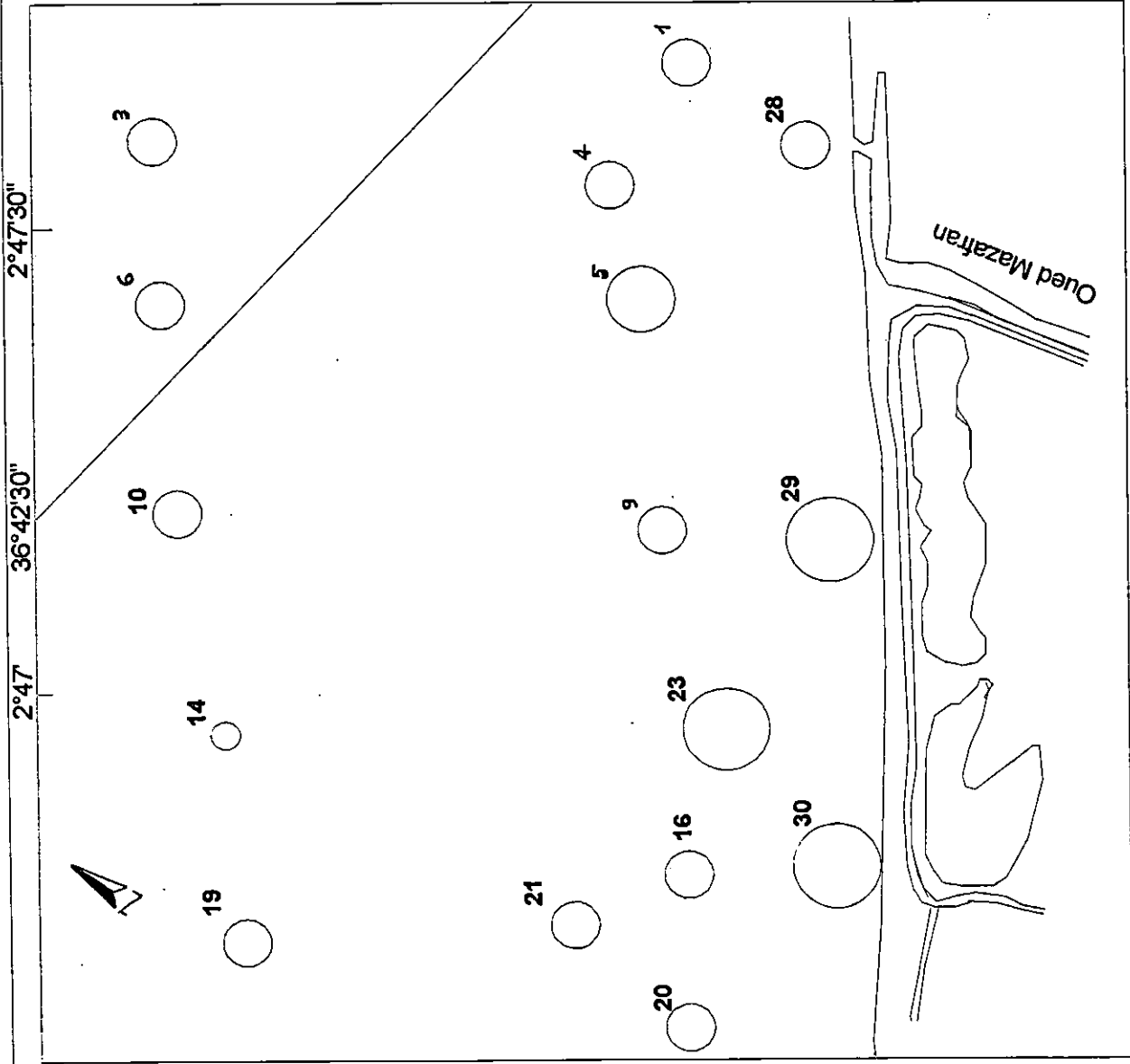
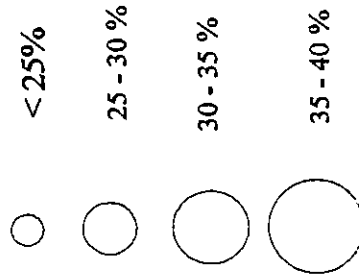
Echantillon	U (ml)	Teneur en carbonate (%)
S ₁	31,0	26,00
S ₃	33,0	27,69
S ₄	32,5	27,27
S ₅	41,5	34,83
S ₆	32,0	26,85
S ₉	34,0	28,53
S ₁₀	32,0	26,85
S ₁₄	29,0	24,34
S ₁₆	34,0	28,53
S ₁₉	34,5	28,95
S ₂₀	31,0	26,01
S ₂₁	33,5	28,11
S ₂₃	47,5	39,86
S ₂₈	32,5	27,30
S ₂₉	43,5	36,50
S ₃₀	47,8	40,10

Fig. n° 45

"Carte de répartition des carbonates dans la zone d'étude".

Echelle : 1/17000

Légende :



Conclusion :

La répartition du taux de calcaire dans la plage sous-marine montre une progression des teneurs du large vers la côte et de l'Ouest vers l'Est, ce qui confirme une fois de plus que de la direction du transit sédimentaire est d'Ouest vers l'Est.

Le taux de CaCO_3 dans les échantillons analysé est plutôt important ce qui dénote de l'origine marine d'une partie non négligeable des sédiments de la plage du Mazafran.

III- La morphoscopie:

L'analyse morphoscopique s'est effectuée sur 20 échantillons à l'aide d'une loupe binoculaire, on peut ainsi observer à sec certains caractères tels: la forme, l'éclat et la couleur.

A.CAILLEUX, (1969) préconise l'application de la morphoscopie sur les grains présentant des diamètres de l'ordre de $300\mu\text{m}$, ils sont les plus sensibles au façonnement par les eaux courantes marines et fluviales.

A cette taille on peut donc formuler les règles suivantes.

- Si le pourcentage des émoussés luisants est $> 30\%$, l'usure par la mer est certaine.
- Entre 20% et 30% l'action de la mer est extrêmement probable.
- Au dessous de 20% , il ya doute sur l'origine marine.

Pour notre part on a pris en considération ceux compris entre 250 et $400\mu\text{m}$.

IV.1. Résultats et interprétation:

En ce qui concerne la plage sous marine la presque totalité de nos échantillons ont une forme émoussés avec un éclat mat, les émoussés luisants ne présentent qu'un très faible pourcentage, traduisant ainsi une origine fluviale.

Les non usés présentent une certaine dominance sur quelques échantillons principalement au large de l'Oued Mazafran et à l'extrémité Ouest du site, ceci peut être expliqué par le fait que ces sédiments sont entraînés loin et échappent ainsi aux brassages des houles côtières.

- Pour la plage aérienne, la presque totalité des échantillons est constituée d'ébouillants mat et de non usés.

Le détail par échantillon peut être trouvé en annexe 06

IV.1.1. Nature des sédiments:

Les échantillons étudiés sont constitués par du matériel détritique composé essentiellement de quartz et quelque débris de roche.

L'observation du taux des grains de quartz fait apparaître que celui-ci est beaucoup plus important dans les sédiments marins et ceux de la plage alors qu'il est relativement faible pour l'Oued.

A titre de comparaison nous avons étudié la morphoscopie de deux échantillons S_1 et S_8 dans la gamme ($40\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$), cette classe est constituée de quartz fin très abondant à forme angulaire.

Les actions d'abrasion sur les petites particules diminuent ceci explique la faiblesse du façonnement marin sur certaines plages de sable fin pourtant exposées aux vagues (H.CHAMLEY, 1987).

IV.1.2. La couleur du grain de quartz:

Les grains de quartz arrachés à la roche mère présentent des couleurs assez claires se situant entre le transparent jusqu'au laiteux en passant par le translucide.

La couleur blanche prédomine dans le sédiment de la plage et de l'Oued, alors que la couleur grise est prépondérante dans les sédiments du large.

La concentration de la couleur blanche confirme la présence de sédiment arraché récemment, alors que les sables fins infralittoraux de couleur sombre

caractérisant la frange Zeralda - Douaouda est constitué à partir des apports de l'Oued Mazafran (D.BRAIK, 1989).

Ceci parait logique dans la mesure où nos prélèvements se sont effectués en période de crue de l'Oued.

Chapitre 6.

***IMPACTS
ANTHROPIQUES ET
PERSPECTIVES
D'AMENAGEMENT***

IMPACTS ANTHROPIQUES ET PERSPECTIVES D' AMENAGEMENT.

I. Les impacts anthropiques :

I.1. Evolution de l'occupation du site:

L'environnement du site du Mazafran a subit de graves atteintes dûe en particulier à l'extension urbaine. (Voir fig. n° 46).

La construction d'une piste en bordure de la côte en 1963 ainsi que les multiples constructions qui s'en est suivi ont définitivement tronquer les dunes et désorganiser la plage dans son fonctionnement.

D'énormes quantités de sable ont été imprudemment prélevées pour les besoins de la construction, la dune bordière a servi et sert encore de sablière, là où elle a été aplanié pour le passage de la route ou pour l'édification des installations touristiques à proximité du rivage, les mouvements des sables sont perturbés, les hôtels et les kiosques qui les entourent constituent des écrans pour les vents continentaux.

Cette situation a engendrer un démaigrissement dans la partie occidentale ainsi que l'extrémité Ouest du site alors que ce dernier est appeler dans l'avenir à recevoir d'autres infrastructures.

I.2. Estimation théorique du l'érosion dunaire:

La description et l'estimation de l'érosion dunaire est basé sur l'analyse d'une combinaison de la carte photogramétrique de 1968 avec la photographie aérienne de 1997.

Afin d'estimer l'aire érodé nous avons adopter la méthode suivante:

- Superposition des deux cartes (1968 - 1997) établies à l'échelle de 1/10000 et délimitation de la surface érodée, l'estimation est établie par un calque millimétré en mm² puis converti à l'échelle réelle.

Cette méthode a permis de dresser une carte différentielle des surfaces dunaire (Voir fig. n°47)

Elle met en évidence une surface érodée de l'ordre de 104500 m² soit 10,45 ha.

1.3. Pollution :

Il n'est pas étonnant que le problème de la pollution dans les zones d'embouchure se pose avec relativement beaucoup plus d'acuité que dans le reste des zones côtières, les cours d'eau drainent les eaux d'origine continentale, celle-ci sont polluées par les eaux de ruissellement chargées de polluants d'origine agricole (pesticides, composés azotés et phosphates), par les eaux résiduaires domestiques et par les rejets industriels dans les bassins versants (M. Larid, 1995).

Divers activités se concentrent dans le bassin versant du Mazafran (annexe n°07)

Les résultats d'analyse d'eau de l'Oued Mazafran relevés à la station Fer à cheval (1992-1993) sont consignés dans le tableau n° 09.

Tableau n° 09 : résultats d'analyse d'eau de l'oued Mazafran (1992 - 1993)

Paramètres	Période	Normes (O.M.S.)	Mars 92	Juin 92	Mars 93	Juin 93
Température (T)	C°	MAX 30°C	14,0	17,0	16,0	29
pH		6,5 - 8,5	7,0	7,0	7,1	7,0
Oxygène dissous	mg/L	5 à 7			0	0
DCO	ng/L	60 à 90	20,0	15	40	85
DBO ₅	mg/L	20 à 30	1	3	15	-
M.E.S	mg/L	20	-	0	14	22
Nitrite (NO ₂)	mg/L	0,56	0,60	0,07	0,6	0,28
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	8,0	6,0	3	2
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L		1,75	0,49	2	2
Phosphate (PO ₄ ⁺)	mg/L	2	0,65	0,90	-	16,25
Fer (Fe ⁺⁺)	mg/L	-	-	-	0,38	1,06
Manganèse (Mn ⁺⁺)	mg/L	-	-	-	0,15	0,25

Source : A.N.R.H.

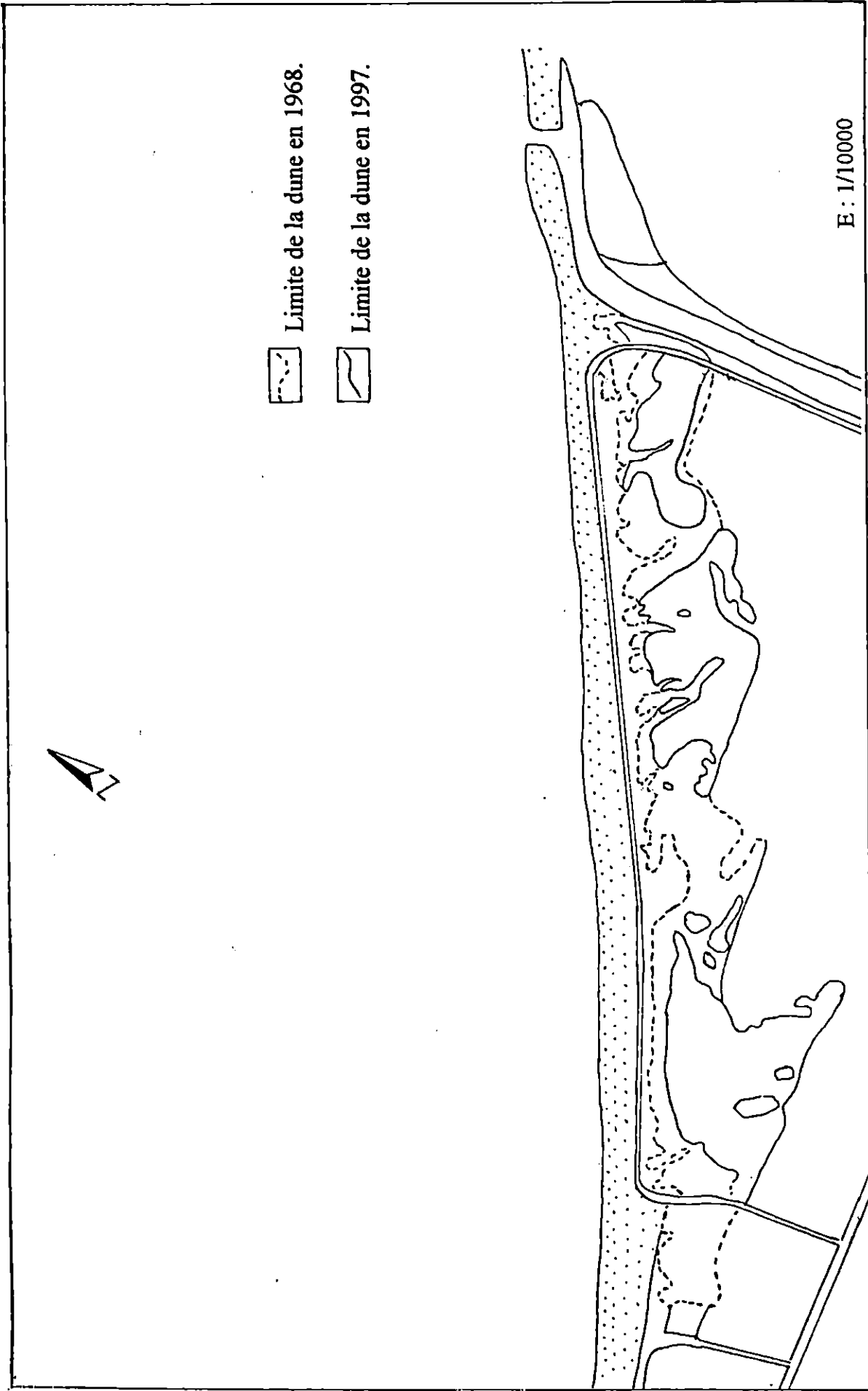


Fig n° 47 : Carte différentielle de l'érosion dunaire.

L'étude des paramètres physico-chimiques fait apparaître une quantité importante de D.C.O., cela fait supposer une pollution d'origine organique caractéristique des rejets des unités industrielles.

Le phosphate (PO_4) paramètre qui interprète le phénomène d'eutrophisation dépasse les normes requises, alors que l'augmentation de la température provoque un dégazage très nette en oxygène dissous.

L'étude des métaux lourds établit par (M.DJELLALI et N.FERHAT, 1992 ; Z. AOUIDAD, 1998) dans les sédiments superficiels de l'embouchure de l'Oued et à son aval fait ressortir des valeurs maximaux au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et concerne le mercure, le Fer, le manganèse et le plomb.

Conclusion :

Au niveau des petits fonds principalement face aux embouchures, la sédimentation locale rapide (envasement précoce) entraîne une concentration de polluants, la fixation des produits issues des rejets industriels et urbaines accélère le processus de floculation.

II. Principe de protection et d'aménagement du rivage:

Après avoir exposé les différentes atteintes (humaines et naturelles) que connaît le site du Mazafran, il convient maintenant d'aborder les différents types d'action susceptible de faire face à ces nuisances.

Cependant, une nouvelle approche du phénomène de l'érosion des plages s'impose, la récession actuelle des plages représente un phénomène naturel qui est aggravé par des interventions humaines et il y'aura moins de déboires à essayer de s'adapter à cette évolution qu'à s'efforcer de la contrarier.

Le site du Mazafran, de part sa topographie de zone côtière basse en zone d'embouchure constitue un milieu favorable à l'accumulation et l'apparition des formes éoliennes, représenté par les dunes bordières, la modification du modèle et des dimensions de la plage semble en partie être liée à la dégradation des dunes.

II.1. Les mesures conservatoires de la dune bordière:

La dune bordière constitue un élément essentiel de l'équilibre dynamique d'une plage pour laquelle elle représente une réserve en sable, ce rôle protecteur s'explique principalement par les échanges qu'elle entretient avec la plage et l'avant plage.

La sauvegarde des dunes qui sont encore intacte doit se faire par:

- Protection du tapis végétal existant.
- Canalisation du passage des baigneurs vers le rivage.
- Proscrire les extractions du sable.
- Refuser le permis de construire ou l'implantation qui nécessitent au préalable l'évaluation des impacts sur le milieu naturel.
- Réglementer les séjours touristiques.
- Sensibilisation des utilisateurs.

II.2. Lutte contre la pollution du rivage:

Actuellement l'Oued Mazafran qui se déverse en mer, constitue le principal milieu récepteur des rejets urbains et industriel des cours d'eau qui constitue son bassin versant, certains Oueds connaissent déjà des transformations alarmante de pollution en particulier les effluents qui passe à proximité des zones d'activités.

Pour parer à ce problème et les conséquences qu'il peut avoir sur le milieu marin on préconise une série de mesures:

II.2.1. Gestion des eaux usées:

En matière de gestion des eaux, il semble que la première action à envisager est de préconiser l'assainissement intercommunal sur le bassin versant du Mazafran, cette solution pourrait être intéressante sur le plan technico-économique et écologique du fait qu'elle permet de réduire le nombre de station d'épuration et par conséquent

minimiser le nombre de point de rejet, à cela s'ajoutera la réhabilitation des STEP de Koléa et de Beni-Merad.

II.2.2. Lutte contre la pollution agricole.

- Supprimer l'épandage azoté minéral en automne.
- Eviter les cultures à cycles courts.
- Eviter les excès d'eau d'irrigation qui lessive l'azote.
- S'efforcer de soustraire les nitrates du sol par le maintien du sol couvert et l'aménagement des rotations de cultures.
- Définir les normes techniques d'utilisation rationnelle des engrais et des pesticides.

II.2.3. Lutte contre la pollution industrielle:

- Ne permettre l'implantation d'unité industrielle à caractère polluante qu'après étude d'impact.
- Doter les unités industrielles dont les rejets dépassent les normes admissibles de stations d'épuration.

III. Proposition d'aménagement: (fig. N° 48)

III.1. Variante 1:

a. Secteur occidental:

Cette variante à maintenir la route longeant la plage et procéder à la mise en place d'écrans dans le but de restaurer la dune bordière située à l'arrière des constructions.

Pour cela, il faut impérativement supprimer le mur bordant la route, ce dernier en plus de son artificialisation de la côte accélère le processus d'érosion de la plage.

Le choix de types d'écran est vaste (Lattes, fascine, maillage synthétique, etc...), cependant, il est préférable d'utiliser les lattes vu la disponibilité du bois dans notre zone d'étude.

Les rangées de palissade doivent être séparées par un espace d'environ 3 à 4 fois la hauteur de l'écran qui doit être de 0,5 à 1m, cet intervalle entre les palissades varie de 4 à 20m.

Ces écrans doivent avoir une perméabilité de l'ordre de 40% à 50% pour éviter le phénomène d'affouillement à leur pied qui entraînerait leur basculement, il doivent être placé perpendiculairement au vent marin dominant (Le Nord-Ouest pour le site de Mazafran) et périodiquement surélevé vers l'amont dès que les anciens obstacles sont ensablés, ceci permettra l'élévation progressive de la dune.

Une fois que la dune est retrouvée une forme naturelle de moindre résistance aérodynamique, on procède à sa fixation au moyen de plantation psammophile comme l'OYAT, mais de préférence il faut choisir les plantes autochtones leur densité doit être plus importantes à l'amont qu'à l'aval, suivie d'un entretien permanent pour assurer leur développement.

Enfin pour une meilleure protection de ces espaces dunaires contre les impacts anthropiques, des mesures conservatoires sont nécessaires, celle-ci ont été citées précédemment.

b. Secteur oriental:

Cette partie semble la plus détériorée du site caractérisée par les zones d'extraction illicite du sable et une largeur réduite de la plage.

Pour y remédier, un reprofilage serait utile, cette opération consiste à une reconstitution de la dune arasée, il est important qu'elle retrouve la morphologie qui était la sienne à l'état naturel et qui était le résultat d'un équilibre avec la plage située en avant, les matériaux allochtones doivent être de même nature et même diamètre que les matériaux autochtones (sable moyen pour le site du Mazafran) pour cela on

propose ceux de l'ancienne sablière de Zeralda qui reste proche minimisant ainsi: Les coûts du transport.

Variante 2 :

Cette variante consiste a déplacé les activités balnéaire derrière les espaces dunaires de façon à procédé à un aménagement en profondeur, l'accée à la plage se fera à partir des deux entrées principales, ainsi que l'aménagement d'autres passages qui doivent être perpendiculaires à la plage en nombre de trois au maximum, l'emplacement des parkings doit être limitées aux deux extrémités de la plage.

Cette option offre de meilleurs possibilités pour une valorisation des ressources naturelles et permettra d'éviter les inconvénients d'une occupation longitudinale du linéaire côtier.

***CONCLUSION
GENERALE***

Bien qu'il soit un site côtier à vocation touristique limitrophe d'une zone d'embouchure et donc synonyme d'un apport considérable de sédiment, le site du Mazafran n'échappe pas aux influences négatives des actions anthropiques sur son évolution.

Le bilan des approches morphologiques et sédimentologiques témoigne de cela.

Les formations géologique de la région sont composées essentiellement de la fin de l'ère tertiaire et du quaternaire.

Les conditions hydrodynamiques qui conditionnent les dépôts sédimentaires superficiels évoluent dans le même sens que le vent, elle exprime une origine orientale en période estivale et occidentale en période hivernale.

L'hydrodynamisme hivernale intense, engendre une dérive littorale vers le Nord-Est.

L'hydrodynamisme estivale, moins intense, issue du secteur occidentale est atténué par la presqu'île de Sidi-Fredj, mais son influence se manifeste au delà de l'Oued Mazafran entraînant les sédiments vers le Sud-Ouest.

Les houles du Nord-Ouest caractérisées par une action frontale, génèrent un courant de retour qui assure la distribution des sédiments vers le large et accentuent la destruction du rivage.

L'étude du réseau hydrographique et la nature lithologique du bassin versant du Mazafran confirme l'analogie entre les sédiments drainés par l'Oued et ceux observés dans la plage du Mazafran.

La morphologie sous-marine est caractérisée par une monotonie du fond dans le secteur central et oriental, alors que le secteur occidental marque la présence de chenaux inter-rides résultant d'un creusement par les courants de retour issues des houles du Nord-Ouest.

La couverture sédimentaire souligne une prédominance des sables fins (100 - 200µm) notamment dans la partie sous-marine, traduisant ainsi une alimentation faite en grande partie de l'Oued Mazafran, cette observation ne s'écarte pas de la tendance actuelle au niveau des côtes sableuses. Cette alimentation participe à la formation d'un envasement précoce situé dans l'axe de l'embouchure de l'Oued, lié à ces crues saisonnières.

L'analyse et l'interprétation des indices granulométriques des sédiments souligne la présence de deux transit :

- Un transit latéral des sédiments parallèlement à la côte.
- Un transit transversal des sédiments de la côte vers le large.

Ces transits sont responsable du tri granulométrique des dépôts, décroissance de la côte vers le large et de l'Ouest vers l'Est.

Les agressions multiples que connaît l'espace côtier du Mazafran, dégradation des dunes et du couvert végétal, extraction du sable, sont aggravé par les impacts anthropiques résultant d'une occupation anarchique du linéaire côtier.

Les conséquences de cette situation ne sont pas fait attendre et déjà on assiste à l'érosion de la partie orientale ainsi qu'au voisinage de la falaise.

L'échange nécessaire plage-dune est interrompu par les équipements en dur (hôtels, restaurants, route...).

Les actions à entreprendre doivent en premier lieu préservé les ressources exceptionnelles que recèle notre zone d'étude, à savoir les espaces dunaire et l'Oued.

Pour cela nous préconisons:

- Gestion des eaux usées par l'assainissement intercommunal sur le bassin versant et la réhabilitation des STEP de Koléa et de Beni-Merad.
- Lutter contre la pollution agricole (voir chap. aménagement).

30) descripteur

desquelles

p. 4

p. 7 (?)

f. 16 Suisse

en fait page 18 → 21 les développe

f. 29 : très théorique

f. 31 : difficile à calculer
 $1/20.000 =$ (voir carte 321)
p.

f. 33 (1,5 m par rapport à point repère)

f. 42 belle carte mais situe l'embouchure

f. 57 - schématisée

- ce qui prouve votre devise W → E
(flèche)

63. Numeration des tableaux

65 63m
Amélioration carte de titre → 4 f ?!

Ejso
repe
#

• éviter de représenter
exactement le plan de
accuser

60 — 65m

1/20.000

1 = Room

- Lutter contre la pollution industrielle (voir chap. aménagement)
- Restauration des dunes bordières selon les deux variantes proposés.
- Soustraire le site du Mazafran à une artificialisation intense et ne permettre des installations qu'après étude d'impact.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- AIT KACI D. et PAUC H. 1982.** La couverture sédimentaire en baie de Bou-Ismaïl.
Nature et structure.
XXVII^e congrès, C.I.E.S.M. Canne.
- AIT KACI D. et PAUC H. 1983.** La sédimentation en baie de Bou-Ismaïl et les apports en suspension de l'Oued Mazafran. Variation saisonnières.
R et P.V., C.I.E.S.M. Canne 28 (4).
- AYME. A 1945 -** Etude des terrains Néogènes de la cluse du Mazafran (Sahel d'Alger).
Bull. Serv. Carte géologique d'Algérie.
Nov, Série n°1, Trav coll, phase II, pp 125-150.
- BERTHOIS L., 1975.** Les roches sédimentaires.
Etude sédimentologique des roches meubles (technique et méthodes).
Ed. Doin (Paris), 270 pages.
- BONNEFILLE R., 1980.** Cours d'hydraulique maritime. Masson, 2^e Edition, 171 pages.
- CAILLEUX A. et TRICART J., 1963.** Initiation à l'étude des sables et des galets.
Tome I: C.D.U Paris, 369 pages.
- CHAMLY H., 1987 -** Sédimentologie
Ed. Dunod. 175 pages.
- GLANGEAUD L., 1932.** Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger.
Bull. Serv. Carte géol. De l'Algérie, 2^e série, n°8.
- GUILCHER A., 1965.** Précis d'hydrologie marine et continentale. Masson, Paris, 390p., 217 fig., 8 pl. Phot.
- LARID M., 1992.** Cours d'aménagement du littoral I.
I.S.M.A.L. (Alger), 159 pages.
- OTTMANN F., 1965.** Introduction à la géologie marine et littorale.
Ed. Masson et Cie, Paris, 259 pages.
- PASCOFF R., 1981.** L'érosion des côtes.
Imprimerie des presses universitaires (Paris). Pages.
- PASCOFF R., 1992.** Côte en danger
Ed. Masson, 249 pages.

PASCOFF R., 1994. Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution.
2ème édition Masson . Paris. 225 pages.

RIVIERE A., 1977. Méthodes granulométriques. Techniques et interprétation.
Masson. Ed. Paris, 170 pages.

VATAN A., 1967. Manuel de Sédimentologie.
Ed. Techniq. 397 pages.

THESES ET MEMOIRES

- AOUIDAD Z., 1998.** Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans les sédiments superficiels et les particules en suspension de la baie de Bou-Ismaïl.
Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral et protection de l'environnement. ISMAL (Alger), 73 page.
- BADER A. et BELLAHRECHE K., 1998.** Pollution par les métaux lourds dans les deux ports de Jijel (Djen-Djen et Vieux port).
Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral, I.S.M.A.L., 98 pages.
- BELKESSA R., 1991.** Evolution géomorphologique et sédimentologique de bas Isser et son embouchure.
Thèse de magistère en géomorphologie. I.S.M.A.L. (Alger), 150pages.
- BERERICHE S., 1987.** Etude sédimentologique de la zone côtière de Mazafran, implication pour l'aménagement du littoral.
Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine, U.S.T.H.B. (Alger), 66 pages.
- BOUGUEROUA S. et DEKKAR S., 1996.** Etude géologique et géotechnique des terrasses marine pléistocène du Sahel occidental d'Alger (Ain-Benian - Tipaza).
Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine U.S.T.H.B. (Alger), 127 pages.
- BRAIK D., 1989.** Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl, sédimentation - morphologie - problème d'érosion littoral - aménagement. Thèse de magistère en géologie marine. U.S.T.H.B. (Alger), 174 pages
- CAULET G., 1972.** Les sédiments organogènes du pré-continent Algérie.
Mémoire de Musium National d'Histoire Naturel, nouvelle série C, science de la terre XXV, Fasc unique, paris, 288 pages.
- CHIBANE B., 1993.** Pollution par les nitrates des eaux de la plaine de la Mitidja.
Thèse de Magister, IST, USTHB (Alger). 279 pages.
- DEGIOVANNI C. 1973.** Etude de sédimentologie, dynamique à la presqu'île de Sidi-Ferruch (Ouest d'Alger). Thèse de Doct de 3^e cycle, Univ d'Aix Marseille, V.E.R. des sciences de la mer de l'environnement. 105p, 49 fig.

- DJELLALI. M et FERHAT. N; 1992-** Analyse des métaux lourds et des paramètres physico-chimiques en milieu, marin, lagunaire et embouchures des oueds.
Mémoire de T.S en science de la mer, I.S.M.A.L, 164p.
- HAMRIOUI W. et SADOU G., 1996.** Contribution à l'étude de la pollution des eaux sur le bassin versant du Mazafran.
Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du territoire et protection de l'environnement. USTHB (Alger), 80 page.
- LAHCENE S. et NAHI O., 1995.** Protection de la plage Ouest de Boumerdes :
Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral et protection de l'environnement, ISMAL (Alger), 92 page.
- LECLAIRE L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-baléare. Thèse d'état, Faculté des sciences de paris, 382 pages.
- MAMMER A. et ALI A., 1993.** Contribution à la connaissance de l'état actuel d'un espace côtier: Les dunes et la plage de Mazafran. Mémoire de D.U.E.A. en aménagement du littoral et protection de l'environnement, ISMAL (Alger). 73 pages.
- MOULFI A., (1995).** Les mécanismes de la sédimentation et les propriétés géotechniques des dépôts récents de la partie occidentale de la baie de Bou-Ismaïl (Ouest - algérois).
Thèse de Magistère, I.S.T., U.S.T.H.B. (Alger). 188 pages.
- OULD HOCINE B. et HEDROUG S., 1993.** Contribution à l'étude de quelque métaux lourds présents dans les matières en suspension, l'herbier à posidonie et les sédiments superficiels dans la baie de Bou-Ismaïl.
Mémoire d'ingénieur d'état chimie industrielle U.S.T.H.B. (Alger), 115 page.
- SAOUDI A., 1982.** Pliocène et pléistocène inférieur et moyen du Sahel occidental d'Alger. Thèse de Doct 3é cycle. Univ d'Aix Marseille II, Fac des Sci de Luminy. Vol I - II. 227p, 70 fig, 13 tabl.
- TALBI K. et BOUKARI., 1995.** Evolution et état actuel d'un site côtier en zone d'embouchure; cas de l'Oued BENI-MESSOUS (LES DUNES).
Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral et protection de l'environnement, ISMAL (Alger), 93 page.

DOCUMENTS CONSULTÉS

BOURDIAL I., 1996. Le littoral Français à l'agonie in Science et vie n° 945, 179 pages.

Plan directeur d'aménagement et d'urbanisation (P.D.A.U.) de la commune de Douaouda, Phase 1 oct. 1991, 130 pages.

Plan directeur d'aménagement et d'urbanisation (P.D.A.U.) de la commune de Douaouda, Phase 2 dec. 1992, 150 pages.

RAPPORT, L.E.M., 1988.

Etude de protection de rivage de la wilaya de Tipaza.
Site de . Douaouda-Marine. 46 pages.

RAPPORT, L.E.M., 1994.

Bilan énergétique annuel, estimation du transit sédimentaire de la wilaya de Tipaza. 37 pages.

ORGANISMES ET INSTITUTIONS CONSULTES

I.S.M.A.L. : Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

A.N.R.H. : Agence National des Ressources Hydroliques

D.T.A. : Direction du Tourisme de la wilaya de Tipaza.

I.N.C. : Institut National de Cartographie

I.N.A. : Institut National d'Agronomie

L.E.M. : Laboratoire des Etudes Maritimes

O.N.G. : Office National de Géologie

U.S.T.H.B. : Université des Sciences et Technologies de Houari Boumediene

D.T.P. : Direction des Travaux Publiques de la wilaya de Tipaza

D.H.W. : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Tipaza

E.N.A.R.P. : Entreprise Nationale d'Aménagement des Reserves et des Parcs de loisir.

ANNEXES



Photo n° 1 : *Vue d'ensemble sur l'Oued Mazafran.*



Photo n° 2 : *Vue sur L'embouchûre de l'Oued Mazafran en période de crue.*



Photo n° 3 : *Vue sur l'une des fosses d'extraction du sable*



Photo n° 4 : *Ancienne construction destabilisée.*



Photo n° 5 : *Occupation du linéaire côtier*
- *Infrastructures hôtelière et kiosques.*
- *Piste en bordure de la côte.*
- *Construction d'un mûr en chantier.*



Photo n° 6 : *Rupture de pente au niveau de la haute plage.*

Annexe n° 1 : Oued Mazafra (débits liquides moyens, mensuels en m³/S)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Moyennes annuelles m ³ /S	Moyennes H m ³ /an.
69/70	3,28	12,93	6,90	68,10	38,69	8,84	6,31	10,07	5,35	1,33	0,59	0,49	13,57	427,94
70/71	0,04	1,44	1,04	6,81	19,83	5,61	8,93	15,62	6,19	1,37	0,34	0,19	5,61	176,91
71/72	0,92	0,83	27,83	22,60	71,82	23,14	25,67	15,96	12,63	3,59	1,17	0,80	17,24	543,68
72/73	2,60	3,88	2,03	13,51	60,93	106,21	50,39	26,27	15,35	4,33	2,42	1,20	24,09	759,70
73/74	4,15	3,19	2,92	12,31	9,02	22,20	71,95	77,12	32,23	33,30	32,23	32,23	27,73	874,49
74/75	1,25	4,51	10,42	3,69	3,60	8,31	16,57	10,38	5,20	2,16	0,86	0,40	5,61	176,91
75/76	0,67	0,64	11,50	9,02	9,64	71,56	20,27	8,44	6,65	1,65	1,66	0,58	11,85	373,70
76/77	0,99	2,52	4,27	9,64	10,20	6,48	3,18	3,62	2,35	0,95	0,32	0,43	3,74	117,94
77/78	0,36	0,37	1,33	1,23	2,62	2,57	5,11	15,90	3,80	1,60	0,45	0,15	2,95	93,03
78/79	0,15	2,87	2,18	2,09	2,35	14,50	47,36	7,27	3,54	0,84	0,26	0,08	6,95	219,17
79/80	2,19	1,32	5,95	5,84	27,99	2,76	28,38	6,56	7,71	0,84	0,15	0,12	7,48	235,88
80/81	0,085	0,187	0,427	16,060	7,171	14,820	6,050	4,278	4,111	0,492	0,229	0,243	4,513	142,32
81/82	0,243	0,304	0,329	0,541	4,863	9,767	4,036	1,537	2,053	0,409	0,006	0,000	2,007	63,29
82/83	0,011	0,573	11,990	25,750	7,184	5,832	3,254	1,238	0,326	0,208	0,051	0,000	4,701	148,25
83/84	0,000	0,000	0,066	0,658	3,052	7,087	2,806	2,277	2,199	0,875	0,095	0,000	1,593	31,53
84/85	0,000	17,270	1,485	8,908	9,498	3,648	32,12	2,995	2,344	0,513	0,187	0,057	6,85	216,02
85/86	0,102	0,270	1,576	1,981	2,629	10,880	20,680	4,919	2,545	2,246	2,229	2,040	4,341	136,89
86/87	2,028	1,945	2,944	15,340	11,310	47,220	17,320	3,825	3,181	0,352	0,268	0,226	8,830	278,46
87/88	0,230	0,396	1,576	0,807	1,356	0,727	2,519	0,518	0,476	0,295	0,207	0,004	0,763	24,06
88/89	0,509	0,208	0,350	11,470	2,098	1,563	3,126	1,854	0,697	0,223	0,093	0,000	1,849	58,31
89/90	0,209	0,249	0,399	0,287	0,614	0,361	0,400	0,557	0,563	0,146	0,183	0,000	0,331	10,43
90/91	0,000	0,159	0,744	2,627	2,491	8,583	8,541	3,550	1,114	0,065	0,003	0,000	2,323	73,25
91/92	0,000	2,178	0,251	0,171	29,380	2,759	6,461	14,15	4,645	0,674	0,196	0,092	5,080	160,2
92/93	0,080	1,878	2,067	1,580	1,402	0,870	1,635	0,826	2,093	0,299	0,143	0,031	1,076	33,93
93/94	0,201	0,206	0,683	0,831	8,745	3,142	0,504	0,466	0,221	0,049	0,009	0,004	1,256	39,60
94/95	0,335	2,363	1,610	1,220	14,93	0,95	16,830	1,78	0,565	0,730	0,481	0,463	3,467	109,33
Moyenne	0,79	2,411	3,956	9,34	13,978	15,014	15,79	9,306	4,928	2,289	1,724	1,534	6,754	212,99

Annexe 2

Débit solide moyen annuel de l'OuedMazafran (1979 - 1989)

	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Moy. Annu- elle (g/L)	Moy. Annu- elle (Kg/L)
79/80	26,75	1,367	6,288	14,6	14	1,83	3,12	5,07	5,84	-	-	-	8,76	65,52
80/81	-	-	-	13,81	2,737	24,35	3	0,70	1,014	-	-	-	7,60	34,28
81/82	-	-	-	-	8,27	-	6,27	-	1,11	-	-	-	5,22	10,44
82/83	-	-	11,60	9,72	-	-	-	-	-	-	-	-	10,66	50,10
83/84	-	-	-	1,67	2,523	10,154	0,56	1,237	-	-	-	-	3,228	5,13
84/85	-	9,015	-	13,575	2,557	12,765	5,471	-	1,94	-	-	-	7,55	51,71
85/86	4,15	3,5	5,86	3,61	18,456	8,272	18,13	-	-	-	-	-	8,85	38,41
86/87	2,69	4,34	1,66	10,26	2,143	6,294	0,72	-	-	-	-	-	4,02	35,50
87/88	-	1,185	4,22	-	-	-	4,05	-	-	-	-	-	3,15	2,4
88/89	16,4	-	0,09	11,23	0,27	-	10,318	0,43	-	-	-	-	6,46	11,95

Annexe 3

Tableau des résultats de l'analyse granulométrique de la plage sous-marine (en unité ϕ).

Station	ϕ_5	ϕ_{16}	ϕ_{50}	ϕ_{84}	ϕ_{95}	M	ϕ_i	sk_i
S ₁	1,51	2,32	2,79	3,12	3,32	2,74	0,48	-0,29
S ₂	2,36	2,74	3,06	3,47	3,94	3,09	0,42	1,53
S ₃	2,51	2,89	3,18	3,74	3,94	3,27	0,43	0,18
S ₄	1,67	2,43	2,84	3,18	3,47	2,82	0,46	-0,18
S ₅	1,13	1,67	2,60	3,06	3,32	2,44	0,68	-0,34
S ₆	2,47	2,84	3,18	3,64	3,94	3,16	0,42	0,09
S ₇	2,51	2,94	3,18	3,74	4,06	3,29	0,43	0,26
S ₈	1,6	2,47	3,00	3,25	3,64	2,91	0,50	-0,36
S ₉	1,26	2,32	2,94	3,32	3,64	2,86	0,61	-0,33
S ₁₀	2,56	2,84	3,18	3,64	3,94	3,22	0,41	0,12
S ₁₁	2,6	2,89	3,18	3,64	4,18	3,24	0,43	0,24
S ₁₂	2,22	2,56	2,94	3,32	3,56	2,94	0,39	-0,05
S ₁₃	2,22	2,56	2,94	3,25	3,56	2,92	0,38	-0,10
S ₁₄	2,64	2,89	3,18	3,64	3,94	3,24	0,39	0,19
S ₁₅	2,64	2,94	3,18	3,64	3,94	3,26	0,37	0,24
S ₁₆	0,51	0,93	2,56	3,18	3,47	2,22	1,01	-0,41
S ₁₇	1,32	2,47	2,94	3,32	3,56	2,91	0,55	-0,28
S ₁₈	2,64	2,84	3,18	3,64	4,06	3,22	0,39	0,27
S ₁₉	2,47	2,79	3,12	3,56	3,94	3,16	0,42	0,13
S ₂₀	0,86	2,21	2,84	3,18	3,94	2,75	0,60	-0,35
S ₂₁	2,22	2,56	2,94	3,18	3,74	2,89	0,39	-0,09
S ₂₂	2,32	2,60	2,94	3,18	3,74	2,95	0,40	-0,08
S ₂₃	2,22	2,56	2,94	3,18	3,56	2,89	0,36	-0,16
S ₂₄	1,22	1,79	2,48	2,74	3,06	2,24	0,52	0,01
S ₂₅	1,95	2,32	2,79	3,18	3,64	2,76	0,47	-0,03
S ₂₆	2,13	2,56	3,00	3,32	3,64	2,96	0,42	0,15
S ₂₇	2,13	2,47	3,00	3,32	3,74	2,43	0,46	-0,16
S ₂₈	1,36	2	2,32	2,64	2,84	2,32	0,38	-0,05
S ₂₉	1,36	1,79	2,4	2,64	2,84	2,28	0,45	-0,1

Annexe 4

Tableau des résultats de l'analyse granulométrique de la plage aérienne et de l'oued
(Unité ϕ).

Station	ϕ_5	ϕ_{16}	ϕ_{50}	ϕ_{84}	ϕ_{95}	M	ϕ_i	sKi
P ₁ S ₁	0,79	1,23	2,22	2,40	2,69	1,85	0,57	- 0,17
P ₁ S ₂	0,46	1,07	2,22	2,32	2,64	1,74	0,64	- 0,21
P ₁ S ₃	- 0,81	- 0,49	0,45	1,23	2,56	0,40	0,94	0,08
P ₂ S ₁	0,65	1,15	1,92	2,40	2,64	1,82	0,62	- 0,25
P ₂ S ₂	0,23	1,00	1,82	2,40	2,64	1,74	0,71	- 0,25
P ₂ S ₃	- 2,7	- 2,17	0,32	2,47	2,84	0,21	2,00	- 0,08
P ₃ S ₁	0,23	0,81	1,64	2,32	2,60	1,59	0,74	- 0,15
P ₃ S ₂	0,62	1,22	1,94	2,40	3,74	1,85	0,62	- 0,24
P ₃ S ₃	- 1,54	- 0,93	0,62	2,40	2,79	0,70	1,49	0,03
P ₄ S ₁	1,47	1,79	2,25	2,56	2,74	2,2	0,38	- 0,21
P ₄ S ₂	1,06	1,36	1,84	2,18	2,4	1,79	0,41	- 0,17
P ₄ S ₃	- 2,22	- 0,56	0,16	1,6	2,4	- 0,04	1,49	0,11
P ₅ S ₁	2,12	3,32	1,40	2,22	2,56	2,31	- 0,21	0,91
P ₅ S ₂	0,86	1,40	2,00	2,40	2,64	1,93	0,52	- 0,24
P ₅ S ₃	- 1,81	- 1,46	- 0,49	0	0,51	- 0,65	0,72	- 0,24
P ₆ S ₁	- 0,20	0,23	1,03	2,00	2,47	1,09	0,85	0,09
P ₆ S ₂	0,32	0,86	1,51	2,18	2,51	1,52	0,66	- 0,04
P ₆ S ₃	- 0,58	0	1,47	2,13	2,47	1,20	1,00	- 0,36
D ₁ S ₁	1,15	1,51	2	2,4	2,64	1,97	0,45	- 0,12
D ₂ S ₁	0,58	0,92	1,96	1,84	2,43	1,42	0,51	- 0,15
OS ₁	0,51	1,12	1,74	2,40	2,84	0,32	0,67	- 0,01
OS ₂	- 0,93	0	1,15	2,22	2,84	0,55	1,13	- 0,07

Ps = Echantillon de la plage.

Os = Echantillon de l'oued.

Ds = Echantillon de la dune.

Annexe 5

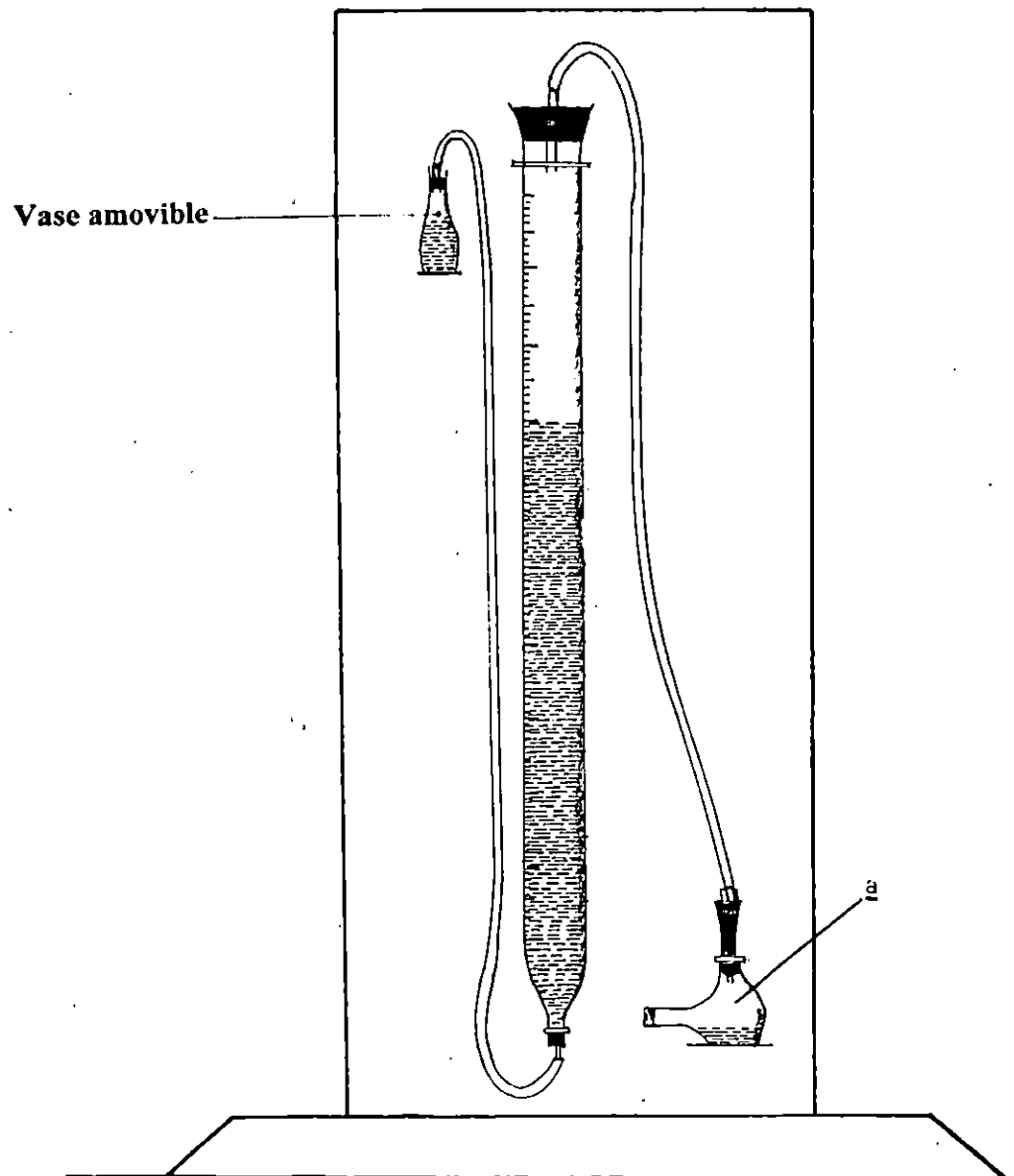
Tableau des résultats de l'analyse morphoscopique

Lieu	N° de l'échantillon	Forme (%)	Eclat (%)	Couleur (%)
Oued	1	Non usés 70% Emoussé 30% Arrondie 11%	Orange 18% Gris 28% Blanc 50% Marron 4%	Brillant 35% Picoté 55% Mat 10%
Oued	2	Non usés 50% Emoussé 40% Arrondie 10%	Orange 2% Gris 20% Blanc 68% Marron 10%	Brillant 30% Picoté 10% Mat 60%
P.S.M	ST ₂₈	Non usés 62% Emoussé 24% Arrondie 14%	Orange 16% Gris 57% Blanc 24% Marron 3%	Brillant 40% Picoté 20% Mat 60%
P.S.M	ST ₂	Non usés 50% Emoussé 40% Arrondie 10%	Orange 20% Gris 52% Blanc 25% Marron 3%	Brillant 10% Picoté 15% Mat 75%
P.S.M	ST ₄	Non usés 62% Emoussé 31% Arrondie 07%	Orange 15% Gris 55% Blanc 25% Marron 5%	Brillant 40% Picoté 15% Mat 45%
P.S.M	ST ₅	Non usés 40% Emoussé 50% Arrondie 10%	Orange 20% Gris 48% Blanc 27% Marron 5%	Brillant 50% Picoté 10% Mat 40%
P.S.M	ST ₈	Non usés 70% Emoussé 25% Arrondie 05%	Orange 8% Gris 60% Blanc 30% Marron 2%	Brillant 23% Picoté 5% Mat 72%
P.S.M	ST ₁₀	Non usés 55% Emoussé 43% Arrondie 2%	Orange 14% Gris 46% Blanc 30% Marron 10%	Brillant 50% Picoté 5% Mat 45%
P.S.M	ST ₁₄	Non usés 35% Emoussé 45% Arrondie 20%	Orange 32% Gris 48% Blanc 20%	Brillant 18% Picoté 16% Mat 66%
P.S.M	ST ₁₆	Non usés 14% Emoussé 82% Arrondie 4%	Orange 20% Gris 32% Blanc 48%	Brillant 10% Picoté 52% Mat 32%

Suite annexe n°05

P.S.M	ST₃₀	Non usés 24% Emoussé 70% Arrondie 6%	Orange 10% Gris 60% Blanc 20%	Brillant 10% Picoté 80% Mat 16%
P.S.M	ST₂₃	Non usés 52% Emoussé 46% Arrondie 2%	Orange 21% Gris 45% Blanc 34%	Brillant 12% Picoté 15% Mat 73%
P.S.M	ST₂₉	Non usés 30% Emoussé 63% Arrondie 7%	Orange 15% Gris 45% Blanc 40%	Brillant 25% Picoté 21% Mat 54%
P.A	P₁S₁	Non usés 22% Emoussé 70% Arrondie 8%	Orange 40% Gris 10% Blanc 50%	Brillant 16% Picoté 80% Mat 4%
P.A	P₃M₂	Non usés 30% Emoussé 60% Arrondie 10%	Orange 20% Gris 50% Blanc 30%	Brillant 5% Picoté 15% Mat 80%
P.A	P₅M₃	Non usés 52% Emoussé 43% Arrondie 5%	Orange 2% Gris 44% Blanc 54%	Brillant 20% Picoté 6% Mat 74%
P.A	P₆M₂	Non usés 33% Emoussé 63% Arrondie 4%	Orange 18% Gris 37% Blanc 45%	Brillant 30% Picoté 24% Mat 46%
P.A	P₆M₃	Non usés 30% Emoussé 68% Arrondie 2%	Orange 15% Gris 30% Blanc 55%	Brillant 20% Picoté 22% Mat 56%
Dune	D₁S₁	Non usés 15% Emoussé 70% Arrondie 15%	Orange 10% Gris 25% Blanc 53%	Brillant 50% Picoté 10% Mat 40%

Annexe 06



Calcimètre de BERNARD

Annexe 07

Pollution :

Identification des sources de pollution sur le bassin versant du Mazafran :

La pollution au sein du bassin versant du Mazafran est dûe essentiellement à la contamination des eaux des Oueds (Chiffa, El-Kebir, Bouroumi et Mazafran) et la nappe alluvionnaire.

Les conséquences d'une telle pollution ont pour origine :

a) Les exploitation agricoles modernes :

Utilisant massivement des engrais chimiques, les substances dont sont formés les engrais (Nitrate, Azote, Phosphate...) sont lessivés vers la nappe sous l'effet des pluies de l'irrigation.

Les différentes études ont montré que plus de 75 % de la superficie de la plaine de Mitidja à une grande probabilité d'être contaminé par la pollution engendré par cette activité.

b) Les rejets domestiques :

Les effluents domestiques sont déversés principalement dans les Oueds Chiffa, El-Kebir, Bou-Roumi, Djer et Mazafran sans traitement préalable.

C'est ainsi que la majorité des Oueds sont devenu en période d'étiage de véritable égout à ciel ouvert, il faut noter que l'Oued Mazafran est considéré comme le milieu récepteur de tous les rejets du bassin versant (voir tableau).

c) Les activités industrielles :

La localisation des industrielles à travers les communes du bassin versant montre que l'ensemble de ces industries ont un caractère polluant notamment, les unités de la base centrale de compostage de Beni-Merad, l'office national de Bétail d'Attatba, l'unité Sati de Koléa, les unités textiles sans oublier les unités agréablementaires ce déversement des effluents, se fait souvent au niveau des Oueds sans traitement

suite Annexe 7

Tableau du milieu receveur des eaux usés des agglomerations

Communes	Agglomeration	Emplacement du rejet d'eau usée	Oued receveur Final
Bourkika	Bourkika Sahel, Cinq Martyrs, Brahim Ben Amar	Oued Gundail	Mazafran Mazafran Mazafran
Chaiba	Chaiba, Chaigh, Tertaka, Berbassa, Berbassa centre		Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Attatba	Amatba, Oued Smail, Sahilia, Ain Roumana	Oued Dier Bou-Roumi	Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Koléa	Koléa, Billal		Mazafran Mazafran
Sidi Rached	Sidi Rached,		Mazafran
Boumedfaa	Boumedfaa, Hammam Righa		Mazafran
Soumaa	Soumaa, Hallouia, Cherfirifa, Bahli, Graba	Oued Bouchemla, Oued Khamis, Oued Khamis/O. Chiffa, Oued Bouchemla, Oued Bouchemla	Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Béni Tamou	Béni Tamou, Zaouia	Oued Maktaa, Makhlouf	Mazafran Mazafran
Beni Merad	Beni Merad, Khezouama	Oued Beni Merad Oued Beni Merad	Mazafran Mazafran
Guerrouaou	Guerrouaou, Sidi Aissa	Oued Khemis Oued Khemis	Mazafran Mazafran
Boufarik	Boufarik, S. Boudjmaa, C. Aid	Oued Lekhel Oued Lekhel Oued Lekhel	Mazafran Mazafran Mazafran
Boufarik	Al Affroun, S. Boudjmaa, C. Aid	Oued Djer Oued Djer Oued Djer	Mazafran Mazafran Mazafran
El Affroun	El Affroun, Béni Djemaa, Bouroumi, Oued Hamidane	Oued Djer Oued Djer Oued Bouroumi Oued Djer	Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Oued Djer	Oued Djer	Oued Djer	Mazafran
Oued El Alleug	Oued El Alleug, Ben Salah, Cité Palmier, Cité Communale	Canal d'assainissement Oued Makta Sous étuve Canal d'assainissement	Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Ain Roumana	Ain Roumana, Behia AER, Oued Sabt	Oued Aromana Oued El Had Oued Bouroumi	Mazafran Mazafran Mazafran
Chiffa	Chiffa, Oued Kerrouch, S. Madani, AEO Thénia	Oued Chiffa Oued Kerrouch Oued Chiffa Oued Chiffa	Mazafran Mazafran Mazafran Mazafran
Ouzera	Ouzera	Oued Chiffa (amont)	Mazafran