

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Institut des Sciences de la Mer et de
l'Aménagement du Littoral (ISMAL)

Mémoire

En vue de l'option du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
En Aménagement du Littoral

Thème

Contribution à l'analyse de durabilité
d'un littoral sableux(plage Ouest de Boumerdès)



Présenté par :

Mr KELAI Foudil

Devant le jury composé de :

Mr LARID M.

Chargé de cours (ISMAL)

Promoteur

Mr GUERFI M.

Chargé de cours (ISMAL)

Président

Mr BELKESSA R.

Chargé de cours (ISMAL)

Examineur

Mr SEFIANE O.

Chargé de cours (ISMAL)

Examineur

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Institut des Sciences de la Mer et de
l'Aménagement du Littoral (ISMAL)

Mémoire

En vue de l'option du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
En Aménagement du Littoral

Thème

Contribution à l'analyse de durabilité
d'un littoral sableux(plage Ouest de Boumerdès)

Présenté par :

Mr KELAI Foudil

Devant le jury composé de :

Mr LARID	M.	Chargé de cours (ISMAL)	promoteur
Mr GUERFI	M.	Chargé de cours (ISMAL)	président
Mr BELKESSA	R.	Chargé de cours (ISMAL)	examineur
Mr SEFIANE	O.	Chargé de cours (ISMAL)	examineur

Condoléances

Profondément touché par le décès de l'épouse de Mr SEFIANE Omar et celui de ma tante MOULAOUI Zahia, je tiens à présenter mes sincères condoléances aux deux familles ainsi qu'à tous leurs proches et les assure de mon profond soutien et de ma compassion en cette douloureuse circonstance.

Que Dieu Le Tout-Puissant accorde aux défunts Sa Sainte Miséricorde et les accueille en son Vaste Paradis.



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon promoteur M^r LARID pour avoir accepté de me diriger, M^r GUERFI qui m'a apporté une aide précieuse, ainsi que les Membres et le Président du jury.

Je remercie aussi l'équipage de l'IBTACIM, les agents de la Bibliothèque et tous ceux de l'ISMAL.

Je témoigne aussi ma reconnaissance à toutes les Institutions et Organismes qui m'ont fourni la documentation nécessaire pour la finition de cet ouvrage, tels que :

- *L'office National de Météorologie (O.N.M.),*
- *L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H.),*
- *L'Institut National de Cartographie et Télédétection (I.N.C.T.),*
- *Le Département des Travaux Publics de la Wilaya de Boumerdès (D.T.P.), section littorale,*
- *Le Laboratoire des Etudes Maritimes (L.E.M.),*
- *L'Inspection de l'Environnement de la Wilaya de Boumerdès,*

Je remercie enfin tous mes ami (es) pour m'avoir encouragé et avoir cru en moi, ainsi que tous ceux qui m'ont assistés de près ou de loin, et aidés dans l'élaboration de cet ouvrage, à l'instar de Mesdemoiselles MEHDIOUI Karima et BENATSOU Nabila ainsi que Monsieur TOUNSI Noureddine.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

- *Toute la famille KELAI,*
- *Les familles ADRAR et BENKHELIFA,*
- *Tous les amoureux de la nature,*
- *Et surtout à ma regrettée mère, que*
Dieu la garde dans Son Vaste Paradis

Table des matières :

Introduction.....	1
I. Le littoral sableux de Boumerdès.....	3
I.1. Contexte géographique et géologique.....	3
I.1.1. Données géographiques.....	3
I.1.2. Données géologiques.....	4
I.2. Contexte climatique et hydrologique.....	8
I.2.1. Données climatiques.....	8
I.2.2. Données hydrologiques.....	9
I.3. Contexte hydrodynamique.....	10
I.3.1. Données météorologiques (les vents).....	10
I.3.2. Données océanographiques.....	10
I.4. Etude morphologique et topologique de la zone d'étude.....	16
I.4.1. Etude de la partie aérienne.....	16
I.4.2. Etude de la partie sous-marine.....	18
I.4.3. Evolution de la Commune et du trait de côte	21
I.5. Etude sédimentaire.....	25
I.5.1. Partie aérienne.....	25
I.5.2. Partie sous-marine.....	28
I.6. Occupation et nuisance humaine.....	34
I.7. Qualité du milieu.....	35
II. Position typologique du site.....	36
II.1. La gestion intégrée de la zone côtière et ses intérêts.....	36
II.2. Le choix des paramètres.....	39
II.3. Application pour la plage Ouest de Boumerdès.....	40
II.3.1. Evaluation globale de chaque critère de qualification (cq).....	41
II.3.2. Evaluation indiciaire de chacun des agrégats.....	42
II.4. Application pour le même site à une date antérieure.....	44
II.4.1. Evaluation globale pour 1980.....	45
II.4.2. Evaluation indiciaire pour chacun des agrégats.....	46

III. Analyse de la durabilité.....	48
III.1. Exposé de la méthode d'analyse systémique.....	48
III.1.1. Liste et définition des variables.....	49
III.1.2. Matrice d'analyse structurale (MAS).....	50
III.1.3. Diagramme motricité- dépendance.....	52
III.1.4. Matrice d'analyse structurale d'ordre 2 (M2).....	55
III.2. Exposé de la méthode d'analyse prospective.....	59
III.2.1. Indicateurs- clés et bandes d'équilibre.....	60
III.2.2. Evaluation de la durabilité du système.....	61
III.2.3. Evaluation du niveau de durabilité pour 2015.....	62
Conclusion générale.....	74

Table des figures :

- Figure n° 01 : Photographique aérienne de notre site d'étude.
- Figure n° 02 : Croquis d'une coupe schématique de l'Atlas Tellien sur le méridien de Thénia
In Bektache (1994)
- Figure n° 03 : Croquis d'un extrait de la carte géologique de Thénia (Zone Est)
In Bektache (1994)
- Figure n° 04 : Croquis d'une coupe schématique du rivage de Boumerdès.
(Mansouri, 1990 dans Bektache,1994).
- Figure n° 05 : Réseau hydrographique de la région de Boumerdès (Bektache, 1994).
- Figure n° 06 : Roses trimestrielles et annuelle des vents au large (S.S.M.O).
- Figure n° 07 : Roses trimestrielles et annuelle des houles au large (S.S.M.O).
- Figure n° 08 : Répartition mensuelle des amplitudes pour les trois directions majeures
des houles (U.S.N.W.S.1963- 1970 in Lahcène et Nahi, 1995).
- Figure n° 09 : Schéma de reconstitution de la dynamique sédimentaire
(Berkani et Si Haddi, 1991 dans Lahcène et Nahi,1995).
- Figure n° 10 : Variation des profils de la plage aérienne (plage Ouest de Boumerdès).
- Figure n° 11 : Carte bathymétrique (plage Ouest de Boumerdès).
- Figure n° 12 : Profils bathymétriques de la plage Ouest de Boumerdès.
- Figure n° 13 : Passage d'une zone agraire à une zone urbaine.
- Figure n° 14 : Evolution du trait de côte de la plage Ouest de Boumerdès.
- Figure n°15 : Carte des points de prélèvement.
- Figure n°16 : Histogramme de fréquence des modes.
- Figure n°17 : Position des stations de prélèvement.
- Figure n°18 : Classe modale : Histogramme des fréquences .

Figure n°19 : Représentation triangulaire.

Figure n°20 : Représentation triangulaire pour 2005.

Figure n°21 : Représentation triangulaire pour 1980.

Figure n°22 : Exemple du schéma AMOEBA.

Figure n°23 : Schéma AMOEBA pour 2005.

Figure n°24 : Schéma AMOEBA pour 2015.

Table des tableaux

Tableau n°01 : Résultats des indices granulométriques.

Tableau n°02 : Paramètres et cotations respectives.

Tableau n°03 : Valeurs des indicateurs et correspondances en durabilité (2005).

Tableau n°04 : Indicateur 1 : Erosion côtière .

Tableau n°05 : Indicateur 2 : Occupation anthropique et artificialisation.

Tableau n°06 : Indicateur 3 : Extraction de sable.

Tableau n°07 : Indicateur 4 : Apport sédimentaire.

Tableau n°08 : Indicateur 5 : Pollution détritique.

Tableau n°09 : Indicateur 6 : Pollution aquatique.

Tableau n°10 : Indicateur 7 : Capacité de charge.

Tableau n°11 : Indicateur 8 : pente de la plage.

Tableau n°12 : Indicateur 9 : Coût d'entretien.

Tableau n°13 : Indicateur 10 : Couverture végétale dunaire.

INTRODUCTION

Introduction

De nos jours, les côtes de sable constituent l'attraction favorite des gens, surtout en période estivale, pour se reposer ou se divertir. Ces plages qui nous appartiennent et qui sont un patrimoine à préserver comme une forêt sont entrain de maigrir. D'ailleurs, 80 % des côtes à l'échelle mondiale sont en voie d'amaigrissement (Paskoff, 1984) (Pirazzoli, 1997). Ces milieux fragiles sont trop importants. Nous pouvons les comparer aux arbres qui offrent de l'oxygène ; les plages sont des lieux de villégiature, de loisir, de repos et même de travail pour le tourisme.

Ce sont des écosystèmes où cohabitent plusieurs espèces végétales, et animales car ils interfèrent entre trois milieux (aérien, marin aquatique et terrestre), mais l'homme les détruit petit à petit. L'extraction abusive des sables pour la construction et la destruction des dunes pour placer des parkings ou des complexes sont les méfaits qui touchent directement à notre patrimoine sédimentaire. Ce dernier peut être influencé indirectement, soit par la pollution qui dégrade les mattes d'herbier à Posidonie auxquelles il faudrait 98 ans pour avancer d'un mètre, laissant ainsi le champ libre à l'attaque des vagues, soit par la construction des barrages qui sont des pièges à sédiment, lesquels devraient être désenvasés une fois tous les deux (02) ans.

A cette carence en sédiment s'ajoutent une élévation du niveau de la mer causée par la fonte des grands inlandsis, suite au réchauffement de la terre avec son " effet de serre " due à la pollution atmosphérique, ainsi que celle des fréquences d'apparition des grandes tempêtes.

Cependant, les enjeux que peut présenter une plage et les bénéfices qu'elle peut apporter sont multiples et importants. D'ailleurs, plus de 70 % des touristes à l'échelle mondiale optent pour les littoraux sableux.

En ce qui concerne la société, presque tous les Algériens passent leurs vacances au bord de la mer qui est non seulement un lieu de détente et de loisir qui procure des revenus, mais un lieu de rencontre et de convivialité.

Les littoraux sableux sont aussi connus par leur caractère écologique varié, comme étant une interface terre, mer, air ; c'est un espace de ponte, de chasse ou de survie pour les espèces vivantes dans ce milieu et l'environnement côtier doit être préservé dans son état naturel en essayant de restaurer ce qui a été altéré.

Pour la plage Ouest de Boumèrdès, le constat est actuellement grave et risque de prendre des proportions alarmantes car elle perd de plus en plus de son sédiment. Cette zone côtière classée zone naturelle par la Scandinaiving Engeenering Corporation pour son caractère fragile, est devenue une zone d'extension touristique que les Autorités locales ont mal gérée. D'ailleurs, l'érosion était constatée au départ sur la plage Est, et a contaminé la plage Ouest puisque nous n'avons rien fait pour la stopper.

Si la tendance continue, ça sera au tour de la plage de Corso et celle d'Alger, qui souffre d'ailleurs du même syndrome.

Par rapport à une Zone d'Extension Touristique, nous avons une zone d'extension détritique où se mélangent les ordures, les bouteilles et les sachets noirs, un phénomène regrettable à constater par amour pour la nature et l'environnement, et leur bon développement dans un sens durable.

Ainsi, mon travail consiste dans un premier temps, à collecter des données sur cette plage et son environnement côtier. C'est une sorte de diagnostic appelé bilan Socio-environnemental ou plus exactement une quête d'informations passées et actuelles ainsi que quelques témoignages.

Ensuite, nous choisirons quelques paramètres issus de cette quête, afin de déterminer la position typologique du site et le qualifier ainsi dans le passé et le présent, à travers une étude basée sur une méthodologie appropriée.

Enfin, nous combinerons une analyse systémique et une prospective afin d'évaluer le niveau de durabilité de cet environnement. D'abord, nous ferons sortir les paramètres les plus influents sur ce site et ceux qui sont influencés par l'analyse systémique. Ensuite, à travers une schématisation de la durabilité, nous essayerons de voir la situation actuelle par rapport à la durabilité et déduire la situation tendancielle future et la comparer au scénario que nous prévoyons pour 2015.

LE LITTORAL SABLEUX DE BOURMERDES

I. Le littoral sableux de Boumerdès :

Boumerdès est l'une des wilayas côtières de l'Algérie ; elle est subdivisée en trente-deux (32) communes dont dix (10) côtières et possède un linéaire côtier très sableux avec quelques promontoires comme le Rocher Noir.

L'agriculture qui constituait dans le passé la principale occupation des populations se pratique encore sur la majorité des terres de cette wilaya, sauf pour la commune de Boumerdès qui s'est transformée en Zone d'Extension Touristique.

Cette nouvelle vocation qu'a connue la zone lui a valu de très grandes mutations. La ville s'est rapidement urbanisée au détriment des espaces verts et des plages. Les Autorités ont procédé au déboisement des lieux afin de créer de l'espace et à l'extraction abusive du sable nécessaire à la construction.

La situation actuelle nous informe que 80% des plages sont en voie de démaigrissement, et le futur est à craindre. Alors une collecte de données sur cette zone est très nécessaire pour connaître son évolution.

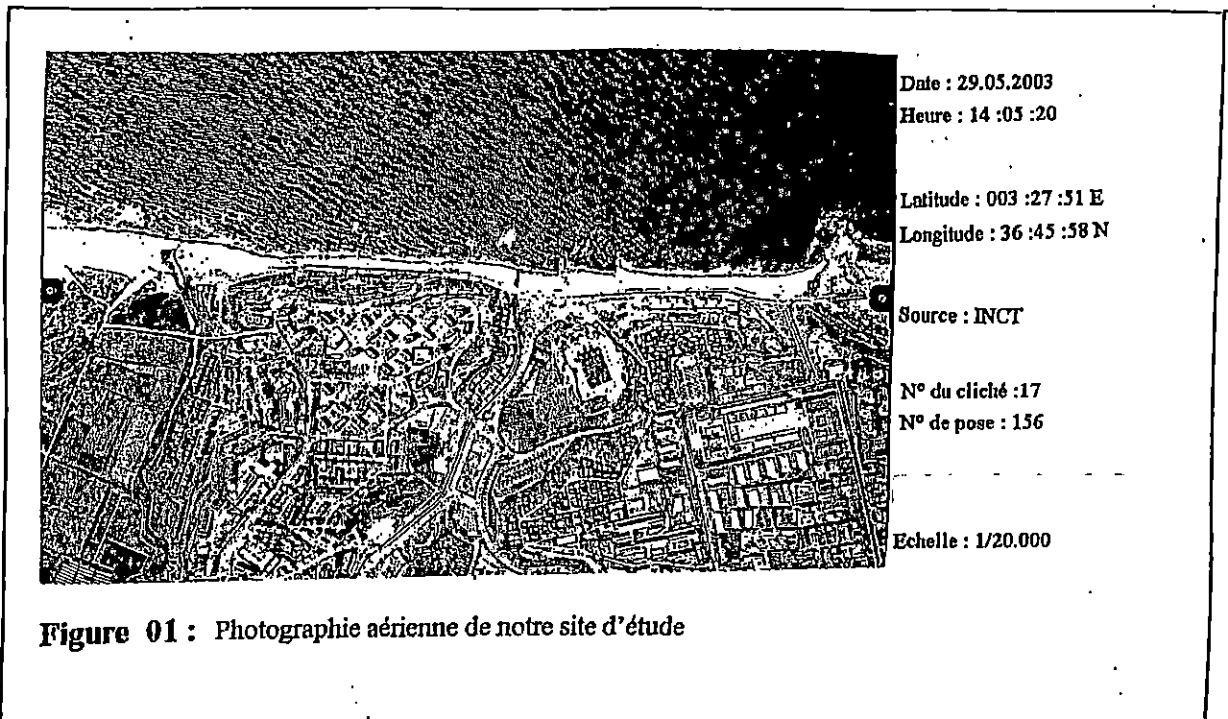
I.1. Contexte géographique et géologique :

I.1.1. Données géographiques :

La commune de Boumerdès occupe la partie centrale de la baie de Zemmouri à environ 50 Km à l'est d'Alger.

Notre site d'étude s'étend sur une longueur d'environ 1000 m, dominé par le plateau ouest de Boumerdès qui se présente sous forme de falaises de 15 à 20 m de hauteur issues de l'érosion marine. Cette zone est limitée par l'oued Corso à l'ouest, l'oued Tatareg à l'est, le plateau de Boumerdès au sud (Cité des 800 logements) et la mer Méditerranée au nord.

Notre plage est incluse dans le rectangle situé entre les longitudes 3°27'25'' et 3°27'75'' Est et les latitudes 36°45'40'' et 36°45'45'' Nord (Figure n° 01).



I.1.2. Données géologiques :

a) Géologie régionale :

Cette étude porte sur un site (plage Ouest de Boumerdès) incrusté sur un littoral du Tell septentrional appartenant aux magrébides (segments orogéniques de la bande Dinaride de l'orogène alpin périméditerranéen). La coupe géologique schématisée de l'Atlas tellien sur le méridien de Thénia nous montre deux grands ensembles structuraux distincts (Figure n° 02).

a-1) Domaine externe :

Il comprend des terrains charriés à faciès externe (nappes de flyschs et nappes telliennes), et allochtones qui reposent sur une formation conglomératique transgressive sur le massif ancien Oligo-Miocène Kabyle.

a-2) Domaine interne :

Il comprend le massif de la grande Kabylie, la couverture Nord Kabylie et la dorsale Kabyle.

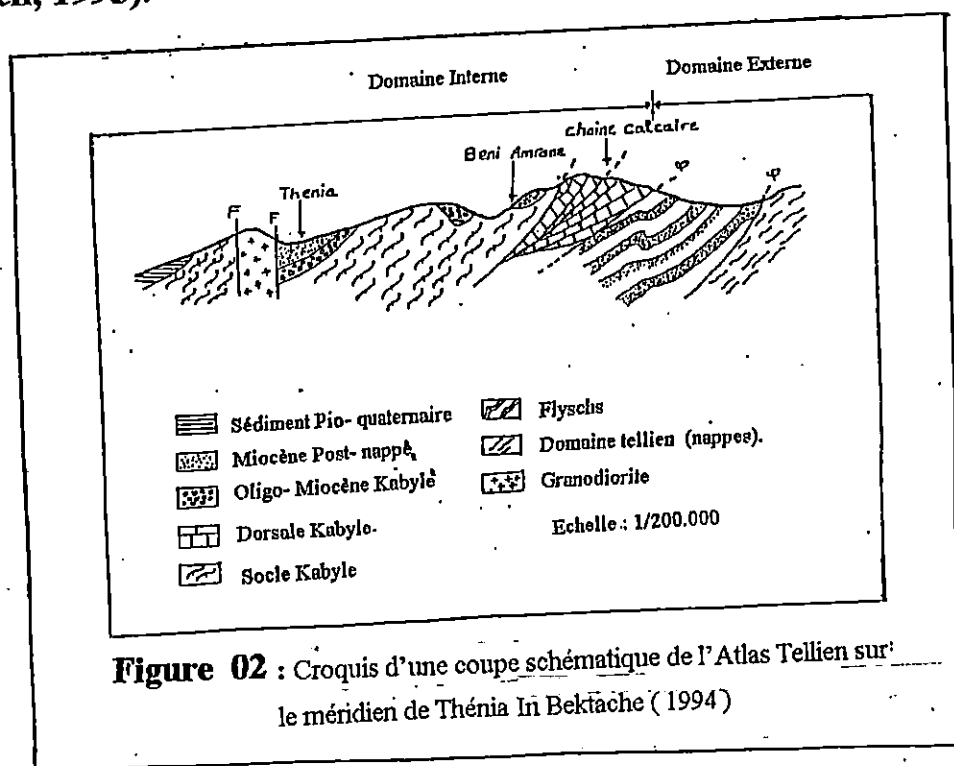
Notre région fait partie de ce domaine, à savoir le socle (massif littoral) et la couverture Nord Kabylie (Néogène discordante post-nappe).

* Le massif littoral de la grande Kabylie :

Il est constitué par des terrains cristallophyliens formant tous les massifs littoraux anciens de la petite et la grande Kabylie avec également des pointements de dimension réduite à Boumerdès, Chenoua, Alger et Thénia.

* La couverture Nord Kabylie :

Elle est constituée par des terrains métamorphiques de l'anté-cambriens avec une formation sédimentaire locale du Paléozoïque inférieur (Ouacif, 1995).



b) Géologie locale :

La carte géologique de Thénia fait ressortir deux ensembles géologiques caractérisant notre site, à savoir le socle métamorphique et les formations Mio-Plio-Quaternaires (**Figure n° 03**).

b-1) Le socle métamorphique :

Il est représenté par le promontoire rocheux de Boumerdès et recouvert vers l'arrière pays par des sédiments quaternaires.

Ce socle est constitué principalement de micaschistes et de schistes micacés.

b-2) Les formations sédimentaires :***les formations néogènes :**

Les marnes miocènes (helvétiques) se désagrègent, prenant une couleur beige formant ainsi un sol argileux, au sud du promontoire rocheux, alors que vers l'arrière pays, les marnes pliocènes (plaisanciennes) sont altérées en surface ; ce dépôt est marin transgressif sur les terrains plus anciens.

***Les sédiments quaternaires :**

Ils sont très abondants et se distinguent par leurs caractères détritiques.

***les alluvions anciennes :**

Elles apparaissent au niveau des vallées actuelles des oueds Corso et Boumerdès, déposées en terrasses horizontales. Elles sont formées de galets roulets hétérogènes et emballés dans une matrice argileuse. Ces dépôts correspondent à une sédimentation continentale torrentielle recouvrant les formations Mio-Pliocènes.

***Les alluvions récentes :**

Elles se rencontrent le long des oueds Corso, Tatareg et Boumerdès. Ce sont des dépôts de sables, graviers et argiles.

***Les alluvions actuelles :**

Ce sont surtout des dépôts limoneux et vaseux riches en matière organique, au niveau des lits mineurs des oueds. Au niveau des plages, c'est un dépôt de sables homogènes à grains arrondis et bien classés, renfermant des coquilles et des débris de coquilles (**Bektache, 1994**).

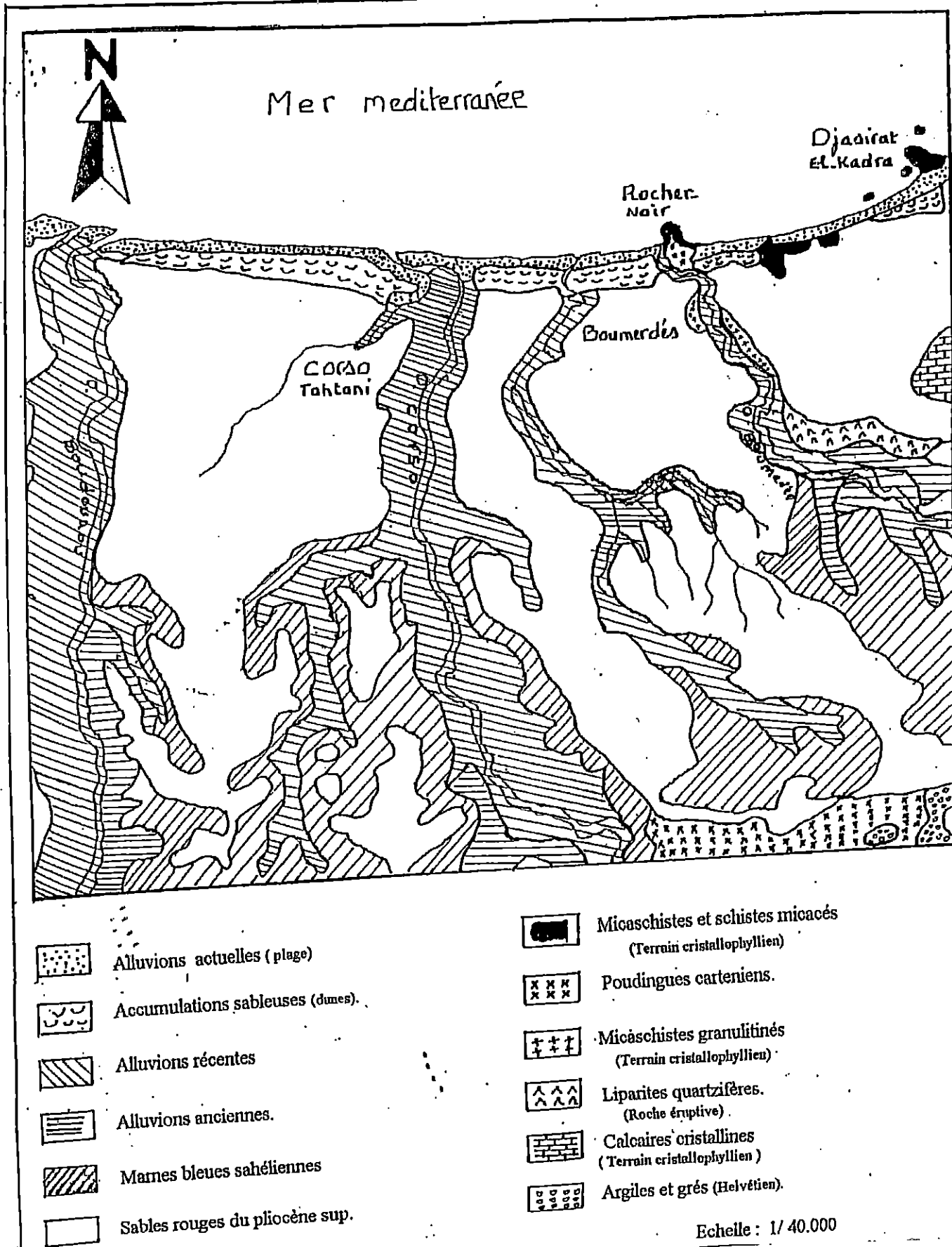
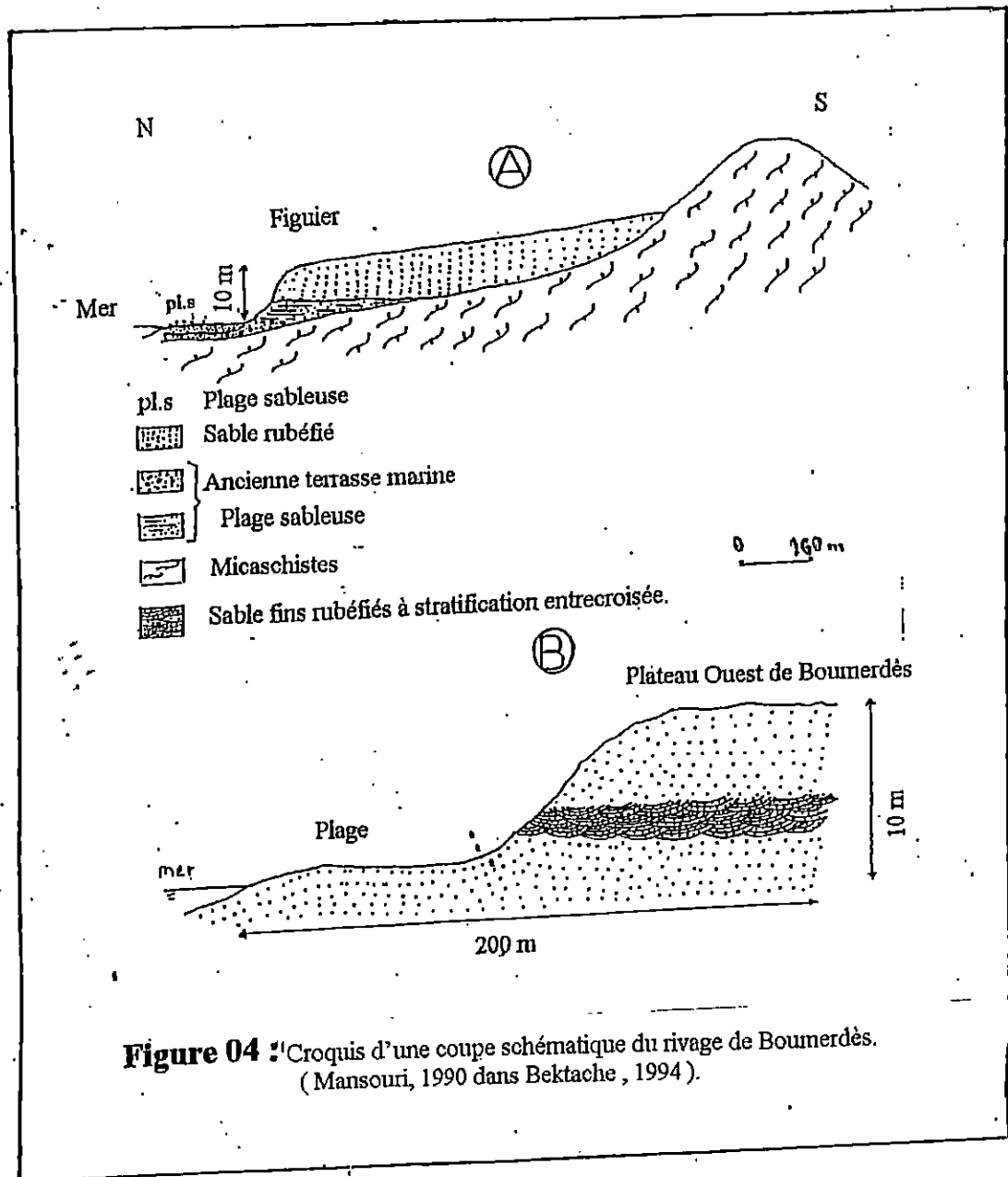


Figure 03 : Croquis d'un extrait de la carte géologique de Thénia, (Zone Est).
In Bektaché (1994)

Conclusion :

- l'érosion du massif de Thénia et des marnes Mio-Pliocènes a contribué à la formation des terrains quaternaires.
- le plateau de Boumerdès s'est formé pendant une période d'érosion continentale et marine (accumulation sableuse, remblais et terrasses marines) (Figure n° 04).
- la lithologie constituant la zone d'étude est fragile, se traduisant par les dépôts quaternaires peu consolidés (éolianites) reposant sur un substratum marneux.
- sur le plan tectonique, cette région a subi plusieurs déformations et on constate la continuité des réajustements par les nombreux séismes qui ont secoué le littoral algérien et qui se poursuivent actuellement surtout dans cette baie de Zemmouri.



I.2. Contexte climatique et hydrologique :

I.2.1. Données climatologiques :

Notre zone d'étude, ou autrement dit la baie de Zemmouri, est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par une période hivernale pluvieuse (tempérée, douce et humide), parfois torrentielle où les cours d'eau sont bien alimentés, et une période estivale chaude et sèche avec des cours d'eau presque à sec.

a) Les précipitations :

Les eaux de pluie se trouvent être les principales sources d'alimentation des réseaux hydrographiques; ainsi les informations requises nous viennent de l'Office National de Météorologie (O.N.M.) de Dar El-Beida et concernent une période s'étalant sur dix (10) ans (1993-2003).

De ce fait, les données fournies nous ont permis d'affirmer que les pluies sont plus abondantes en automne et surtout en hiver, entre Septembre et Mai, avec une moyenne mensuelle de 30.45 mm qui atteint son maximum en Décembre avec 103.20 mm et une moyenne annuelle de 542 mm pour la saison humide. Pour la saison sèche qui s'étale du mois de Juin au mois d'Août, les précipitations restent relativement faibles avec une moyenne mensuelle de 22.61mm et les valeurs les plus faibles se constatent en Juillet avec une moyenne de 1.19mm.

Selon d'autres études (Ouacif,1995), les précipitations ont nettement diminué pendant ce siècle. D'ailleurs, les moyennes annuelles constatées au début du siècle entre 1913 et 1938 sont estimées à 800 mm, alors que pour la période de 1958 à 1993, les moyennes annuelles ne dépassent pas les 600 mm. Par contre, pour cette dernière décennie, elles sont estimées à 542.16 mm.

Cette diminution considérable des pluies est causée surtout par le réchauffement de la planète ou autrement dit « l'effet de serre » et les conséquences qu'il peut avoir sur le couvert végétal ainsi que sur le sol sont à craindre, car pendant la saison sèche, les sols tendres s'effritent sous l'effet de la sécheresse et deviennent facilement transportables pendant la saison hivernale. Ainsi, l'absence de végétation et l'action des eaux de ruissellement et d'infiltration provoquent l'érosion des falaises et la dégradation des dunes.

b) Les températures :

Dans le cas de notre zone d'étude, les moyennes mensuelles des températures pour la période allant de 1993 à 2003 mettent en évidence deux saisons bien distinctes :

- une saison relativement froide allant de Décembre à Mars avec une moyenne de 12°C.
- une saison chaude d'Avril à Novembre avec une moyenne de 30°C et un maximum journalier qui peut atteindre 38°C (O.N.M).

1.2.2. Données hydrologiques :

La baie de Zemmouri est alimentée par des cours d'eau issus des deux grands bassins versants qui la constituent, à savoir Oued Isser et Oued Keddara qui contribuent essentiellement aux apports liquides et solides à la mer malgré l'existence des barrages de Béni-Amrane et de Keddara qui réduisent ces apports considérablement.

La région de Boumerdès, ou plus exactement notre site d'étude, est alimentée d'Est en Ouest par les Oueds Boumerdès, Tatareg et Corso respectivement.

La surface totale et le débit de ces Oueds sont (selon l'ANRH):

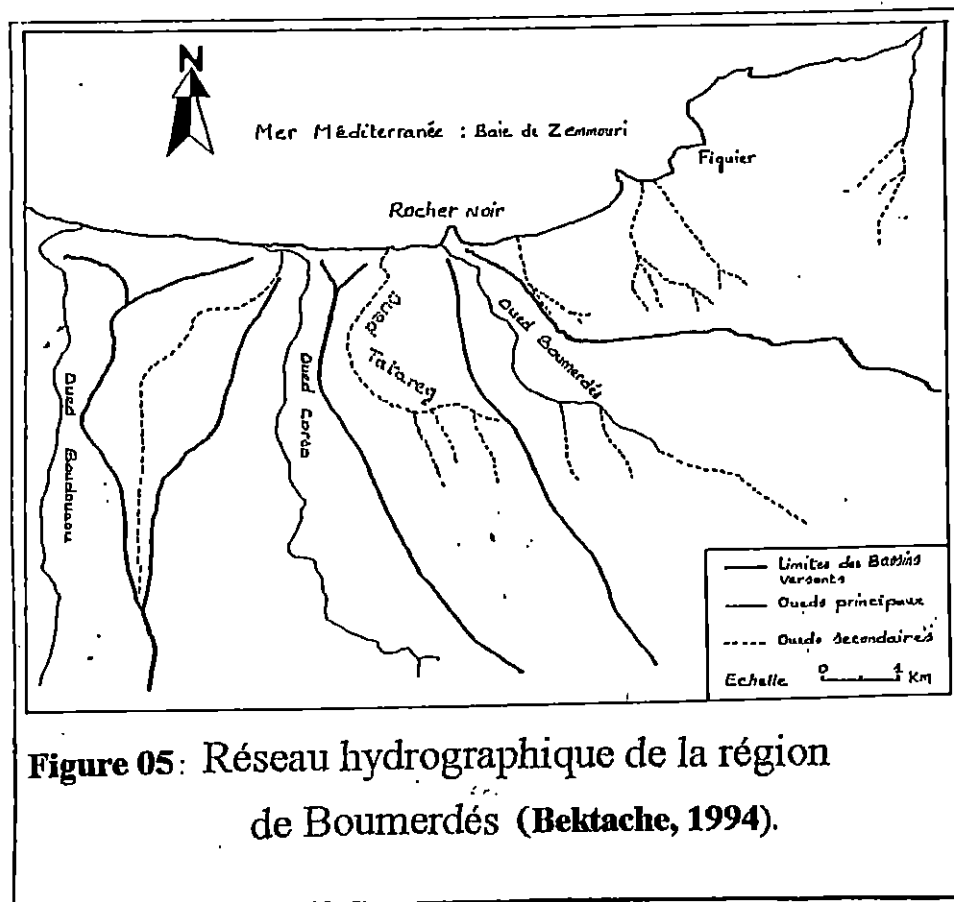
-Oued Boumerdès : avec une longueur d'écoulement d'environ 4 km et un apport moyen annuel à l'embouchure estimé à 8 Hm³/an.

-Oued Corso : c'est l'Oued le plus important de notre site d'étude avec une superficie de 82 km² et une longueur de 5 km. Le débit liquide moyen annuel est estimé à 20 Hm³/an et un débit solide moyen de 0.1 Hm³/an.

-Oued Tatareg : son bassin versant est entièrement urbanisé avec un lit d'écoulement réduit à un mince filet d'eau ne véhiculant que les eaux usées en été et les eaux de pluies torrentielles en hiver (**Figure n° 05**).

Les caractéristiques pédologiques et les conditions climatiques favorisent l'érosion, la déstabilisation des versants et le déficit sédimentaire des plages.

A ces facteurs naturels, s'ajoutent les facteurs anthropiques (retenue d'eau, urbanisation, dénudation des versants et extraction des sables) qui ne font que contribuer à l'érosion du littoral et à sa sous alimentation (**Ouacif, 1995**).



I.3. Contexte hydrodynamique :

I.3.1. Données météorologiques (les vents) :

. Le rôle du vent ne se résume pas seulement à la création de houles et de courants de surface; en plus de son action sur la mer, il entre dans la mise en mouvement et le transport de sables. Ainsi, le facteur éolien doit être étudié de manière à déterminer ses directions dominantes et les fréquences de ses vitesses moyennes et maximales afin de définir la dynamique sédimentaire majeure de notre région.

De ce fait, nous nous sommes basés sur des mesures effectuées au niveau de l'Oued Isser par l'U.S Naval Weather Service Command (1973-1975) sur une tour à 18 m au dessus du sol, ainsi que les données du S.S.M.O. et l'échelle de Beaufort.

L'analyse des roses trimestrielles fait ressortir que :

-Durant le 1^{er}, 2^{ème} et 4^{ème} trimestre, les vents de l'Ouest sont dominants (plus de 25% du temps) avec des vitesses pouvant atteindre 22 m/s.

-Durant le 3^{ème} trimestre, les vents de secteur Nord-Est prédominent (plus de 20% du temps) avec des vitesses ne dépassant pas 15 m/s.

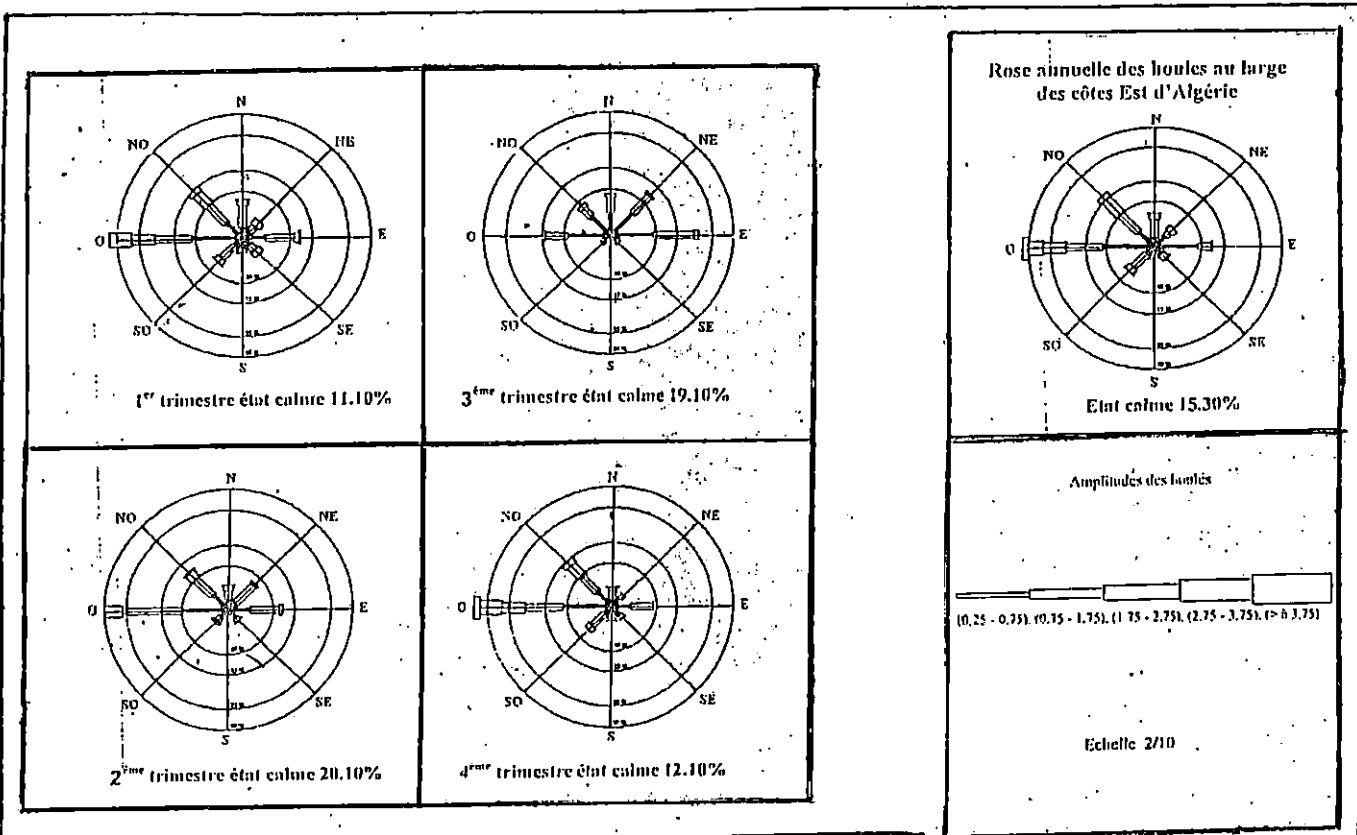
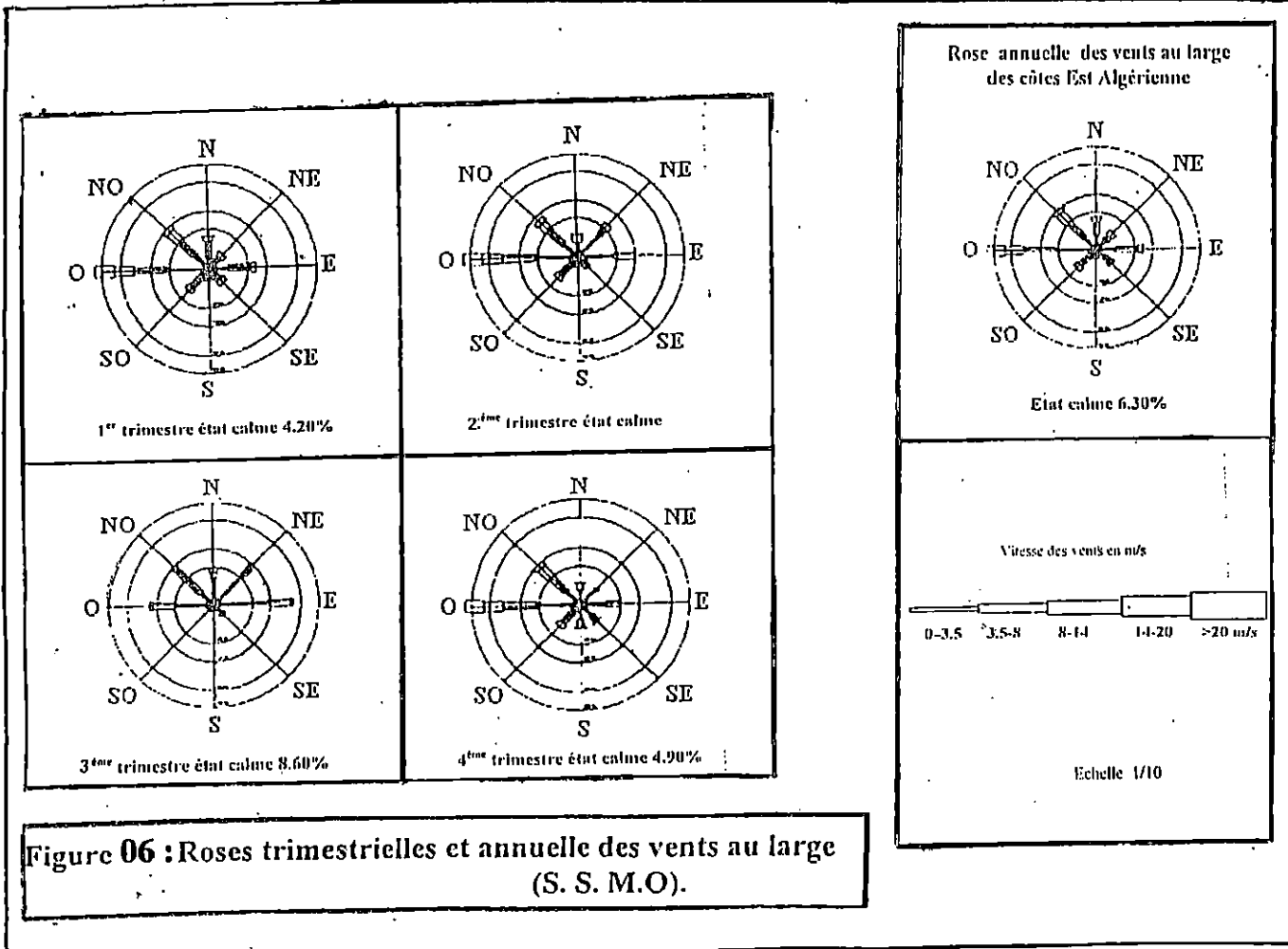
La rose annuelle des directions des vents fait apparaître trois directions préférentielles et qui proviennent essentiellement du secteur Ouest, Nord-Ouest et Nord-Est avec des fréquences de 0.2 % pour le 3^{ème} trimestre et 0.6% pour les trois autres trimestres (Mezouar,2004).

Il ressort de cette analyse que notre secteur d'étude reste très ouvert aux vents prédominants ayant pour impact l'amplification de l'action hydrodynamique, sans oublier pour autant la dispersion des sédiments occasionnée par ces vents, surtout ceux du secteur Nord qui sont les plus érosifs (Figure n° 06).

I.3.2. Données océanographiques :

a) La houle :

L'étude de la houle est importante du fait que cette dernière est responsable dans l'évolution des formes côtières, ainsi que dans la remise en suspension des sédiments de la plage sous-marine, en engendrant un courant de dérive littorale dont le rôle est le transfert des sédiments longitudinalement à la côte ou d'un courant de retour dont le rôle est l'engraissement ou l'amaigrissement de l'estran. Les données concernant cette étude nous parviennent du S.S.M.O. (Summary of Synoptic Meteorological Observations) grâce aux 30.000 observations faites sur une période de 08 ans allant de 1963 à 1970, couvrant une zone au large des côtes algériennes située entre 2° et 5° de longitude Est et 36.5° et 38° de latitude Nord (Figure n° 07).



L'exploitation de ces données nous a permis de mettre en évidence trois directions majeures de la houle au large.

***Direction Nord-Ouest :**

Elle est présente durant toute l'année avec une préférence hivernale. Sa fréquence d'apparition est de 8% à 10% avec une période moyenne de 8 à 9 secondes pour des amplitudes de 2 à 3 m. Les périodes de 10 s et qui peuvent atteindre 13 s ne sont relevées que lors des grandes tempêtes avec une amplitude de 4 m voire 6 m comme valeur maximale; la longueur d'onde varie entre 150 et 170 m pour une célérité de 14 m/s.

***Direction Nord :**

C'est la direction la plus courante au cours de l'année avec une moyenne mensuelle de 7.5%. Les amplitudes dépassent 3.25m surtout entre Décembre et Mars avec une fréquence d'apparition de 4.1% (Lahcene et Nahi, 1995).

***Direction Nord- Est :**

Cette direction est de préférence estivale, caractérisée par une houle de période moyenne entre 6 et 7 secondes avec une amplitude de 0.5 à 1.5 m, la longueur d'onde moyenne est de 130 m avec une célérité de 10 m/s.

En cette période, les amplitudes dépassant les 3 m sont rarement observées mais existent avec une période qui atteint 9 s (Figure n° 08).

A son approche de la côte, la houle se réfracte et change de caractéristiques, d'où la nécessité d'utiliser le logiciel « refract » du L.E.M. (Laboratoire des Etudes Maritimes) pour avoir le plan de vague des trois directions prédominantes. Cependant, quelques remarques sont à signaler :

L'étude du phénomène de réfraction est basée sur la théorie irrotationnelle de STOCKS d'ordre 1 et qui admet certaines hypothèses.

La longueur d'onde au large est $L_0 = 100$ m pour les trois périodes : 6s, 8s et 10s.

***Plan de vagues : Nord 00° (voir annexe) :**

Les houles du Nord sont principalement hivernales et abordent le site frontalement. Les orthogonales aux crêtes de houles gardent leur parallélisme sans subir de déformations depuis le large, et atteignent la côte avec les mêmes amplitudes et donc avec la même énergie. Ceci semble s'expliquer par l'absence d'obstacles marins et le rapprochement de la zone de déferlement de la côte, en induisant un courant de retour qui semble être responsable du phénomène d'érosion.

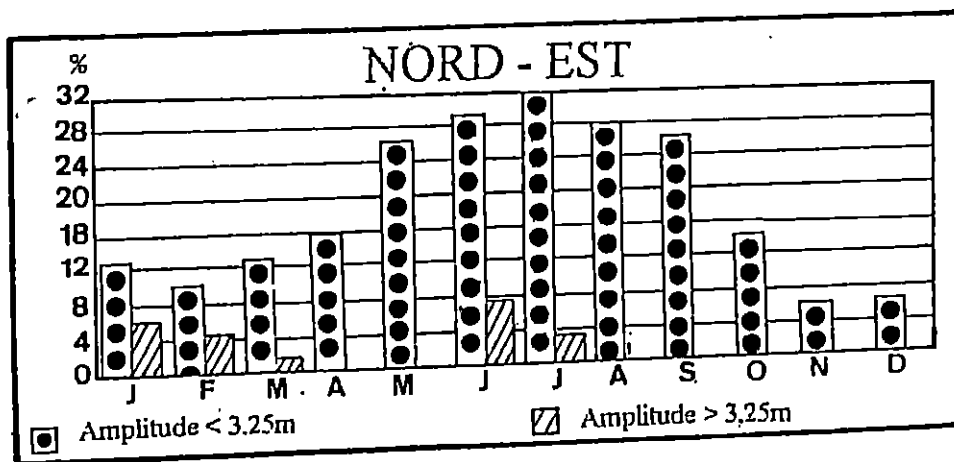
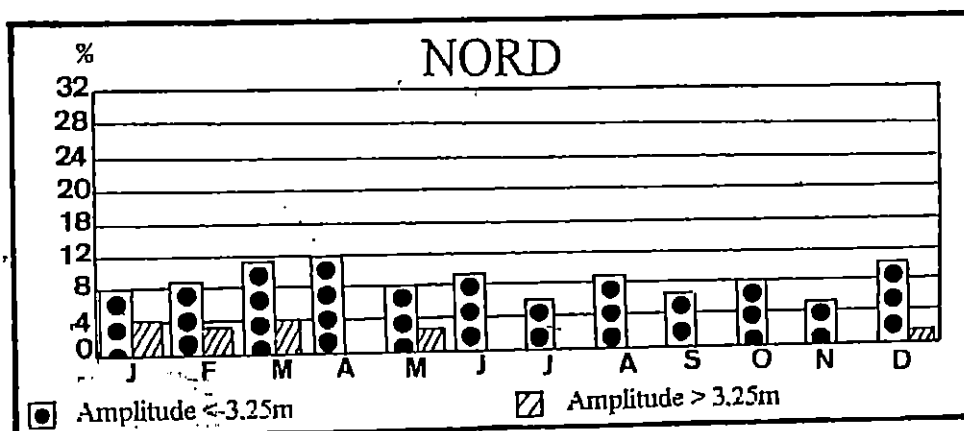
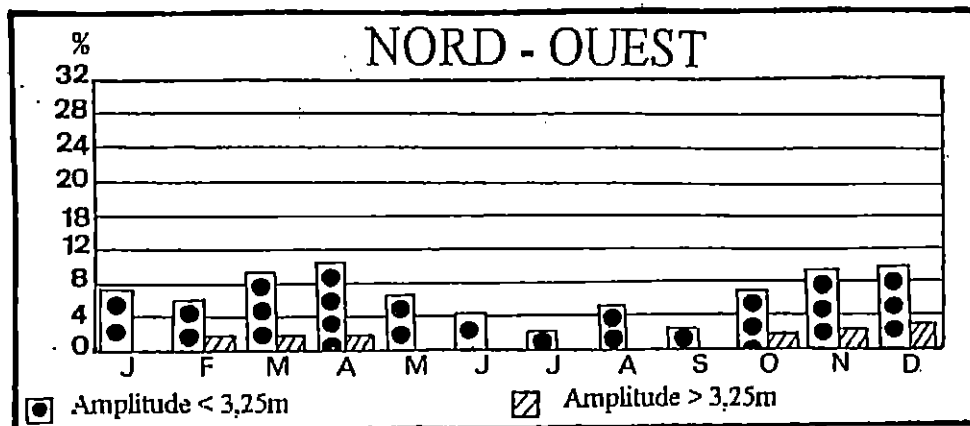


Figure 08 : Répartition mensuelle des amplitudes pour les trois directions majeures des houles.
 (U.S.N.W.S. 1963 - 1970 in **Lahcene et Nahi, 1995**).

***Plan de vagues : Nord- Ouest 315° (voir annexe) :**

Les houles hivernales de ce secteur atteignent la côte obliquement avec un angle d'incidence de 45° à 50° et une énergie relativement importante.

Le coefficient de réfraction K varie entre 0.85 et 0.78. Les orthogonales de houle abordent la côte avec une déviation de 7° à 12° et sont considérées comme source d'alimentation en sédiment pour la plage Ouest.

*** Plan de vagues : Nord-est 45° : (voir annexe)**

Ces houles estivales qui arrivent au site d'une manière oblique, avec une énergie atténuée d'environ 31% à celle du large, subissent une déviation d'environ 10% à 16%. Le coefficient de réfraction varie entre 0.72 et 0.78 (Mezouar, 2004).

b) Les courants :

L'importance des courants n'est pas à exclure, surtout ceux induits par la houle car ils engendrent deux situations de cas, soit un engraissement, bénéfique pour le développement de notre site, soit un amaigrissement, résultat à éviter complètement.

***Les courants généraux :**

C'est le cas du courant atlantique qui pénètre par le détroit de Gibraltar formant des tourbillons anticycloniques de 100 km de diamètre. Il se déplace vers l'Est avec une vitesse inférieure à 7 nœuds (Millot, 1985); dès son arrivée à la côte de Boumerdes, sa vitesse diminue et varie entre 0.5 et 2.5 nœuds. Les courants résiduels créés par ce dernier rejoignent la côte avec une vitesse inférieure à 0.5 nœud.

***Les courants de retour :**

Au contact de la côte, les houles frontales du Nord, puissantes et fréquentes en hiver, engendrent des courants de retour dont la vitesse dépend de l'énergie des houles et de la pente de la plage.

Comme la plage est réduite en hiver, le déferlement a lieu presque au pied de la falaise (mur de soutènement) à l'Ouest de l'Oued Tatareg; il s'ensuit une érosion mécanique intense par affouillement prononcé.

Les sables de la plage et les sédiments arrachés aux falaises sont repris par ces courants pour être déposés au large et créer de ce fait une situation d'amaigrissement (Lahcene et Nahi, 1995).

* Les courants de dérive littorale :

Ces courants de dérive ne peuvent être effectifs que si la houle arrive à la côte avec une incidence oblique ou autrement dit avec un angle d'incidence compris entre 50° et 60° . Ces courants prennent naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale et permettent la mise en suspension des sédiments et leur transit le long de la côte.

Les vents de secteur Ouest et Nord-Ouest d'hiver et les houles induites Nord-Ouest provoquent une dérive littorale Ouest- Est avec une érosion intense de la plage Ouest de Boumerdès (**Ouacif, 1995**).

Pour les vents et les houles estivales du secteur Nord-Est, la dérive littorale induite est de moindre importance, car l'angle d'incidence est inférieur à 50° , sauf qu'elle participe de manière faible à l'engraissement de cette plage et la trajectoire des courants de dérive littorale induite se fait d'Est en Ouest (**Figure n° 09**).

c) Les marées :

Le phénomène de marée est périodique et prévisible, il entraîne des variations connues du niveau de la mer. Ce fait est remarquable sur toutes les mers et les océans, sauf que ses effets sont négligeables sur les côtes algériennes car elle dépasse rarement 0.20 m avec des périodes de 12 h et 24 h (**Mezouar, 2004**).

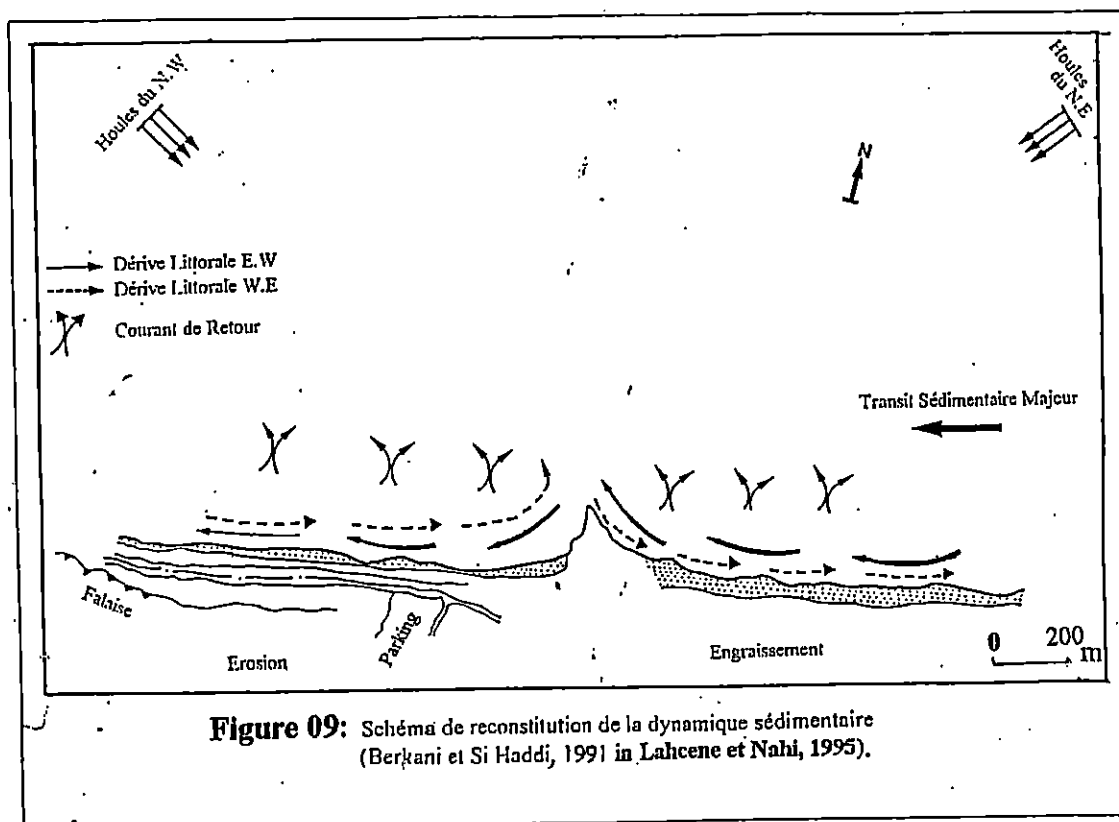


Figure 09: Schéma de reconstitution de la dynamique sédimentaire (Berġani et Si Haddi, 1991 in Lahcene et Nahi, 1995).

I.4.1. Etude de la partie aérienne :

la morphologie de la plage subit un changement si grand que son espace côtier paraît artificialisé, et seul le secteur occidental semble garder son état naturel. D'ailleurs, on se trouve devant une plage située au pied d'une falaise vive et dont la dune qui les sépare se trouve inexistante ou plus exactement détruite pour l'élargissement de la plage et pour la construction de la route front de mer. Aujourd'hui, les facteurs naturels ou anthropiques, terrestres ou marins ont intensifié l'érosion et nous distinguons seulement deux ensembles morphologiques séparés par un mur de soutènement.

- La falaise: avec sa hauteur de 25 à 30 m du Sud au Nord, elle présente un étagement de relief; le contact du plateau avec la zone basse s'effectuait par l'intermédiaire d'un talus à pente rectiligne, convexe et des dénivellations ne dépassant pas 8 m. Actuellement, il s'effectue un contact avec le mur de soutènement, et le contact plage-falaise est interrompu.

On remarque que les versants de cette falaise sont très touchés par l'érosion, avec l'apparition et le développement de ravins sur le talus. Ces derniers se voient entaillés par l'érosion due au ruissellement des eaux et des infiltrations.

- La plage : elle est séparée du reste de la dune et du mur de soutènement par une légère dénivellation ; sa partie centrale ne dépasse pas 8 m de large en hiver et en temps calme ; mais en période estivale, elle peut atteindre 20 à 25m, voire 45m pour les secteurs oriental et occidental.

L'arrière plage est caractérisée par l'absence de végétation et la présence de petits gradins, et l'estran par une pente plus abrupte (Ouacif, 1995).

*** Evolution des profils de la plage aérienne :**

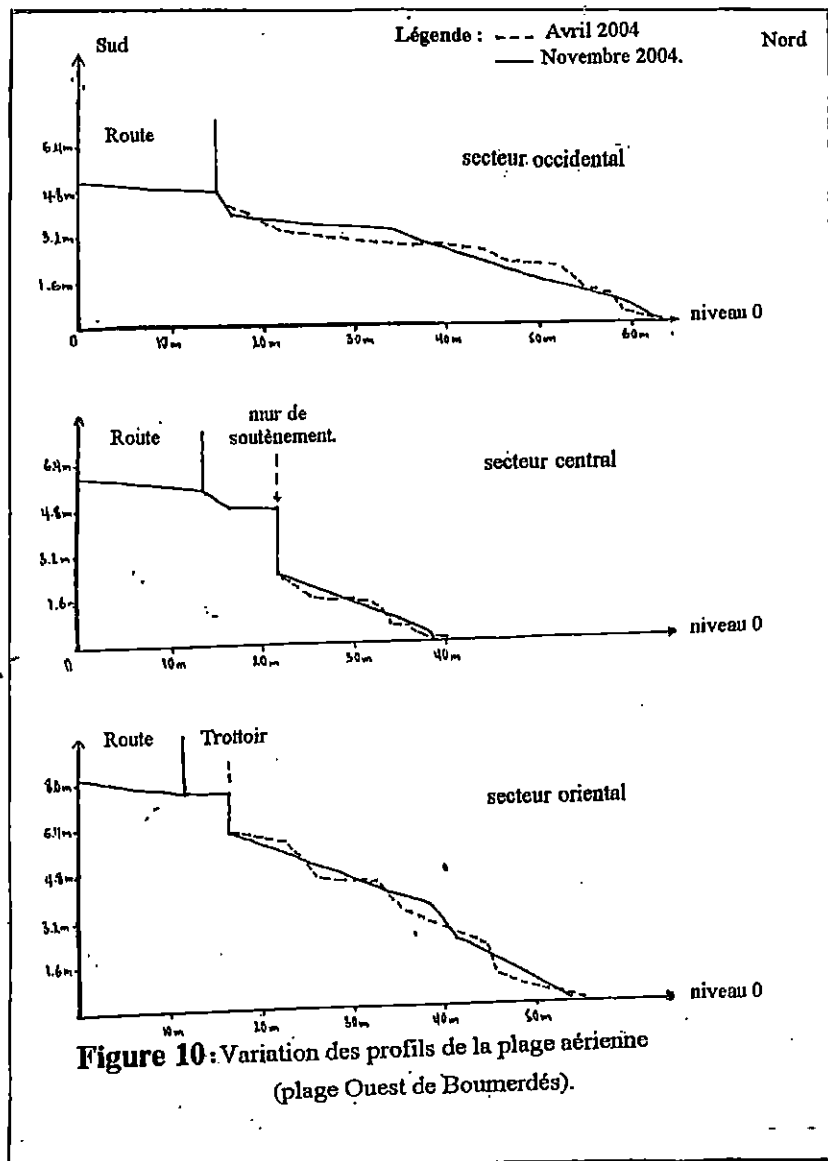
Cette étude permet de mettre en évidence les variations volumétriques de la morphologie de la plage active.

En raison du manque de moyens, nous n'avons pas pu effectuer le suivi complet, mais nous nous sommes basés sur des profils levés par d'autres chercheurs pour d'autres études, ainsi que des levés saisonniers visuels

(**Figure n° 10**) et sans matériels spécifiques (Pinot, 1997)

L'évolution de la plage Ouest indique un engraissement en sédiments pendant la saison estivale, et un amaigrissement en période hivernale. Cette évolution naturelle met en évidence un rééquilibrage saisonnier durant la période la moins perturbée par l'homme. Par ailleurs, elle connaît des variations annuelles selon les secteurs et sera déterminée par l'évolution du trait de côte (Bektache, 1994), (Ouacif, 1995).

En conclusion, la partie aérienne de la plage Ouest de Boumerdès connaît une situation d'amaigrissement en période hivernale grâce aux houles du Nord très puissantes et en saison estivale, une situation d'engraissement grâce aux houles du Nord-Est. Pour une variation saisonnière, le bilan peut être nul, mais pour une variation annuelle, l'activité de l'homme a vraiment perturbé l'évolution de la plage. Ceci se traduit par l'arasement de la dune avec une extraction abusive des sables, la construction de la route qui a rompu l'échange des flux sédimentaires entre le flanc inférieur de la dune et la plage, la construction du mur de soutènement qui a bloqué les apports issus de la falaise, d'où la réduction du stock mobilisable qui va se présenter sur l'estran. L'étude de la partie sous-marine nous aide plus à nous rapprocher de la réalité de l'évolution.



I.4.2. Etude de la partie sous-marine :

La carte bathymétrique constitue un document nécessaire pour la connaissance et l'interprétation de la morphologie sous-marine. Cette carte (Figure n °11) est obtenue à partir de profils reportés sur des radiales ayant des coordonnées géographiques évaluées avec exactitude.

Nous avons effectué dix profils sur l'embarcation (IBTACIM) avec un échosondeur de type NAVICOM NF 180.

L'analyse de cette carte met en évidence deux zones distinctes :

- Une aire comprise entre 0 et 6 mètres caractérisée par la présence de petites fosses et de barres d'avant côte qui témoignent de la grande mobilité des fonds face à l'action hydrodynamique (morphologie dépendant de l'état de la mer).
- Une aire de moyenne profondeur allant de 6 mètres à l'isobathe de 15 mètres, présentant un fond régulier en général avec des isobathes plus ou moins bien espacés.

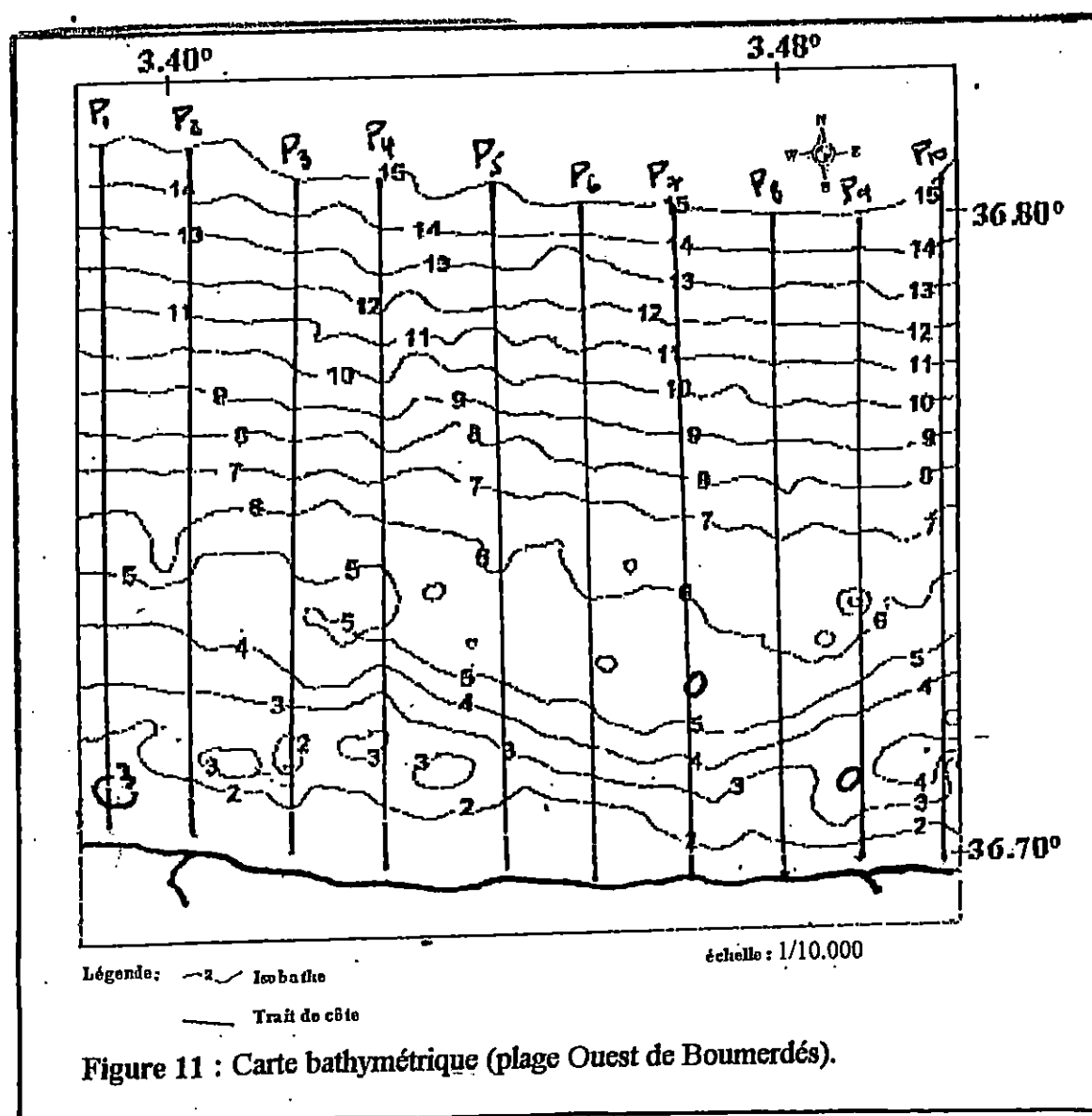


Figure 11 : Carte bathymétrique (plage Ouest de Boumerdés).

Les profils bathymétriques effectués (P_1 à P_{10}) montrent avec plus de précision la morphologie sous-marine des fonds sableux de notre zone et permettent mieux de voir les principales caractéristiques (**Figure n° 12**).

En général, et comme nous l'avons déjà cité, nous observons la présence de deux zones ; la première présente un fond irrégulier entre 0 et 6 mètres et la deuxième se caractérise par un fond plus ou moins régulier.

Nous pouvons remarquer sur la première zone (celle située au niveau des petits fonds entre 0 et 6 mètres), plus exactement au niveau de la partie Ouest, la présence d'une barre d'avant côte façonnée par les courants de retour entre 0 et 4 mètres.

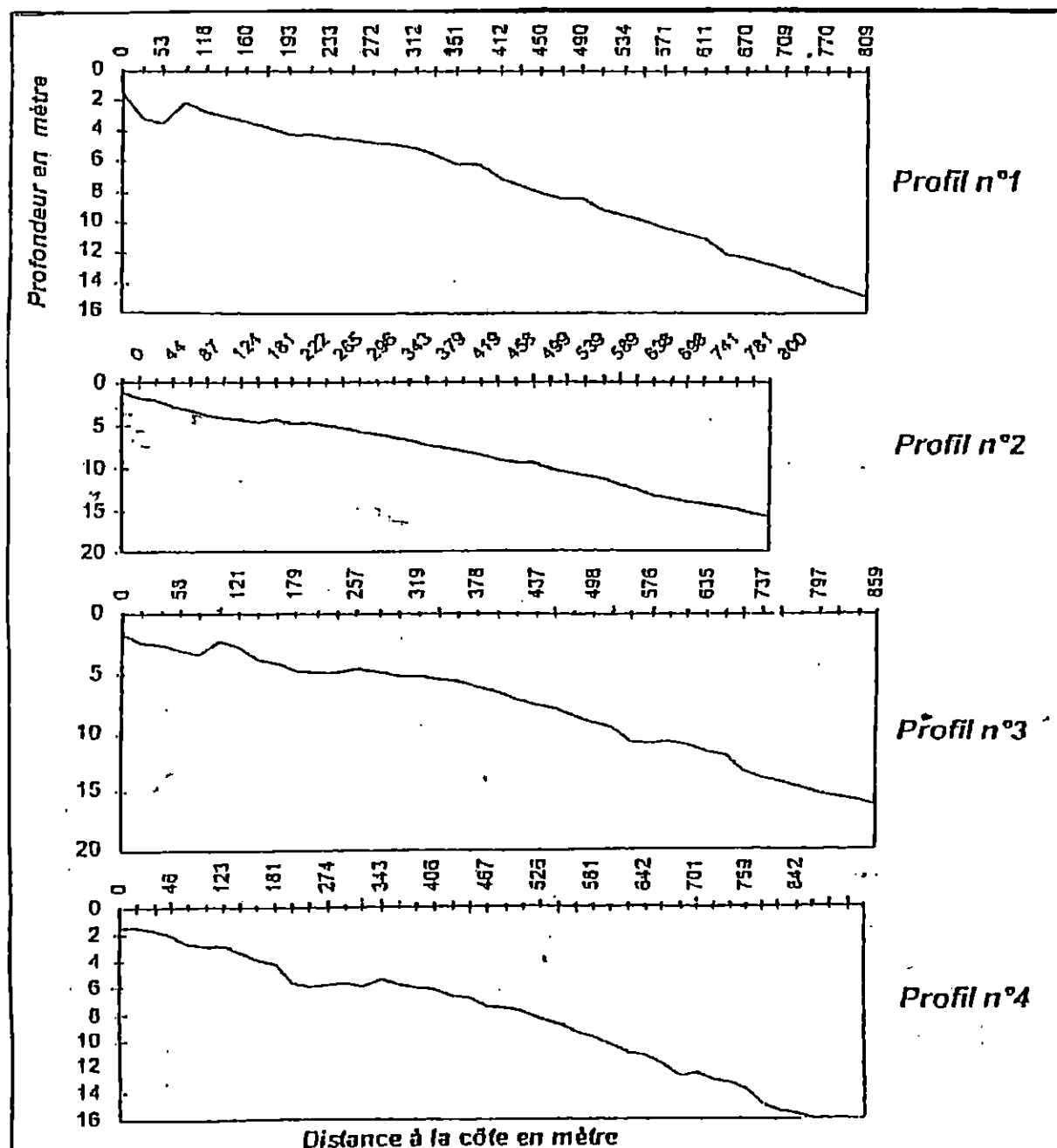


Figure 12 a: Les profils bathymétriques de la plage Ouest de Boumerdés.

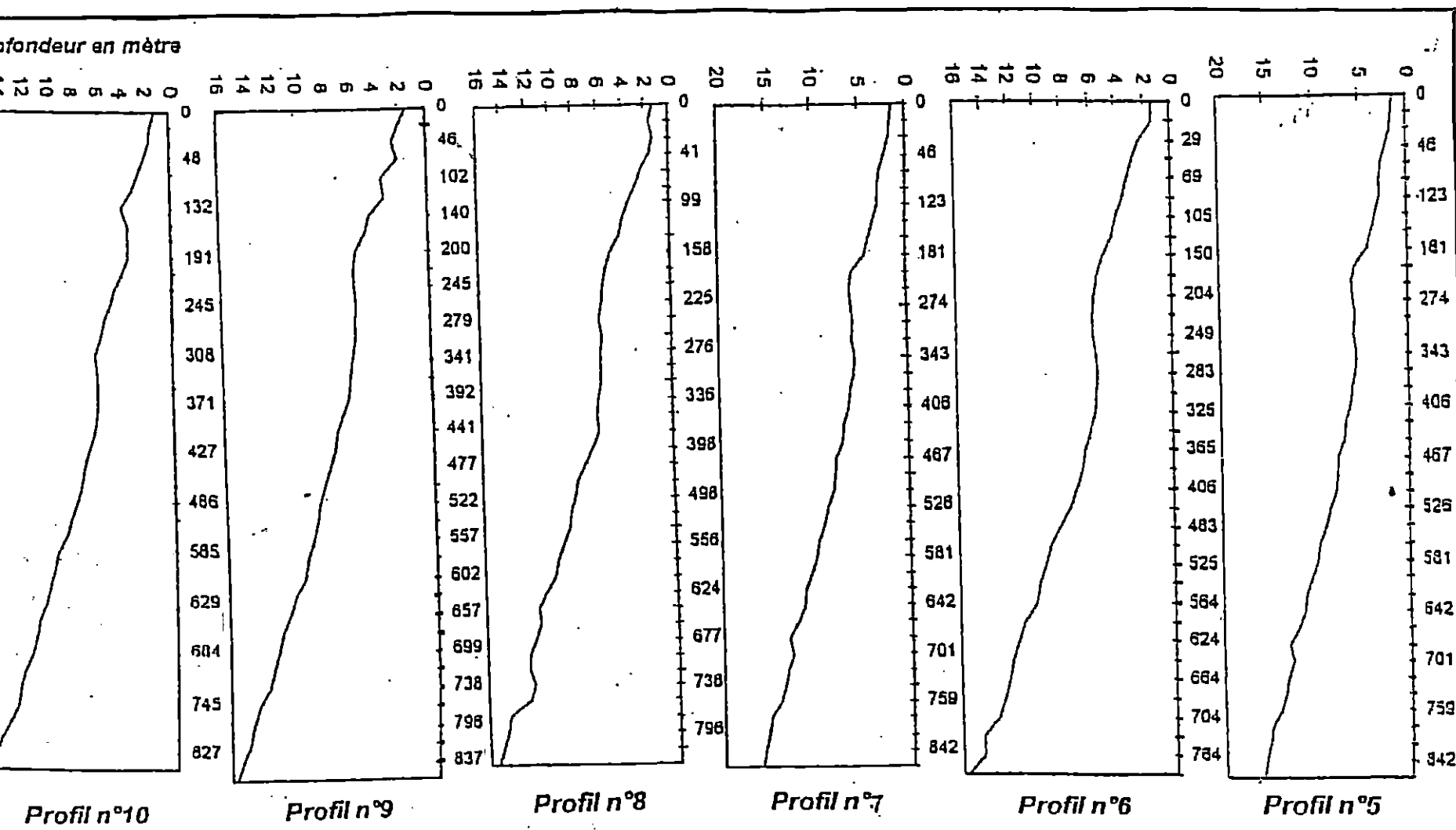


Figure 12 b : Les profils bathymétriques de la plage Ouest de Boumerdès.

I.4.3. Evolution de la commune et du trait de côte :

Depuis quelques années, plus de deux tiers des côtes sableuses, à l'échelle mondiale, présentent des situations de recul.

D'ailleurs, c'est l'une des raisons pour laquelle cette étude a été faite, car même le littoral algérien n'échappe pas à ces problèmes d'érosion, avec un inquiétant démaigrissement des plages dû à des phénomènes non seulement naturels mais en plus anthropiques.

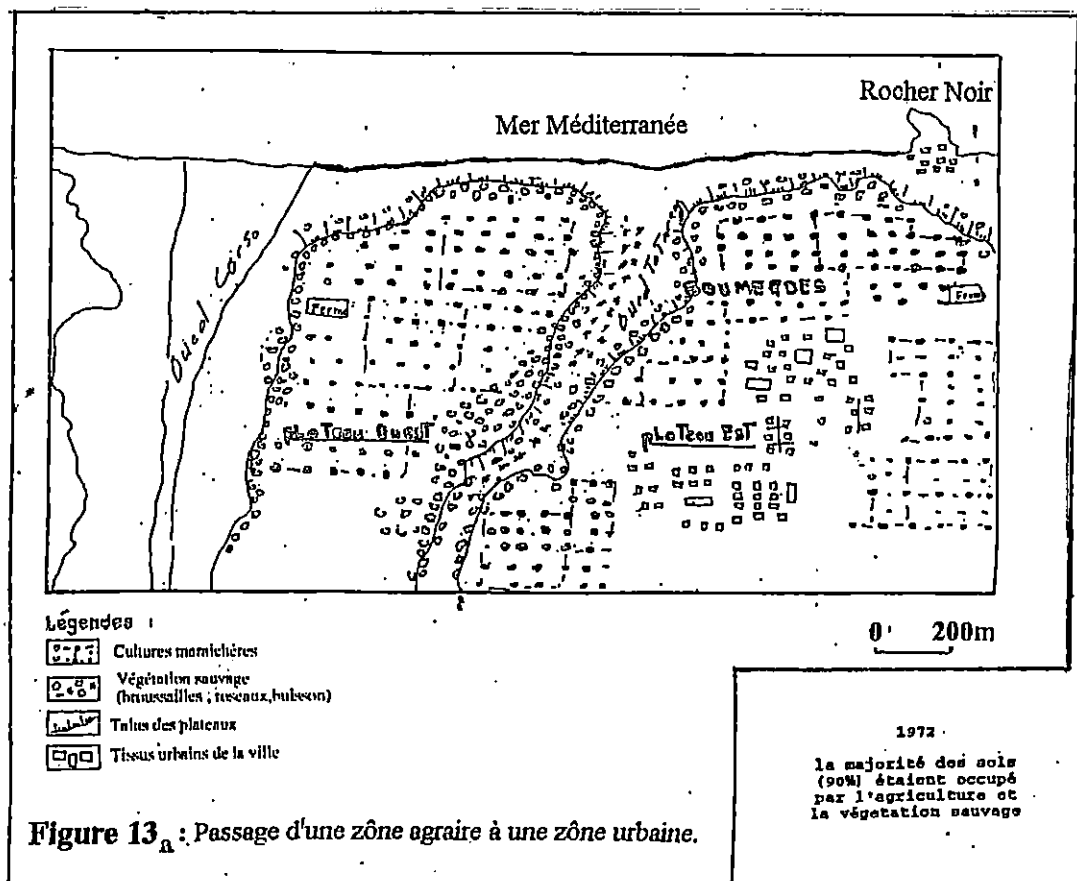
L'évolution du trait de côte de la plage Ouest de Boumerdès a été retracée à l'aide de documents cartographiques (cartes et surtout photographie aérienne) durant les trente dernières années, entre 1972 et 2003 (**Figure n° 13**).

Il y a eu quatre missions : 1972-1980-1993 et 2003. Elles ont été comparées deux à deux afin de pouvoir établir un constat sur l'évolution du trait de côte. Alors, nous distinguons trois périodes distinctes :

a) Période de 1972 à 1980 :

Selon les photographies aériennes, la plage Ouest de Boumerdès n'a pas connu de recul, et le bilan global portant sur la comparaison des surfaces gagnées et des surfaces perdues, semble être nul.

De là, nous pouvons dire que, lors de cette période, notre site ne connaît qu'une évolution naturelle et l'action anthropique est à négliger du fait de la sous-occupation du site et de l'absence d'extraction de sable.



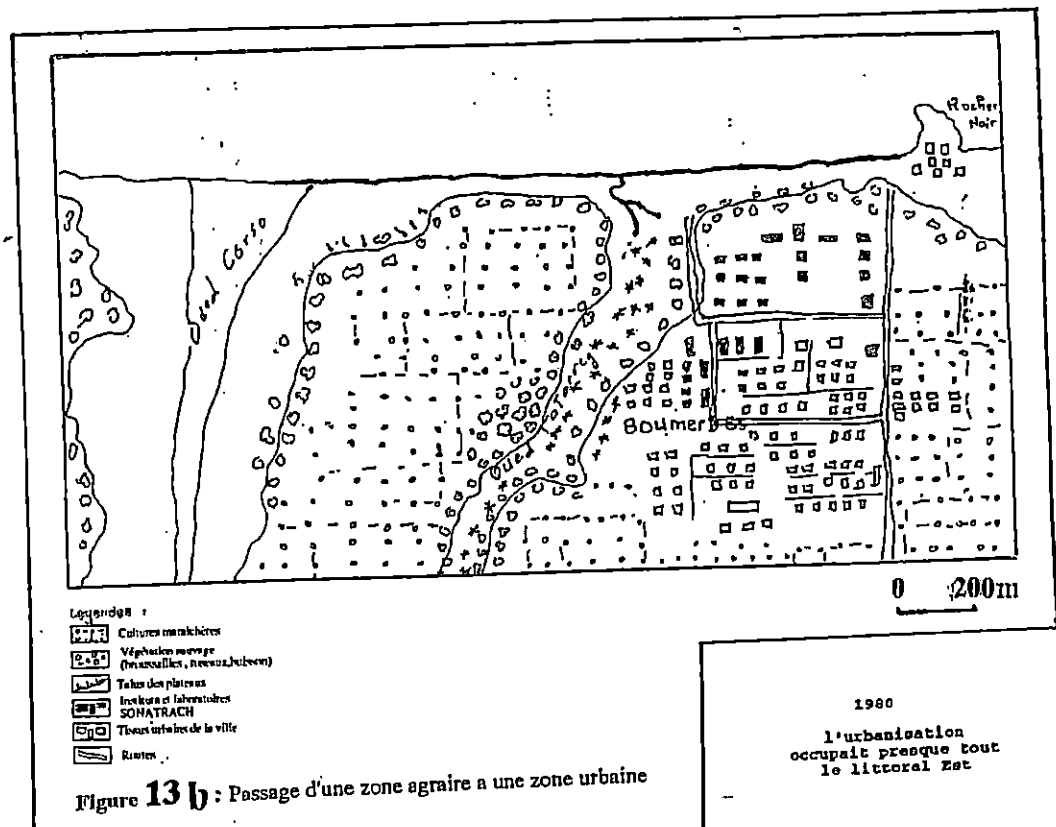
b) Période de 1980 à 1993 :

Cette période connaît deux étapes : un recul du trait de côte de façon rectiligne entre 1980 et 1988 (par rapport aux levés topographiques effectués par le L E M ; de 1988 à 1993, le trait de côte enregistré présente trois segments (occidental, central et oriental) avec une pénétration du segment central vers l'arrière-pays et par conséquent, un recul probable à ce niveau .

Durant cette période, l'action anthropique se trouve être la plus grande cause de l'érosion. Ce recul rectiligne (1980-1988) est dû à l'extraction abusive des sables, l'urbanisation, le piétinement, accentué par la construction de la route front de mer et l'arasement des dunes qui n'ont fait qu'empêcher et freiner les échanges, et ensuite aggraver la situation au niveau du secteur central dont la largeur ne dépassait pas trente (30) mètres et environ quarante – cinq (45) mètres et soixante (60) mètres respectivement pour les secteurs occidental et oriental en 1993.

En conséquence, cette plage, dont la largeur moyenne en 1980 touchait 60 mètres, a reculé de plus de 30 mètres à cause des interventions humaines qui n'ont fait que réduire le stock sédimentaire surtout après les répercussions constatées sur le secteur central suite à l'édification du mur de soutènement .

La construction par la D.T.P de celui-ci en 1991, a favorisé le déplacement des sédiments, grâce à l'action des houles vers les profondeurs, et a bloqué les échanges freinant ainsi l'évolution naturelle de la zone.



c) **Période de 1993 à 2003 :**

Cette période voit l'aggravation de la situation avec une largeur moyenne ne dépassant pas les 10 mètres pour le secteur central, et 25 à 45 mètres pour les secteurs occidental et oriental .

En période hivernale, le secteur central peut ne pas être visible et l'action de la houle peut se faire sentir au pied de la falaise.

C'est pour cela que les autorités publiques, en plus de la décision du Wali en 1986 de mettre fin à toute extraction de sable au niveau de la dune et de la plage, ont favorisé la mise en place d'ouvrages de protection.

La mise en place de deux épis par le L.E.M en 2002 sur le secteur oriental, afin de retenir une partie de la charge sédimentaire véhiculée par la dérive littorale a engendré une accumulation en amont et une érosion en aval de ces derniers. Ainsi, le bilan général de ce secteur fait état d'amaigrissement avec une largeur moyenne ne dépassant pas les 25 mètres en hiver et 45 mètres en été.

Au secteur central, le mur de soutènement construit au pied de la falaise qui avait pour but de freiner le recul de celle-ci et la protection de la route front de mer et de la Cité Frantz Fanon n'a fait qu'engendrer une situation de recul pour la plage avec une moyenne de 8 mètres et stopper les échanges entre la plage et la falaise.

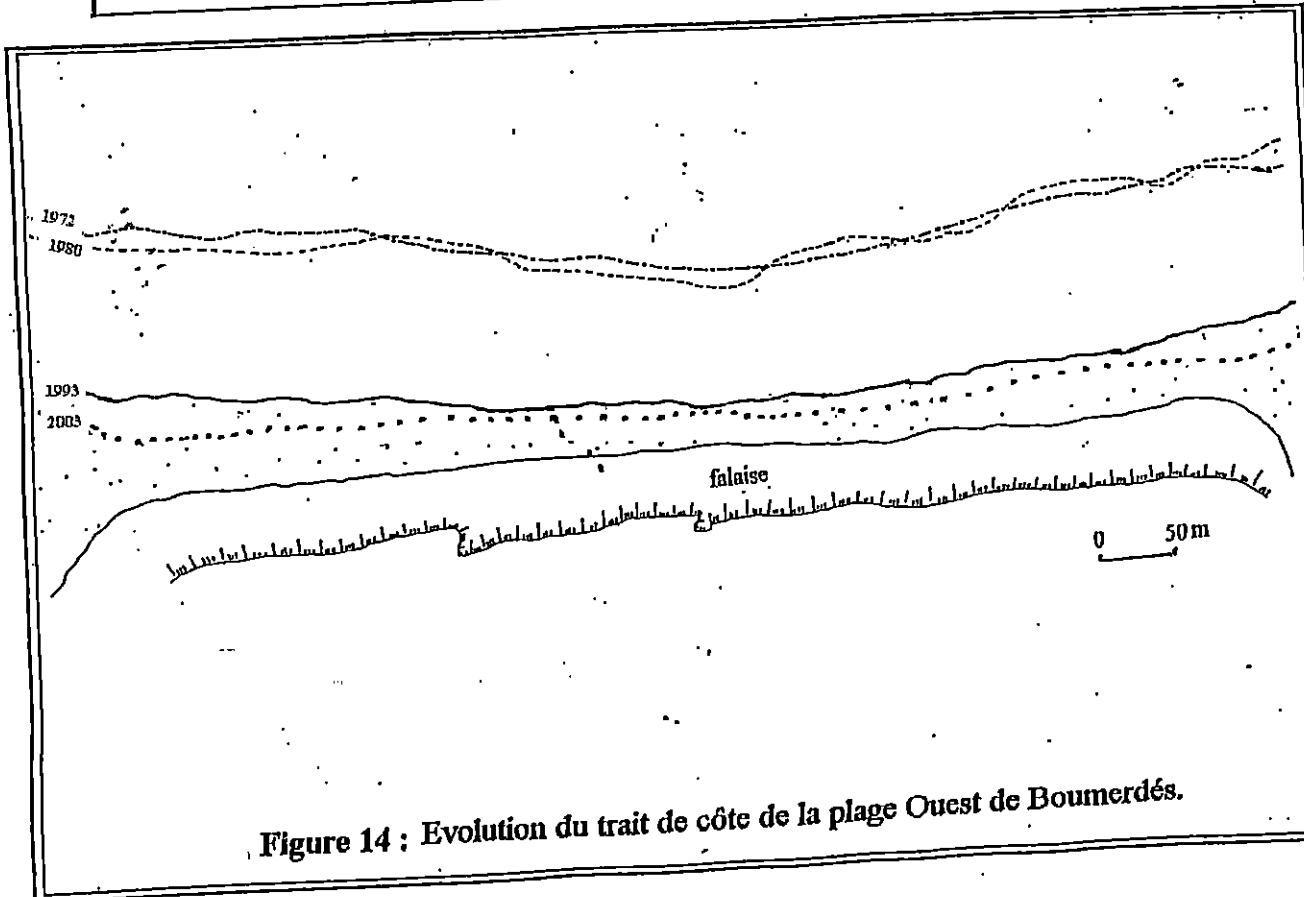
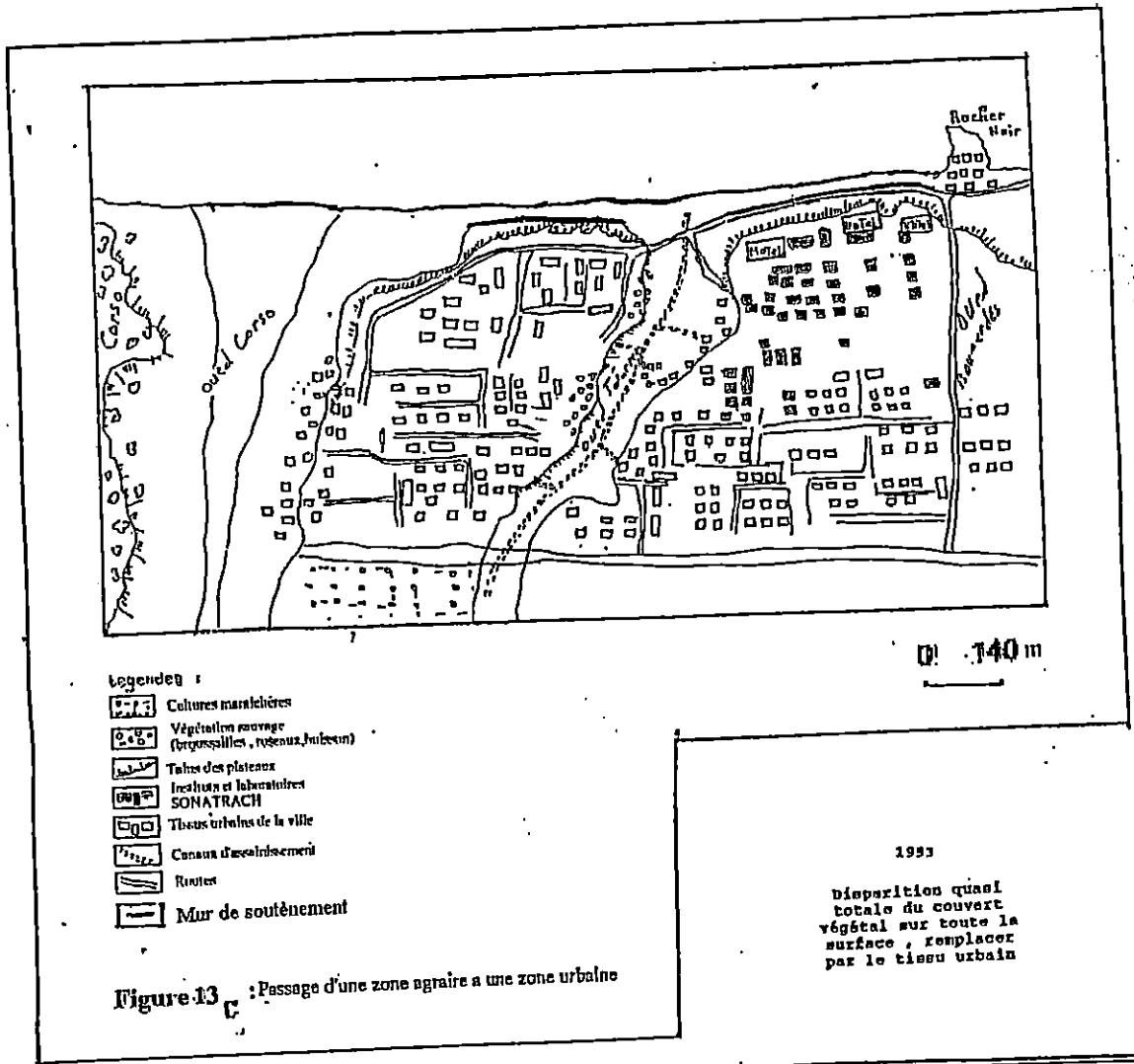
Pour le secteur occidental, le déficit n'est pas trop remarquable, sauf en période hivernale avec un recul estimé à 10 mètres comme on remarque des fosses d'extraction à ce niveau malgré la réglementation.

Conclusion :

Notre étude fait ressortir un état d'amaigrissement, soit en se basant sur l'étude des profils ou bien sur celle de l'évolution du trait de côte.

Cet amaigrissement s'est fait sentir à partir de l'introduction de l'homme en grand nombre. D'ailleurs, une plage dont la largeur moyenne était de 60 mètres se voit perdre son stock sédimentaire ainsi que sa largeur qui se rétrécit à cause de l'intervention humaine. Le déficit s'aggrave surtout dans le secteur central car les houles du Nord accèdent frontalement à ce secteur, et c'est le même cas pour les deux autres secteurs sauf qu'ils sont plus ou moins alimentés par les cours d'eau (oueds).

Enfin, cette plage a perdu entre 40, et 50 mètres en largeur pendant trente ans pour son secteur central, et entre 25 mètres et 15 mètres pour les deux secteurs restants, respectivement l'oriental et l'occidental (Figure n° 14).



I.5. Etude sédimentaire :

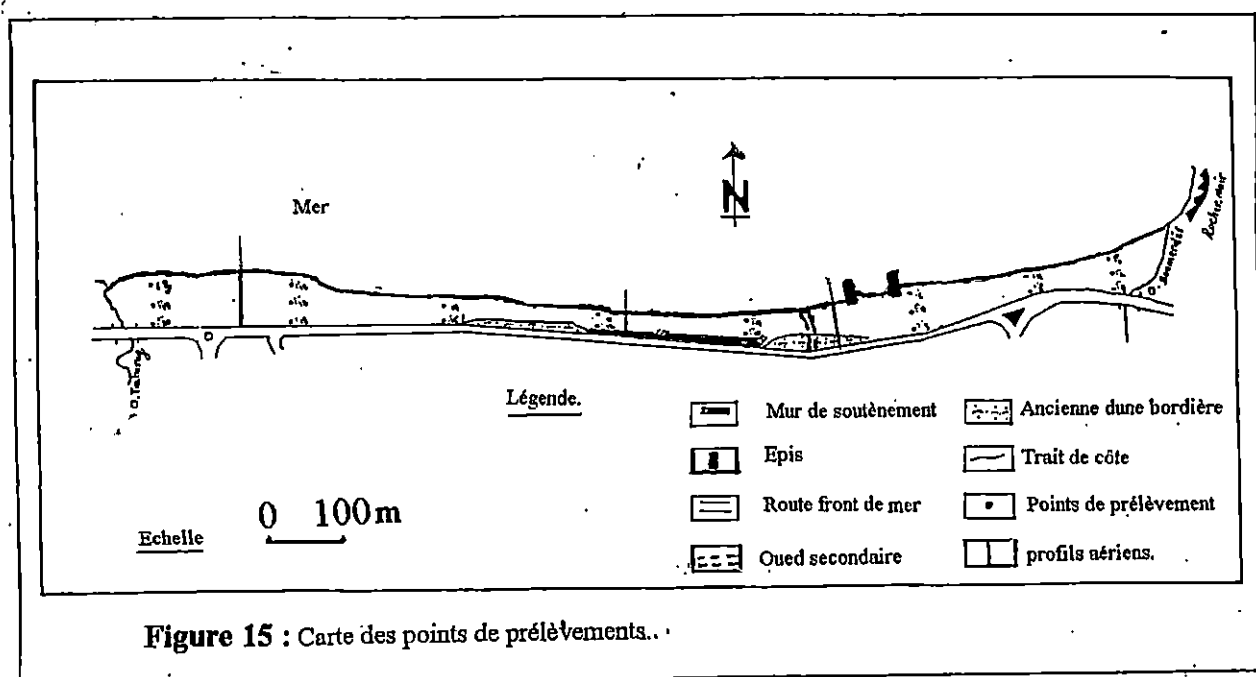
1.5.1. Partie aérienne :

. Cette étude est basée sur l'analyse granulométrique de 20 échantillons de sédiments superficiels, prélevés manuellement sur la plage aérienne, suivant les 05 profils topographiques effectués dans cette zone. Les prélèvements ont été faits en partant du rivage au haut de la plage (**Figure n° 15**).

Les sédiments bruts prélevés ont subi le traitement et l'analyse suivante :

- . Séchage à l'étuve, puis pesée d'une quantité de 150 grammes.
- . Lavage de l'échantillon à l'aide d'un tamis d'une maille de $40\mu\text{m}$.
- . Séparation et récupération de la fraction supérieure à $40\mu\text{m}$.
- . Séchage à l'étuve et pesée.
- . Tamisage à sec sur une colonne de tamis de maille AFNOR.
- . Poids de chaque tamis en pourcentage pondéré.
- . Courbes granulométriques (traitement statistique).
- . Analyse modale et étude des médianes.

N.B : Le faible taux de la fraction fine ($< 40\mu\text{m}$) dans la masse totale de chaque échantillon ne nous a pas permis de la traiter .



• **Analyse modale :**

Les différentes fractions contenues dans le sédiment nous ont permis d'individualiser trois stocks modaux différents (Figure n° 16).

a) Classe modale 1 :

La taille est comprise entre 80 et 250 μm avec une prédominance des 250 μm . c'est le stock des sables fins dont les pourcentages les plus élevés se trouvent de part et d'autre de notre falaise, ainsi qu'au niveau des embouchures des oueds.

Le pourcentage décroît depuis le haut de la plage jusqu'à la laisse des eaux.

Pour ce qui est de la partie centrale, elle est presque immergée tout le long de l'année, ce qui explique le taux très faible des sables fins qui sont constamment mobilisés par les nappes de retrait. En plus, la morphologie plus ou moins large de la plage, de part et d'autre du secteur central permet au vent de trier les grains de sable.

b) Classe modale 2 :

Elle est comprise entre les tailles 250 μm et 800 μm avec une prédominance des 500 μm . C'est le stock des sables moyens avec une répartition plus importante de part et d'autre de notre falaise. Sa répartition est presque identique à celle du premier mode avec une décroissance des pourcentages du haut de plage jusqu'au niveau de la laisse des eaux.

Sachant que c'est la classe la plus représentative, l'étude de sa répartition ne peut fournir assez d'informations sur la dynamique de la plage.

c) Classe modale 3 :

Elle est comprise entre les tailles 800 μm et 2000 μm avec une prédominance des 1000 μm . C'est le stock des sables grossiers s'étalant le long de la côte, avec un taux supérieur à 65% au secteur central et au rivage du secteur oriental car ils se trouvent complètement immergés en période de tempête.

On remarque une décroissance des taux en se dirigeant vers le secteur occidental ainsi que sur le haut de plage où le taux est faible.

Ceci est sûrement dû à l'énergie marine et éolienne dont la force doit être grande pour déplacer ces sables aisément.

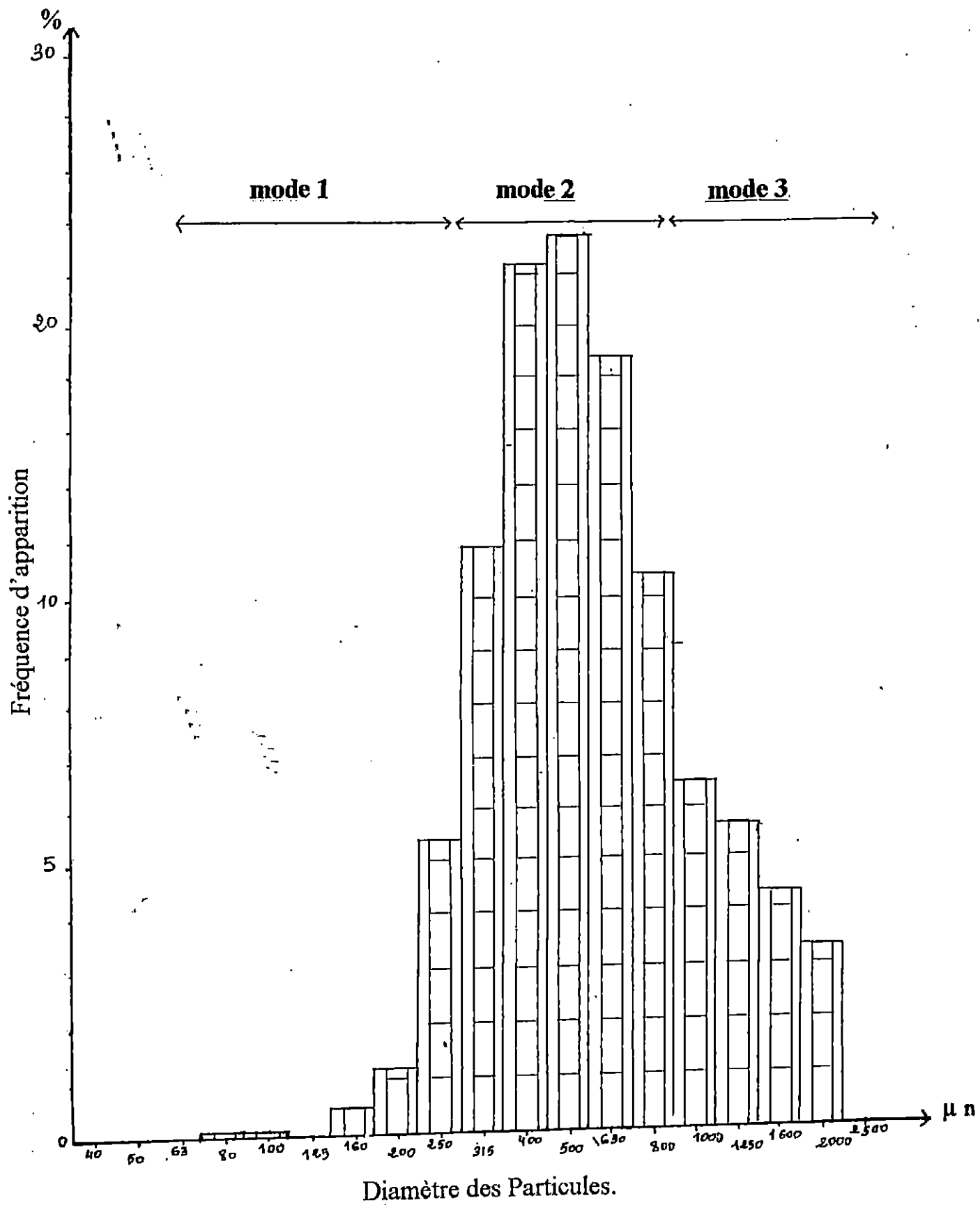


Figure 16 : Histogramme de fréquence des modes.

- **Interprétation des paramètres sédimentologiques :**

a) La médiane : Il y a généralement une décroissance de la taille des sables en partant du rivage vers le haut de plage .

b) L'indice de classement (S_o) : Etant donné que les valeurs calculées du S_o sont nettement inférieures à 2,5, alors le sédiment de la plage est moyennement classé car les valeurs sont comprises entre 0,52 et 0,86.

c) L'indice d'asymétrie (S_k) : Globalement, l'indice exprime l'asymétrie par rapport à la médiane et les valeurs obtenues sont comprises entre 0,90 et 1,52. Cependant, on peut déduire qu'il y a une asymétrie du côté sables grossiers au niveau de la laisse des eaux, et une légère asymétrie du côté sables fins vers le haut de plage.

d) Observation morphoscopique :

- La forme des grains du mode 3 sont en majorité anguleux à sub-anguleux ; par contre les deux autres modes sont plus ou moins arrondis .
- La fraction détritique est représentée par des débris schisteux, gréseux, voire quartzeux .
- La fraction biogène est surtout marquée par la présence de quelques fragments de coquilles et débris de gastéropodes.

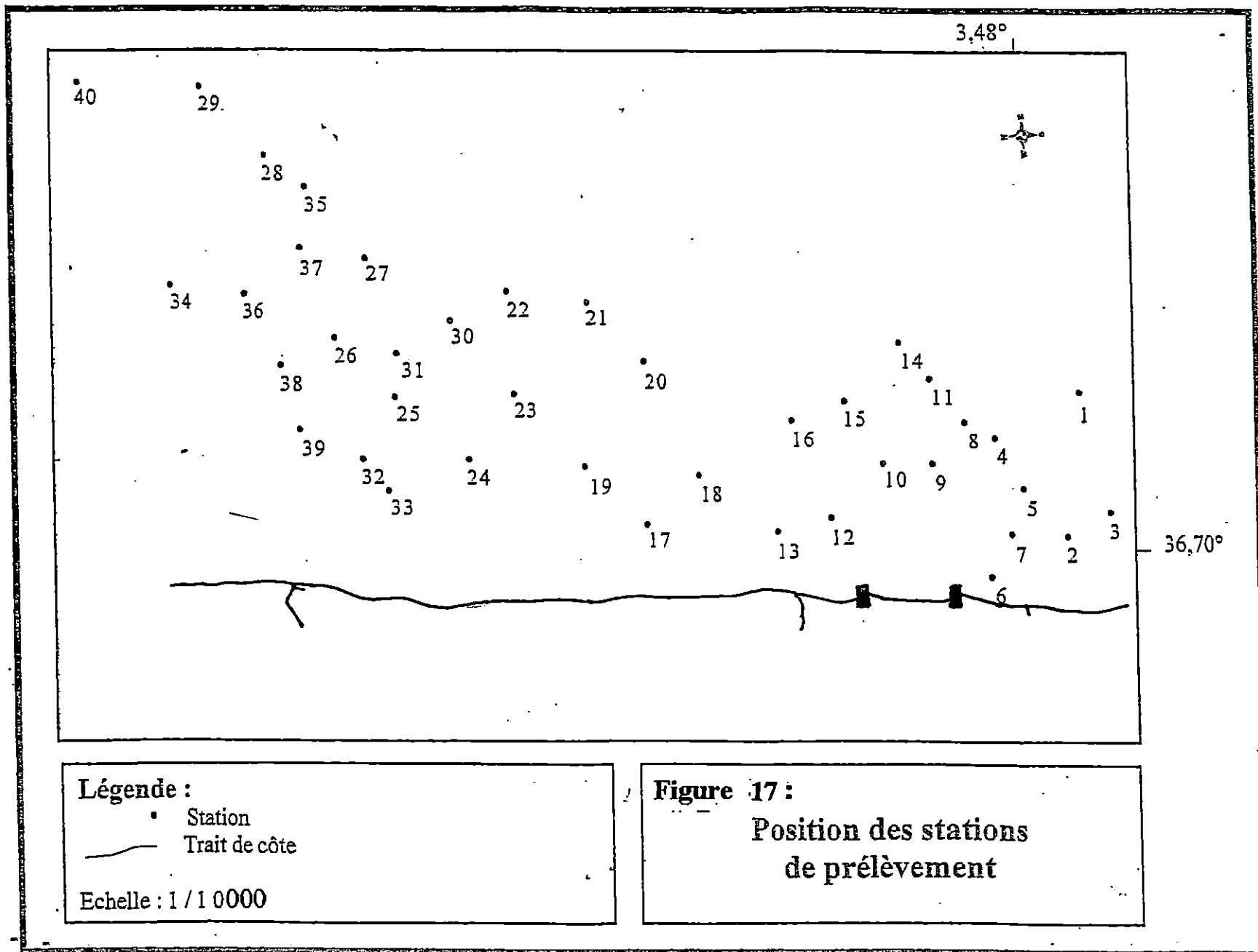
N.B : Notre plage aérienne est beaucoup plus touchée par l'action hydrodynamique marine au niveau des secteurs central et oriental.

I.5.2. Partie sous-marine :

Les prélèvements ont été effectués le 05 Avril 2004, à bord de l'IBTACIM. Le positionnement et le nombre de stations ont été choisis de façon à recouvrir la plus grande partie de la zone d'étude avec 40 échantillons prélevés entre 0 et 15 m de profondeur (Figure n° 17).

NB :

- Le positionnement est effectué par le G.P.S (Global Positionning System) en plus de repères visuels.
- L'échantillonnage est effectué par une benne preneuse de type « VAV VEEN » sauf au niveau de la côte où il s'est fait manuellement.
- Nous avons remarqué l'existence d'une partie rocheuse (Rocher Noir et 02 épis) où nous n'avons pas effectué de prélèvements.
- Les échantillons ont été conservés dans des sacs en plastique avec une étiquette mentionnant le numéro de la station.



- **Analyse modale :**

L'analyse des échantillons a été la même que celle de la partie aérienne et a mis en évidence trois(3) classes modales (**Figure n° 18**).

a) Classe modale 1 :

C'est le stock des sables fins compris entre les tailles 40 μm et 80 μm . Sa répartition montre des pourcentages croissant de la côte vers le large, en bandes parallèles, avec une pénétration en face de l'oued Tatareg ; ce qui confirme l'existence du chenal. Cette classe est plus abondante au large en raison de la forte turbulence près du rivage, en plus de la décroissance des taux de l'Ouest vers l'Est à cause de l'agitation devant le Rocher Noir.

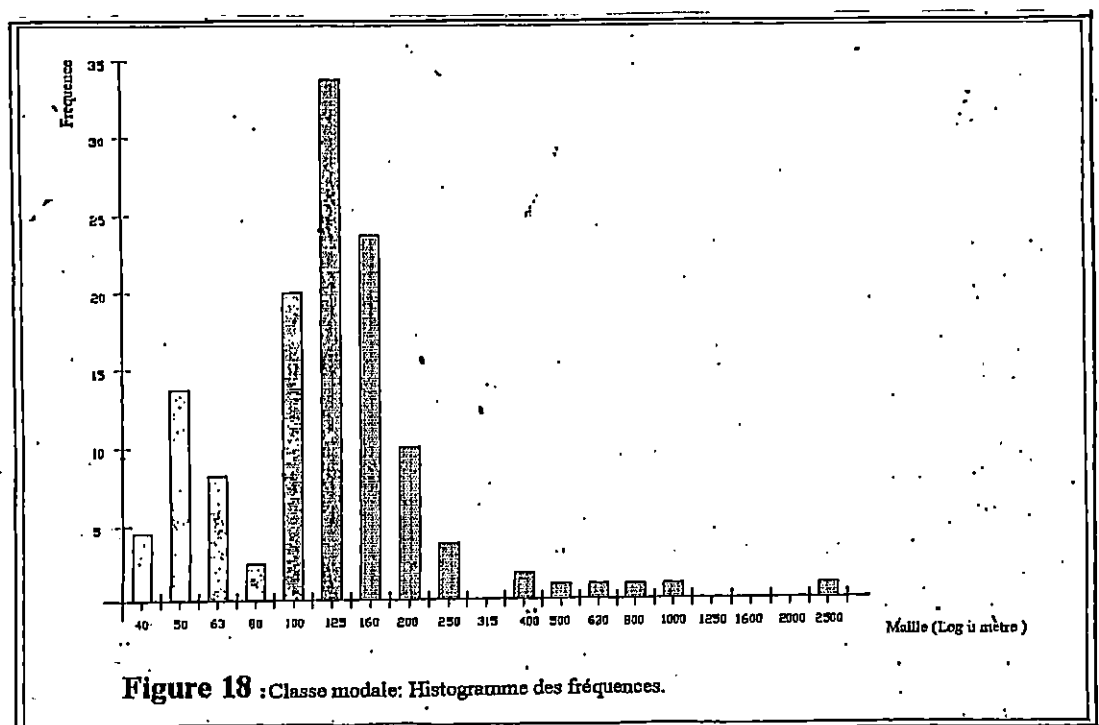
b) Classe modale 2 :

C'est le stock le plus représenté dans notre site et qui correspond aux diamètres compris entre 80 μm et 250 μm . C'est la fraction des sables moyens se localisant de la frange côtière jusqu'à 15 mètres de profondeur, voire 30 mètres.

Les valeurs maximales sont observées en faible profondeur et face aux embouchures des Oueds Corso et Boumerdès, avec une interruption face à l'Oued Tatareg en raison de la ride d'avant côte où ces sables moyens se mélangent au stock des sables grossiers

c) Classe modale 3 :

Cette classe est très étalée en dimension, elle est répartie entre 400 μm et 2500 μm . Elle s'étale le long de la côte à la laisse des eaux et au niveau de la ride d'avant côte.



• **Interprétation des paramètres sédimentologiques :**

a) La médiane : (Tableau n° 01) La carte des médianes limite bien le domaine de la fraction grossière dans les petits fonds en face de notre site et montre une répartition régulière des sédiments, depuis la laisse des eaux jusqu'au large, en fonction de la taille du grain et de la profondeur, mais aussi en fonction de la morphologie sous-marine.

Ainsi, les vases et les sables fins préfèrent les zones profondes où l'agitation est moindre. Par contre, les sables moyens et grossiers se localisent dans les zones à forte agitation (barre de déferlement).

Et d'après l'étude de la répartition des sédiments, on confirme l'existence au moins d'une ride d'avant côte et probablement d'un chenal .

b) L'indice de classement (S_o): Le calcul de cet indice montre que les sédiments sont moyennement classés à bien classés avec des valeurs comprises entre 0,32 et 0,75.

c) L'indice d'asymétrie (S_k) : Les valeurs obtenues ont montré que nos sédiments ont une tendance granulométrique vers les particules grossières.

Par contre, au niveau des Oueds, les sables sont symétriques avec une tendance vers les valeurs positives, ce qui témoigne de la présence d'éléments fins.

N.B : Ces mêmes remarques ont été constatées par Bektache (1994) et Ouacif (1995) et confirmées par le L.E.M (1999).

d) Observation morphoscopique :

D'après les résultats des observations à la loupe, notre zone d'étude est dominée par la phase terrigène (détritique) comportant des grains de quartz bien roulés, des micas et des schistes. Les grains de quartz sont moins arrondis pour la classe modale 2

et plus anguleux pour les sables fins.

Quant à la phase biogène, elle est faiblement représentée, et composée surtout de débris de lamellibranches et de gastéropodes, ainsi que de quelques débris de feuilles d'herbier (Posidonie).

L'analyse minéralogique met en évidence l'existence de minéraux lourds ($d > 2,9$) dont l'origine probable est le démantèlement du promontoire « Rocher Noir » et l'érosion du massif éruptif de Thénia. On retrouve également des minéraux légers ($d < 2,9$) dont la provenance est l'érosion des falaises littorales de Corso et de Boudouaou-El-Bahri par les ruissellements (L.E.M., 1999).

Tableau n° 01 : Résultats des indices granulométriques :

Station	Grain moyen en (um)	Grain moyen en phi	Sorting (So)	Skewnes (SK)
01	179.2499	2.4800	0.5990	-0.8210
02	2185.76.62	-1.1347	1.5262	1.1292
03	136.8900	2.8689	0.32611	-1.3918
04	323.0161	1.6348	0.57099	1.7514
05	177.6250	2.50123	0.52573	-0.5092
06	201.3036	2.31255	0.8377	-1.9970
07	170.3667	2.5533	0.7809	-2.5174
08	142.1759	2.8244	0.51466	-1.61399
09	562.077	0.83627	0.61308	0.9376
10	154.5539	2.7032	0.4300	-0.8281
11	135.3108	2.8856	0.3796	-1.4825
12	208.3895	2.2627	0.6924	-1.3190
13	1015.33	-0.02196	1.7663	0.6298
14	169.20	2.5717	0.5529	-1.6936
15	136.3658	2.8850	0.4196	-1.8996
16	144.1192	2.80470	0.4229	-2.3973
17	915.4440	0.1286	0.9796	0.8738
18	183.0942	2.4493	0.7187	-1.5777
19	142.3568	2.8225	0.4462	-1.8896
20	417.9422	1.2248	0.7452	0.3241
21	120.1573	3.05700	0.3431	-3.1425
22	113.6088	3.15060	0.3395	-3.1759
23	543.7365	0.8791	0.8075	-1.4034
24	158.7669	2.6550	0.5163	-2.3246
25	170.0365	2.5560	0.5562	-2.3781
26	1333.124	-0.4312	1.2877	-0.1445
27	155.2929	2.6870	0.5048	-1.07321
28	102.6932	3.31197	0.4389	-1.7512
29	102.8396	3.3243	0.39832	-0.3462
30	188.6849	2.4214	0.7331	-2.3451
31	536.6563	0.8979	0.7709	0.0434
32	1290.1023	-0.3612	0.8211	2.0542
33	129.8177	2.9569	0.3803	-1.2973
34	102.4671	3.2867	0.4241	-0.8299
35	103.9120	3.2805	0.5748	-3.7552
36	111.0295	3:18051	0.47916	-1.9083
37	140.0023	2.8402	0.46371	-1.4274
38	987.4805	0.0182	0.93376	0.8605
39	210.1120	2.25721	0.6692	-1.1275
40	162.7394	2.61936	0.45754	-2.2981

Conclusion :

- La morphologie de la plage aérienne met en évidence trois secteurs : le secteur occidental qui garde son aspect naturel, et les secteurs central et oriental qui sont transformés par les travaux de l'homme.
- La répartition des sédiments superficiels de la plage aérienne montre un granoclassement horizontal. Les sables fins à moyens facilement transportables par le vent se localisent au niveau de l'arrière plage et de la dune, alors que vers l'estran et la laisse des eaux, ce sont les sables grossiers qui prédominent.
- L'approche morphodynamique met le point sur les différents épisodes d'évolution qu'a connus la plage aérienne, un épisode caractérisé par un rythme d'évolution lent (1972-1980), un épisode caractérisé par une accélération du rythme d'évolution (1980-1993) où on assiste à un taux moyen de recul annuel estimé à 3,37 m / an et un épisode de prise de conscience caractérisé par la construction d'ouvrages de défense contre la mer (1993-2003).
- La morphologie sous-marine indique l'existence probable d'un chenal en face de notre site, et met en évidence l'existence au moins d'une ride d'avant côte se déplaçant soit vers la côte, soit parallèlement à la côte.
- L'interprétation de la répartition des sédiments superficiels montre la concentration des grains grossiers au niveau de la ride d'avant côte et de la laisse des eaux, témoins des zones de forte agitation ; par contre les sables moyens se situent au niveau du sillon d'avant côte et les sables fins s'étalent sur les fonds moins agités.
- Du point de vue constitution, les sédiments de la plage aérienne sont les mêmes que ceux de la plage sous-marine d'où on conclut qu'il existe un fonctionnement solidaire entre la plage aérienne et la plage sous-marine, ceci par les échanges sédimentaires .
- L'analyse minéralogique des sédiments indique une double origine, locale (falaises de la région) pour la fraction grossière et une origine régionale pour la fraction fine (arrière pays).
- L'action marine se caractérise par l'effet des houles du Nord qui abordent frontalement la plage et induisent des courants de retour qui arrachent les sédiments ; les plus grossiers s'accumulent sous forme de barre d'avant côte et regagnent l'estran en période de beau temps ; par contre les sédiments les plus fins se dispersent vers le large et ne regagnent plus l'estran.
- A cause du départ d'une certaine quantité de sable, la pente de l'estran augmente et favorise l'effet négatif des vagues en engendrant des courants de retour plus puissants.

En tout, toucher à une composante de la plage aérienne engendrera des modifications morphologiques de cette dernière. Ces modifications toucheront systématiquement la morphologie de l'avant-plage qui contribuera à modifier la pente. Alors, extraire ou changer un paramètre dans notre zone risque de modifier les phénomènes hydrodynamiques marins dont les effets peuvent être négatifs pour non seulement la plage aérienne mais pour tout l'ensemble.

I.6. Occupation et nuisances humaines :

Comme nous l'avons déjà cité, l'évolution de la ville de Boumerdès a connu trois grandes époques. Au départ, le site était pratiquement inoccupé sauf en période estivale où on pouvait remarquer un flux de vacanciers et de baigneurs, avec sur le plan habitable, quelques maisonnettes et cabanes de pêcheurs. C'était un espace typiquement agricole (cultures céréalières et maraîchères), caractérisé par une forêt de maquis (végétation sauvage, broussailles, roseaux) et un cordon dunaire bien développé.

Par la suite, la gestion de la ville était prise en charge par la commune de Thénia, et la SONATRACH a poursuivi l'opération de construction d'instituts, de laboratoires de recherches, et d'immeubles d'habitation, ce qui a engendré le phénomène d'explosion urbaine caractérisé par certaines contraintes anthropiques dont :

- L'accroissement de la présence humaine après avoir facilité l'accès à la plage.
- L'extraction de sable au niveau du cordon dunaire pour les besoins de construction et du développement de la ville.

C'est après le transfert de Boumerdès de chef lieu de commune à ville chef lieu de Wilaya que la transformation s'est accélérée avec la création de l'ensemble des services publics qui a engendré l'afflux massif de nouveaux habitants, la construction d'autres infrastructures dont le but est la promotion du secteur touristique avec la réalisation d'hôtels de haut standing, des petits locaux de commerce, un poste de police et des douches publiques tout le long du littoral afin d'inscrire cette zone dans ce qu'on peut appeler une Z.E.T (Zone d'Extension Touristique).

Mais, les autorités sont naïves ou bien inconscientes, voire analphabètes car le site était déclaré zone naturelle (Z.N.) par la S.E.C. (Scandinavian Engineering Corporation) et doit être protégé de toute construction.

Ainsi, étant donné la sur-occupation de la frange côtière sous le Plan d'Urbanisme Directeur (P.U.D.) réalisé par le Centre National des Etudes de Recherches en Urbanisme (C.N.E.R.U), pour des fins d'intégrer la zone dans la Z.E.T., le constat était alarmant. Une grande quantité de sable s'est vue extraite au niveau de la dune bordière qui a cessé d'exister, au niveau de l'arrière plage et même sur l'estran ; ce qui s'est traduit par un déficit sédimentaire de la plage aérienne.

La situation est devenue plus grave avec l'aménagement longitudinal de la route front de mer dont l'effet est la rupture des échanges entre la plage et l'arrière pays et de le conduire à des modifications morphologique de toutes les composantes de cet plage, surtout au secteur central où il y a un mur de soutènement qui ne fait qu'augmenter la concentration de l'énergie des vagues et favorise le départ des sables fins et moyens vers le large avec risque d'affouillement et rupture d'échanges plage-falaise.

Ces déséquilibres sont accélérés par le défraîchissement de la végétation et la dénudation du sol avec des fosses d'extraction qui se traduisent par des couloirs de déflation. La situation est catastrophique même les vallées des Oueds se voient urbanisées de plus en plus avec une disparition totale du couvert végétal et une réduction sûre des lits d'écoulement, remplacés à l'Oued Tatareg par des canaux d'évacuation d'eaux usées .

Enfin, à ces facteurs anthropiques (urbanisation, extraction des sables, dénudation des versants, retenue d'eau) s'ajoutent les facteurs naturels (conditions climatiques et caractéristiques pédologiques) qui ne font qu'accentuer l'érosion et la déstabilisation des versants, et favorisant ainsi le déficit sédimentaire de notre plage.

I.7. Qualité du milieu :

La qualité des eaux de baignade de notre zone est bonne car, en premier lieu aucun cas de conjonctivite n'a été signalé au sein de notre site. En deuxième lieu, la bande bactérienne n'est pas trop développée. Lors des mauvais temps, elle ne dépasse pas les 100 m de longueur et 5 cm de largeur .

Et en dernier lieu, les résultats fournis par l'Inspection de l'Environnement sur la qualité microbiologique de ces eaux pour la saison estivale 2004 nous indiquent que les taux de coliforme totaux ne dépassent pas 100 E.coli pour 100 ml d'eau de mer sauf pour les embouchures qui sont très chargés en bactéries. Ces lieux doivent être interdits à la baignade.

Les seuls problèmes dans la qualité de ce milieu sont d'un côté les eaux usées drainées par les cours d'eau, sans le passage à travers une station d'épuration ou bien un bassin de décantation et dont les conséquences sur l'herbier à posidonie sont à craindre. Et d'un autre côté, le syndrome des sachets noirs en plastique et des bouteilles de boisson qui ont tendance à détériorer et à dévaloriser le site du point de vue esthétique.

POSITION TYPOLOGIQUE DU SITE

II. Position typologique du site

Comme nous l'avons constaté, la S.E.C. a déclaré que notre site doit rester naturel et être inclus dans ce que nous appelons une zone naturelle (Z.N.); mais nos décideurs ont opté pour son intégration dans une zone d'extension touristique (Z.E.T) avec la mise en place de toutes les infrastructures et les services dont celle-ci pourrait avoir besoin.

La régie de cette zone ne relève plus de la nature mais plutôt de la responsabilité de l'homme, car les aménagements effectués dans cette zone qui devait rester naturelle ont basculé tout son équilibre et risquent de faire disparaître toute la plage dans le futur. C'est pour cela qu'une gestion intégrée de toute cette zone côtière s'impose, en vue de protéger ce qui reste de cette plage et de développer les systèmes et les ressources en réunissant toutes les parties de la société, incluant le gouvernement, les scientifiques, les responsables locaux, les associations et même les citoyens amoureux de la nature.

Ces parties devront prendre les bonnes décisions et conjuguer leurs efforts en vue d'assurer ensemble la protection de l'environnement côtier, sa mise en valeur et son développement, et intervenir pour éviter les rivalités d'usage entre les groupes sociaux aux intérêts divergents, d'où « l'intégration et non la désintégration », avec le souci de protéger l'environnement en privilégiant les ressources et leurs usages d'une façon raisonnable et de préserver l'avenir des populations en optimisant le choix à long terme.

II.1. La gestion intégrée de la zone côtière et ses intérêts

La gestion intégrée d'une zone côtière est un dispositif de prise de décision dont le but est de régler les problèmes qui se posent entre les éléments de ce milieu ou, mieux encore, les prévenir. Cette analyse veille à ce que ces éléments restent intacts et leur interdépendance invariable, de façon à ce que les ressources de ce milieu ou de cette zone côtière évoluent durablement, sans qu'il n'y ait atteinte à un élément ou conflits entre eux.

Elle se fonde sur deux aspects primordiaux ; le premier est celui de la solidarité de cet espace marqué par un environnement humain et économique d'une grande diversité. Cette intégration doit se sentir entre les différentes composantes de ce milieu; aucune activité ou secteur, aucun espace ne se développe au détriment d'un autre, à petite ou à grande échelle; aucun groupe social ne doit marginaliser un autre ; nulle institution ne doit abuser d'une autre, d'où la devise « intégration et non désintégration ». Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est le fait que l'économie doit s'intégrer à tout cela et à la science, car c'est le scientifique qui nous fournit la plupart du temps les seuils et les normes à respecter afin de tendre vers un développement durable.

Dans ce premier aspect, il est primordial de développer une culture environnementale .

C'est avec cette intégration culturelle que peut se faire le développement durable entre tous les secteurs, d'où le deuxième aspect de durabilité que nous aborderons dans le prochain chapitre, une méthode d'évaluation socio-environnementale a été mise au point pour qualifier ce site et ses composantes (Larid 2002).

Cette méthode s'articule sur trois principaux agrégats ; ou critères de qualification (Cq) : la naturalité (potentiel naturel) , l'anthropisation (usage de ce potentiel) et l'altérité (résultat combinatoire entre potentiel et usage, ou autrement dit l'impact résultant). Chacun de ces agrégats est déterminé par un nombre de paramètres (Pn) choisis pour qualifier l'état et l'évolution globale d'une plage et son état environnemental.

En d'autres termes, l'évaluation de la situation n'est possible que si nous faisons une sorte de bilan dit « bilan socio- environnemental », élaboré afin de sortir avec un diagnostic positif ou négatif dégageant les potentialités et les ressources du milieu (capital naturel) et identifiant les nuisances et les contraintes ainsi que les dysfonctionnements.

Pour élaborer ce diagnostic , il faudra construire et remplir une matrice, avec en lignes les éléments (Pn) et en colonnes les cotisations de ces éléments , celles-ci variant de 1 à 5, affectant la valeur maximale à la côte 5 (fort) et la valeur minimale à la côte 1 (faible).

En nous appuyant sur la matrice, nous déterminons pour chacun des trois critères de qualification :

* sa cotation de référence Cr : Cotation maximale

$$Cr = 5 \sum_1^n Pn .$$

* sa cotation observée Co :

$$Co = Ni \sum_1^n Pn ; \quad (Ni : \text{valeur réelle de chaque paramètre}).$$

*son évaluation globale Cq :

$$Cq = Co / Cr$$

La combinaison des trois agrégats (Cq) nous renseigne sur les potentialités globales et la situation générale d'une plage . Il s'agit alors d'évaluer l'indice de chaque agrégat (Ia) par rapport à l'ensemble, selon la formule:

$$Ia = (Cq / \sum_1^3 Cq)$$

Le but est de positionner la valeur en pourcentage de chacun des trois agrégats sur l'une des médianes d'un triangle équilatéral, graduées de 1 à 100 (**Figure n° 19**). L'intersection des trois perpendiculaires abaissées de chacune des valeurs (Ia) sur les médianes définit le positionnement de l'état général de la zone côtière, selon les zonages établis dans le triangle. D'ailleurs une analyse diachronique d'une zone peut indiquer sur le triangle les tendances au basculement de cette zone d'un état à un autre (**Larid 2002**)

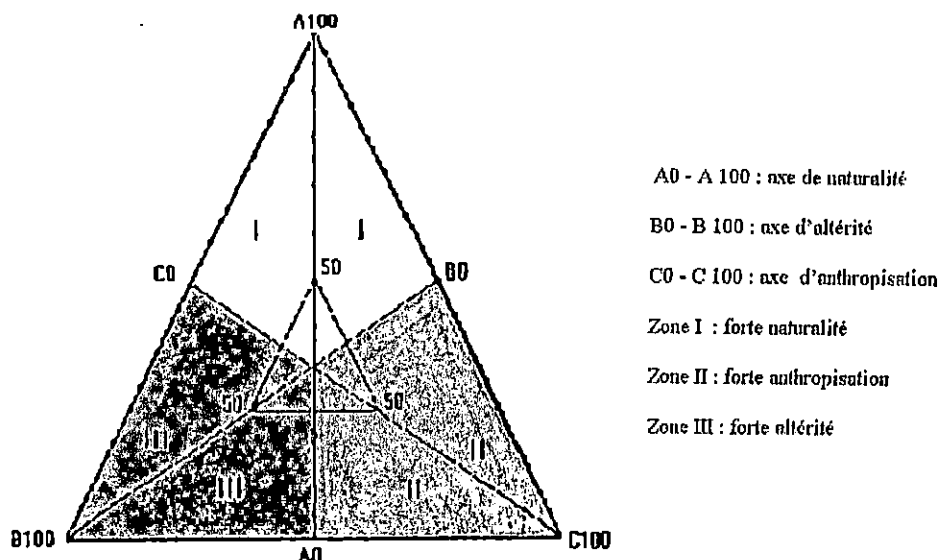


Figure n°19 : Représentation triangulaire.

Le but de cette évaluation est l'identification des questions essentielles et des réponses globales en essayant de déterminer les tendances lourdes. Et c'est après exploitation de ces indicateurs ou paramètres que nous pourrions identifier les mesures et les dispositifs à prendre, en élaborant un ou plusieurs scénarios afin de tendre vers un futur souhaitable.

Autrement dit, ce bilan nous aide d'un côté à déterminer les principales contraintes et de l'autre, à imaginer et agir sur le futur grâce à :

- la connaissance de la situation actuelle et les tendances évolutives.
- la différenciation des états pression – impact (anthropisation – altérité).
- L'évaluation de l'état de durabilité avec un classement des objectifs globaux par rapport au futur souhaitable.
- L'estimation des moyens et des dispositifs (suivi-contrôle, normes seuils..).
- La mobilisation des institutions concernées et la priorisation de certaines actions.

Afin de préserver la diversité du point de vue biologique et économique il faudra conserver le caractère multiple de la mer et des rivages et adopter une réglementation stricte.

II.2. le choix des paramètres:

Les indicateurs recherchés devraient être fiables, pertinents et mesurables, qu'ils soient qualitatifs, quantitatifs, de ratio, de pourcentages ou de proportions, signifier quelque chose et être le plus près possible de la réalité afin d'avoir une fourchette équilibrée.

Mais, pour avoir une évaluation globale, il nous faudra combiner les trois catégories ou critères de qualification. Certaines difficultés résident déjà dans le choix des indicateurs pour chacune des trois catégories, l'affectation de valeurs et de cotations pour ces indicateurs et l'évaluation de la situation pour chaque catégorie.

Enfin, après avoir évalué chacune des situations et combiné les trois critères de qualification, nous déterminons ainsi le futur souhaitable en se basant sur la représentation triangulaire.

Les indicateurs et paramètres de chaque critère de qualification, ainsi que leurs cotations respectives, pour le cas d'une plage se trouvent dans le tableau suivant (Tableau n°2) (Ouazar, 2004).

Tableau n°2 : Paramètres et cotations respectives

	COTATIONS				
	1	2	3	4	5
NATURALITE					
1- Largeur (estran)	< 5m	5 à 15m	15 à 30m	30 à 50m	> 50m
2- Linéaire (côtier)	< 1km	1 à 2km	2 à 5km	5 à 7km	>7km
3- Pente	>8%	8 à 4%	4 à 2%	2 à 1%	< 1%
4- Sublittoral (arrière côte)	< 10m	10 à 50m	50 à 150m	150 à 300m	> 300m
5- Déferlement (distance)	< 2m	2 à 10m	10 à 100m	100 à 500m	> 500m
6- Herbier d'avant côte (L)	0m	0 à 10m	10 à 50m	50 à 100m	> 100m
7- Transit littoral (Milliers m ³)	< 50	50 à 500	500 à 1000	1000 à 2000	> 2000
8- Bed rock (position)	< 1m	1 à 2m	2 à 4m	4 à 6m	> 6m
9- Engraissement (an)	0	0 à 1m	1 à 2m	2 à 6m	> 6m
ANTHROPISATION					
10- Fréquentation (p / m ² / estran)	< 1	1 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15
11- Prélèvement (Milliers de m ³)	0	0 à 5	5 à 10	10 à 50	> 50
ALTERITE					
12- Erosion (recul du trait de cote,m/an)	0	0 à 2	2 à 4	4 à 6	>6
13- Qualité des eaux (E,coli / 100ml)	< 500	500 à 1000	1000 à 5000	5000 à 10000	> 10000
14- Taux d'occupation (plage active)	0	0 à 0,35	0,35 à 0,95	0,75 à 0,95	0,95 à 1

II.3. Application pour la plage Ouest de Boumerdès :

Pour cette plage, nous pouvons même ajouter d'autres indicateurs, comme l'arasement des dunes, la route front de mer, le mur de soutènement et même les deux épis. Comme il est difficile de leur affecter des valeurs ou des cotations, ces indicateurs seront pris en considération dans l'analyse de durabilité.

Afin de ne pas reprendre toute la matrice, les valeurs et les cotations de chaque paramètre pour chaque critère de qualification seront indiquées ci-dessous :

Critères de qualification	Valeurs	Cotations
a) <u>Naturalité</u> :		
1) Largeur de l'estran	5 à 15m	2
2) Linéaire côtier	< 1Km	1
3) Pente	4 à 8%	2
4) Sublittoral	10 à 50 m	2
5) Déferlement	2 à 10m	2
6) Herbier d'avant-côte	10 à 50m	3
7) Transit littoral	50 à 500 mille m ³ /an	2
8) Bed rock	2 à 4m	3
9) Engraisement	0 à 1 m/an	2
b) <u>Anthropisation</u> :		
1) Fréquentation	1 à 5 personnes /m ²	2
2) Prélèvements	5 à 10 mille m ³ /an	3
c) <u>Altérité</u> :		
1) Erosion (recul)	2 à 4m/an	3
2) Qualité des eaux	500 à 1000 E.coli/100 ml	2
3) Taux d'occupation (plage active)	0 à 0.35	2

II.3.1. Evaluation globale de chaque critère de qualification (Cq) :

A partir de ces données issues de collectes et d'informations, nous pouvons déterminer pour chacun des trois critères de qualification, ses différentes cotations.

a) Naturalité :

$$* Cr = 5 \sum_1^n P_n$$

$$Cr = 5 \times 9 = 45$$

La cotation de référence pour la naturalité est de 45.

$$* Co = N_i \sum_1^n P_n \quad (N_i : \text{Valeur réelle de chaque paramètre}).$$

$$Co = 2+1+2+2+2+3+2+3+2 = 19$$

La cotation observée pour la naturalité est de 19.

$$*Cq = Co/Cr$$

$$Cq = 19/45 = 0.422$$

L'évaluation globale Cq de la naturalité est de 0.422.

b) Anthropisation :

$$* Cr = 5 \times 2 = 10$$

La cotation de référence pour l'anthropisation est de 10.

$$* Co = 3 + 2 = 5$$

La cotation observée pour l'anthropisation est de 5.

$$*Cq = Co/Cr = 5/10 = 0.5$$

L'évaluation globale de l'anthropisation est estimée à 0.5.

c) Altérité:

$$* Cr = 5 \times 3 = 15$$

La cotation de référence de l'altérité est de 15.

$$* Co = 3 + 2 + 2 = 7$$

La cotation observée pour l'altérité est de 7.

$$* Cq = Co/Cr = 7/15 = 0.466$$

L'évaluation globale de l'altérité est de 0.466.

II.3.2. Evaluation indiciaire de chacun des agrégats:

Cette évaluation est basée sur la détermination de l'indice de chaque agrégat ou critère de qualification par rapport à l'ensemble des agrégats suivant la formule:

$$Ia = (Cq / \sum_1^3 Cq) \times 100$$

Ia : Indice de chaque agrégat

Cq : Evaluation globale de chaque agrégat

$\sum_1^3 Cq$: Valeur de l'ensemble des évaluations globales des trois critères de qualification

$$\sum_1^3 Cq = Cq(\text{nat}) + Cq(\text{ant}) + Cq(\text{alt}).$$

$$= 0.422 + 0.5 + 0.466$$

$$\sum_1^3 Cq = 1.388$$

a) Naturalité:

$$Ia(\text{nat}) = (0.422 / 1.388) \times 100 = 30.40 \%$$

L'indice de l'agrégat naturalité est de 30.40 %

b) Anthropisation:

$$Ia(\text{ant}) = (0.5 / 1.388) \times 100 = 36.02 \%$$

L'indice de l'agrégat anthropisation est de 36.02 %.

c) Altérité:

$$Ia(\text{alt}) = (0.466 / 1.388) \times 100 = 33.58 \%$$

L'indice d'intégration de l'altérité est de 33.58 %.

A partir de ces pourcentages qui sont des indices d'intégration de chaque critère par rapport à l'ensemble, nous pouvons dire que les trois agrégats sont assez proches entre eux, avec une anthropisation et une altérité qui dominent un peu sur la naturalité, et c'est à partir de là que nous les placerons sur le triangle équilatéral (**Figure n°20**).

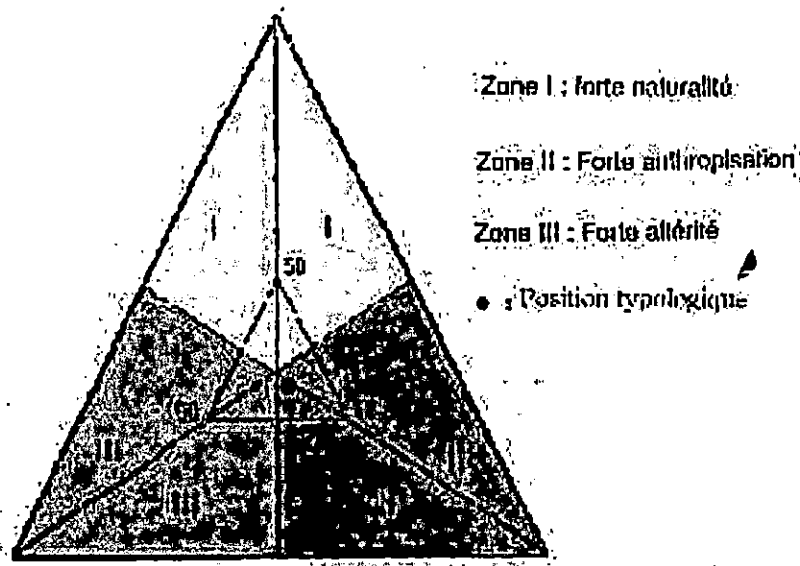


Figure n° 20 : Représentation triangulaire pour 2005

Le point sur le triangle nous indique que notre plage se trouve dans une situation à forte anthropisation. Mais le plus grave est la position du point devant la zone à forte altérité, ce qui traduit le caractère rapide de l'évolution de notre site, ainsi que son approche de l'agrégat naturalité qui nous donne espoir de restaurer ce que la nature a perdu.

Le diagnostic ou le bilan socio- environnemental fait ressortir le caractère anthropique de notre site ainsi que son rythme d'évolution qui peut s'accélérer à n'importe quel moment et surtout là où nous ne nous attendons pas, surtout en agissant sur l'une des composantes de ce système.

C'est pour cela que nous déterminerons les différents problèmes ainsi que toutes les contraintes, en travaillant sur des indicateurs de durabilité et d'intégration afin d'identifier les questions essentielles et les réponses globales à partir d'une approche transversale expliquée dans ce qui suit, car la situation actuelle démontre la dégradation de l'espace naturel. Si la pression exercée par l'homme continue, l'impact engendré peut avoir des résultantes sur la plupart des secteurs se trouvant à ce niveau.

Ceci dit, l'état environnemental global du site commence à se détériorer par rapport à ce qu'il a été dans le passé, avec une perte considérable de la surface de la plage estimée à 30.000 m², une dégradation des dunes et une pression anthropique de plus en plus évolutives et enfin des impacts si négatifs qu'ils peuvent détériorer non seulement la plage Ouest de Boumerdès mais tout l'environnement voisin, étant donné qu'ils se trouvent dans la même province sédimentologique (baie de Zemmouri).

II.4. Application pour le même site à une date antérieure:

Avant de se lancer dans l'analyse systémique, nous devons faire au moins une étude rétrospective, ou autrement dit, faire la typologie de cette zone ou essayer de la faire pour une période passée, en utilisant les photographies aériennes ainsi qu'une enquête sur le terrain, afin d'avoir la position du point sur le triangle à un certain moment.

Etant donné qu'entre 1972 et 1980 la situation globale était équilibrée, alors, nous nous baserons sur les photographies aériennes de 1980 avec les mêmes critères de qualification, avec leurs paramètres affectés, sauf que les valeurs et les cotations seront différentes, et comme indiquées ci-dessous :

Critères de qualification	Valeurs	Cotations
<u>a) Naturalité</u>		
1) Largeur de l'estran	5 à 15m	2
2) Linéaire côtier	1 à 2 Km	2
3) Pente	2 à 1%	4
4) Sublittoral	50 à 150 m	3
5) Déferlement	10 à 100 m	3
6) Herbier d'avant- côte	50 à 100 m	4
7) Transit littoral	50 à 500 milles m ³ /an	2
8) Bed rock	4 à 6 m	4
9) Engraissement	0 à 1 m	2
<u>b) Anthropisation</u>		
1) Fréquentation	< 1 p / m ² /estran	1
2) Prélèvements	0 à 5 milles m ³	2
<u>c) Altérité</u>		
1) Erosion	0 à 2 m / an	2
2) Qualité des eaux	< 500 E.coli / 100 ml	1
3) Taux d'occupation	0	1

II.4.1. Evaluation globale pour 1980:

Cette évaluation se fera comme la précédente, en évaluant les différentes cotations de chaque critère de qualification, sauf que les résultats peuvent être très différents à cause de la différenciation des valeurs affectées à chaque paramètre (P_n). Ceci dit, les cotations de référence resteront les mêmes, mais celles observées changeront avec pour résultat la variation de l'évaluation globale.

a) Naturalité :

$$* C_r = 5 \sum_1^n P_n$$

$$C_r = 5 \times 9 = 45$$

La cotation de référence pour la naturalité est de : 45

$$* C_o = N_i \sum_1^n P_n \quad (N_i : \text{valeur réelle de chaque paramètre})$$

$$C_o = 2+2+4+3+3+4+2+4+2 = 26$$

La cotation observée pour la naturalité est de 26.

$$* C_q = C_o / C_r$$

$$C_q = 26 / 45 = 0.58$$

L'évaluation globale C_q de la naturalité est de 0.58.

b) Anthropisation:

$$* C_r = 5 \times 2 = 10$$

La cotation de référence pour l'anthropisation est de 10.

$$C_o = 1 + 2 = 3$$

La cotation observée pour l'anthropisation est de 3.

$$* C_q = C_o / C_r = 3 / 10 = 0.3.$$

L'évaluation globale de l'anthropisation est de 0.3.

c) Altérité:

$$* Cr = 5 \times 3 = 15.$$

La cotation de référence de l'altérité est de 15.

$$* Co = 2 + 1 + 1 = 4.$$

La cotation observée pour l'altérité est de 4.

$$* Cq = Co / Cr = 4 / 15 = 0.27.$$

L'évaluation globale de l'altérité est de 0.27.

II.4.2. Evaluation indiciaire pour chacun des agrégats:

La base de cette évaluation est la détermination de l'indice de chaque agrégat par rapport à l'ensemble, afin de positionner chacun sur le triangle équilatéral, et de là, faire la typologie du site durant cette période antécédente afin de voir l'évolution par rapport à maintenant. La formule reste toujours la même, mais les autres valeurs changeront systématiquement:

$$Ia = (Cq / \sum_1^3 Cq) \times 100.$$

$$\sum_1^3 Cq = Cq (0.58) + Cq (0.30) + Cq (0.27)$$

$$\sum_1^3 Cq = 1.15$$

a) Naturalité :

$$Ia (nat.) = (0.58 / 1.15) \times 100 = 50.43 \%$$

L'indice de l'agrégat naturalité est de 50.43 %.

b) Anthropisation:

$$Ia (ant.) = (0.30 / 1.15) \times 100 = 26.09 \%$$

L'indice de l'agrégat anthropisation est de 26.09 %.

c) Altérité:

$$Ia (alt.) = (0.27 / 1.15) \times 100 = 23.48 \%$$

L'indice d'intégration de l'altérité dans l'ensemble est de 23.48 %.

Déjà, par rapport seulement à ces pourcentages, nous remarquons la forte naturalité des lieux constatée auparavant par la S.E.C. et le point qui va être placé sur le triangle sera sûrement dans la zone à forte naturalité, chose que nous confirmerons sur la figure n°21.

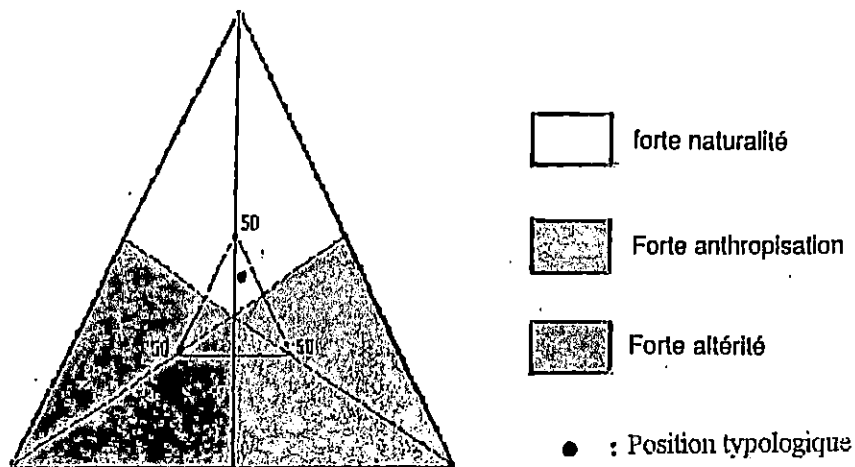


Figure n°21 : Représentation triangulaire pour 1980.

Cette figure confirme nos hypothèse : en 1980, la plage avait sa vocation naturelle, comme l'avait déclaré la S.E.C., et la position de cette dernière en ce qui concerne l'aménagement de ce site était justifiée. En observant la figure n°20, nous constatons que le point a migré d'une forte naturalité à une forte anthropisation; si cette tendance évolutive ou plutôt catastrophique continue, le point risque de se trouver dans quelques années dans la zone à forte altérité, scénario à éviter obligatoirement.

Si nous n'agissons pas maintenant, cette zone risque d'être désertée dans le futur ou pire encore, disparaître. Ainsi nous n'y rencontrerons ni estivants, ni touristes; à la place de la plage nous n'y trouverons que des ordures.

ANALYSE DE LA DURABILITE

III. Analyse de la durabilité:

L'analyse de la durabilité est une alliance d'une analyse systémique et une analyse prospective utilisant des indicateurs pertinents, mesurables et fiables permettant d'explorer, de d'écrire et d'évaluer le niveau de durabilité d'une situation socio- environnementale dans le passé, le présent et le futur (Larid, 2004).

III.1. Exposé de la méthode d'analyse systémique:

Etant donné la complexité de la problématique environnement développement de la zone côtière, nous avons eu recours à cette analyse systémique, une méthode qui permet l'explication et la compréhension de la logique du fonctionnement de cette organisation plus ou moins complexe, afin de suggérer des actions favorisant le développement de tout l'ensemble avec une certaine intégration, autrement dit, comprendre le fonctionnement de toutes les composantes déjà identifiées, puis la dynamique existant entre-eux afin de déterminer les éléments-clés, pour enfin proposer les actions ou les objectifs les plus prioritaires (Larid, 1992).

"Le système est une construction intellectuelle constituée d'éléments (e) choisis en interaction dynamique (R), faite dans un certain but ".

Alors, la systémique est une analyse qui envisage les éléments (variables) d'une conformation complexe, non pas isolément mais globalement, en tant que parties intégrantes d'un ensemble dont les différents composants (Variables) sont dans une relation de dépendance réciproque (Le petit Larousse illustré, 1998).

D'un point de vue plus explicite, notre analyse se fera sur un littoral sableux (plage Ouest de Boumerdès) dont les variables seront listées et définies selon leurs différents états afin de les incorporer dans la matrice d'analyse structurale pour déterminer les plus dépendants du système et les plus moteurs, suivant un classement en dépendance et en motricité.

Ceci a pour but de classer les variables dans un diagramme motricité-dépendance afin de relever les indicateurs explicatifs, neutres, de relais ou d'impact (Godet, 1999).

III.1.1. Liste et définition des variables:

Typologie des variables	Variables & codes		Définition des variables
Etat naturel	Dune	01	Monticule, colline de sable, édifié par le vent sur les littoraux et dans les déserts.
	Zone de déferlement	02	Zone où la vague commence à rouler jusqu'à se briser sur le littoral avec violence.
	Transit littoral	03	Déplacement des flux de sables soit parallèlement à la côte (dérive littorale), soit vers le large (courant de retour).
	Engraissement	04	Augmentation du volume de sable ou de galets d'une plage par suite des dépôts occasionnés par les courants, la houle...etc.
	Climatologie et météorologie	05	Tout ce qui concerne le climat et les éléments du temps (température, précipitation, vents, pression,...etc.)
Pression	Fréquentation	06	Flux de personnes venant habituellement à cette plage (ou un autre lieu).
	Prélèvement	07	Quantité de sable extraite au niveau du littoral ou des lits d'oueds pour des fins expérimentales ou de constructions
	Activités et infrastructures touristiques	08	Ensemble des occupations d'ordre professionnel ou touristique au niveau de la frange côtière.
	Pollution	09	Dégradation du milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels ou ménagers.
Impact	Erosion	10	Ensemble des actions externes des agents atmosphériques, des caux, des glaciers, etc., qui provoquent la dégradation du relief.
	Qualité des caux	11	Caractéristiques des eaux de baignade du point de vue physico- chimique et bactériologique (microbiologique)
	Taux d'occupation	12	Proportion occupée par l'homme par rapport à la surface totale.
	Piétinement	13	Mise en mouvement des particules de sable causée par le va- et vient des gens engendrant ainsi le déracinement des herbes et le départ des grains de sable.
	Revenu des touristes	14	Total des sommes perçues par l'Etat à titre d'échange monétaire ou en rémunération à toute occupation.

III.1.2. Matrice d'analyse structurale (M.A.S):

Cette matrice est un outil qui nous aide à mieux connaître le système, ainsi que la dépendance et le degré d'influence des indicateurs sur celui-ci. Alors nous classerons ces variables par ordre de motricité et de dépendance.

Avant le traitement, nous nous baserons sur deux matrices; la première sera à relations directes simples avec 0 pour la non-existante de relation et 1 pour l'existence de relation.

La deuxième matrice sera à relations directes pondérées; c'est-à-dire que la relation entre les variables n'aura plus la même intensité, autrement dit créer une fourchette de valeur allant de 1 à 3, avec 1: relation faible, 2: relation moyenne et 3 à forte relation, sans oublier de mettre 0 lorsqu'il n'y pas de relation.

a) Matrice à relations directes simples:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	05
2	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	05
3	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	05
4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	06
5	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	08
6	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
7	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	08
8	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10
9	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
10	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	09
11	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	09
12	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	11
13	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	05
14	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	03
Σ	12	08	05	10	00	10	09	08	06	11	04	06	05	10	

Classement des variables:

*En motricité : (12)-(06-08 et 09)-(10 et 11)-(05 et 07)-(04)-(01, 02,03 et 13)-(14)

*En dépendance: (01)-(10)-(04,06 et 14)- (07) - (02 et 08)- (09 et 12)-(03 et 13)
(11)-(05).

b) Matrice à relations directes pondérées:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ	
1	0	1	0	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	08
2	3	0	3	3	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	13
3	3	0	0	3	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	11
4	3	3	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	2	12
5	3	3	3	3	0	3	1	3	0	3	0	0	0	3	25
6	3	0	0	1	0	0	1	3	3	2	2	1	3	2	21
7	3	3	1	1	0	0	0	1	0	3	0	0	1	2	15
8	3	0	0	3	0	3	1	0	3	3	3	3	3	3	28
9	1	3	0	0	0	3	0	3	0	2	3	1	1	3	20
10	3	3	2	3	0	2	3	2	0	0	0	1	0	2	21
11	2	3	0	0	0	1	1	3	3	2	0	1	0	3	19
12	2	1	0	1	0	3	1	2	3	3	3	0	2	1	22
13	3	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	09
14	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	05
Σ	32	20	10	21	00	20	14	20	13	28	11	08	10	22	

Classement des variables:

- * **En motricité:** (08) - (05) - (12) - (06 et 10) - (09) - (11) - (07) - (02) - (04) - (03) - (13) - (01) - (14).
- * **En dépendance:** (01) - (10) - (14) - (04) - (02, 06 et 08) - (07) - (09) - (11) - (03 et 13) - (12) - (05).

c) Classement des variables :

En observant les deux matrices, nous constatons que les variables les plus motrices sont les activités et les infrastructures touristiques, le taux d'occupation, la fréquentation, l'érosion, la pollution et la qualité des eaux.. Ces variables influent beaucoup sur le système. Nous remarquons aussi le déplacement de la variable « Climatologie et Météorologie vers le premier rang dans la matrice à relations directes pondérées, alors qu'il était au centre des variables-clés dans celle à relations simples.

Les plus dépendantes du système sont la dune, l'érosion, l'engraissement et le revenu des touristes, dans les deux cas, avec une légère variation de rang pour les suivantes comme la zone de déferlement, la fréquentation, les activités, les infrastructures touristiques et les prélèvements.

A partir de ce que nous venons de voir, les activités et les infrastructures touristiques font augmenter le taux d'occupation du site. Ce dernier accentue la fréquentation des lieux qui engendre l'érosion, la pollution en dégradant la qualité des eaux (pollution détritique et rejet des eaux usées).

D'ailleurs, après la dune qui est vraiment touchée par ces fléaux, c'est la qualité des eaux qui se dégrade, touchant ainsi l'herbier à Posidonie qui, en diminuant de surface, favorise le déferlement de la vague de plus en plus près du rivage et, par conséquent, défavorise les dépôts ou l'engraissement. Cette situation d'érosion fait diminuer la surface de la plage qui abaisse la fréquentation des lieux et les revenus des touristes.

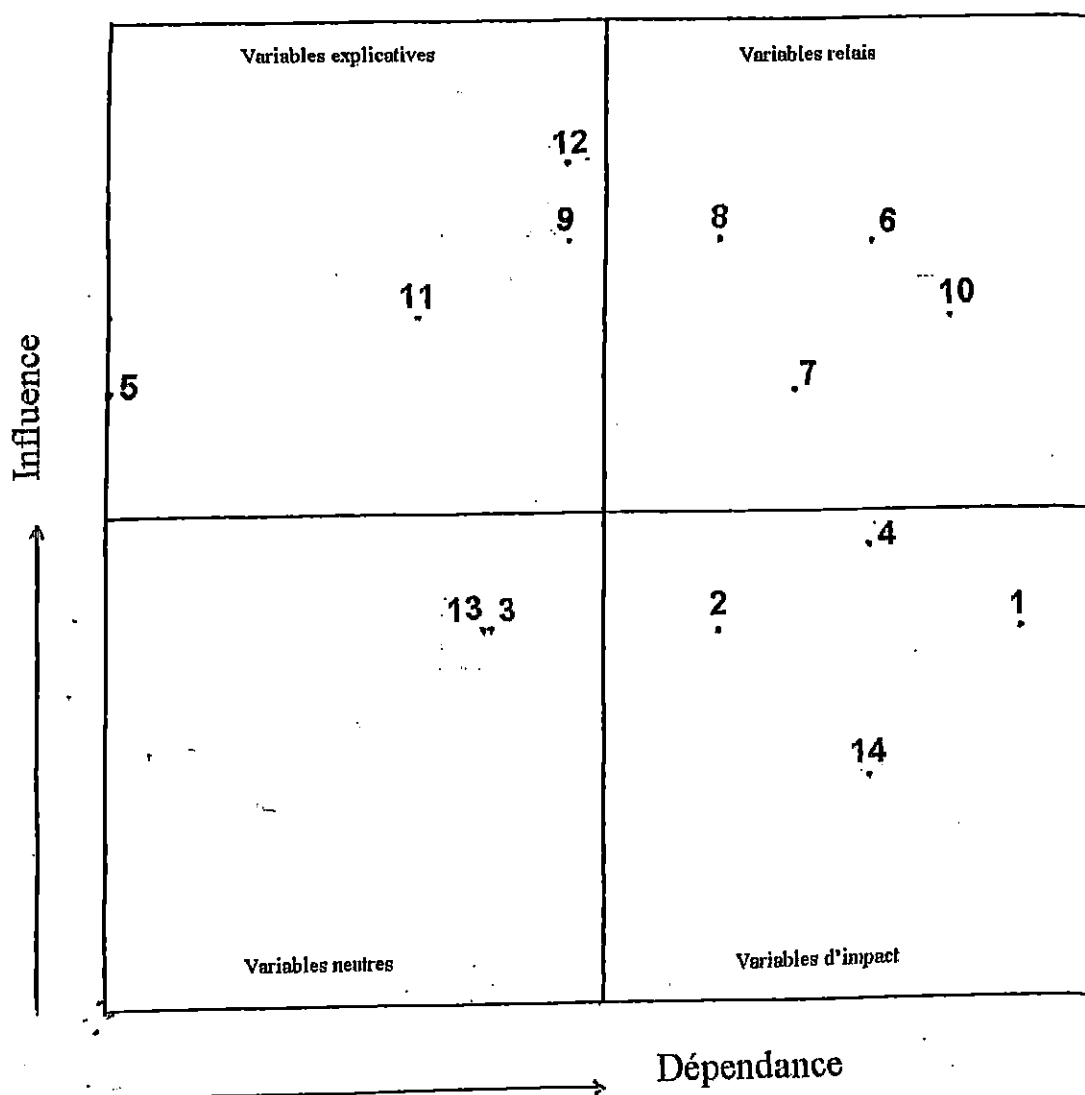
Ainsi, à travers le classement des variables, la situation est confuse, car nous ne savons pas exactement sur lesquelles nous devons agir. C'est pour cela que l'utilisation du diagramme motricité-dépendance est indispensable.

III.1.3. Diagramme motricité-dépendance :

C'est le résultat du classement des variables que nous porterons sur ce diagramme, dispositif graphique à deux axes orientés qui nous permettent de positionner chacune des variables, selon son degré d'influence et de dépendance dans ce système, afin que nous puissions déterminer la catégorie de chacune d'elles et connaître les plus déterminantes variables explicatives), les plus instables qui sont capables de freiner ou d'accélérer le système (variables relais), celles dont le rôle est relativement peu important (variables autonomes) et surtout les variables d'impacts qui sont fortement influencées par les explicatives et celles de relais.

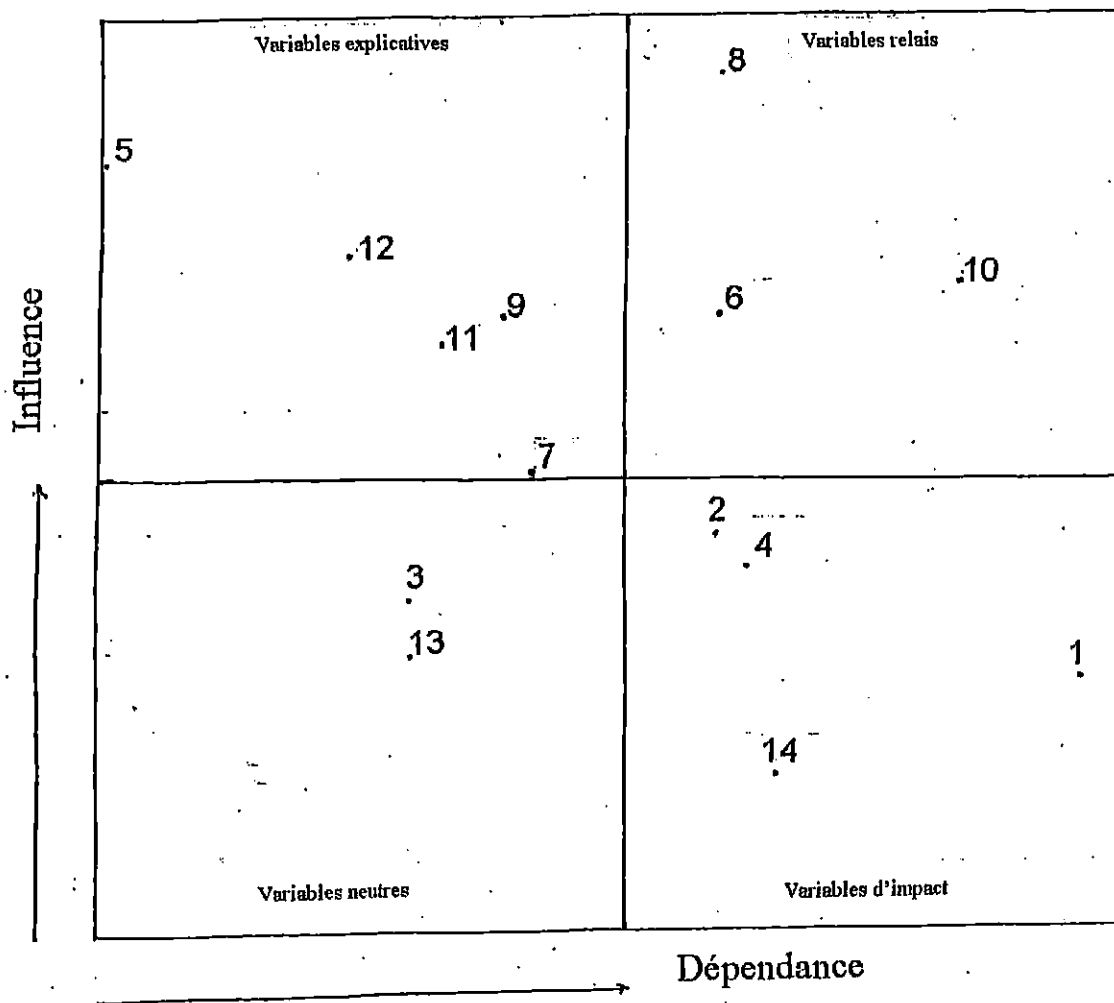
De ce fait, nous aurons deux axes (influence et dépendance) dont la surface est divisée en quatre cadrans (catégorie de variables) dans lesquels se trouvent les variables suivant leurs coordonnées.

a) Diagramme motricité-dépendance, selon la matrice à relations directes simples :



D'après ce diagramme, nous remarquons que le climat, le taux d'occupation, la pollution et la qualité de l'eau sont les variables qui dominent le système, aidées par les variables relais. L'impact se sentira sur la dune, la zone de déferlement, l'engraissement et le revenu des touristes, chose que nous confirmerons dans le deuxième diagramme.

b) Diagramme motricité-dépendance, selon la matrice à relations directes pondérées :



Nous remarquons le même diagramme que celui issu de la matrice à relations directes simples, sauf pour la variable « les prélèvements », qui abandonne sa place comme variable de relais pour devenir une variable explicative.

Le taux d'occupation, le climat, la pollution et la qualité des eaux agissent très fortement sur un site et surtout le nôtre, phénomène accentué par l'action des prélèvements. Ajoutons à cela les activités, les infrastructures touristiques et la fréquentation qui provoquent ainsi à l'échelle globale une érosion. Cette dernière est constatée sur la dune et l'engraissement des lieux sera si insignifiant que nous ne le remarquerons même pas.

La pollution fera détruire les mattes de Posidonie et la zone de déferlement s'approchera de la côte. Ainsi, l'action des vagues sera plus destructrice que nourricière. Si l'érosion continue, nous n'aurons ni plage-ouest de Boumerdès, ni touristes, ni revenus.

Le transit littoral reste comme une variable neutre que nous ne pouvons pas contrôler ;

C'est comme le piétinement, sauf que ce dernier peut être minimisé en barricadant les lieux sensibles ou en interdisant l'accès.

Finalement, nous pouvons savoir sur quel indicateur nous devons intervenir sans exactement être sûrs de son déséquilibre. Les matrices et les diagrammes de motricité-dépendance nous ont aidés à mieux connaître les indicateurs ainsi que leur rôle dans le système, sans pour autant nous donner l'état de durabilité.

L'analyse diachronique pour les triangles équilatéraux nous a permis de connaître l'état passé et la position actuelle de notre site, avec un futur à craindre.

A travers ce qui suivra, nous pourrons dégager les indicateurs-clé hors d'état d'équilibre sur lesquels nous devons agir.

III.1.4. Matrice d'analyse structurelle d'ordre 2 (M2) :

Cette matrice d'ordre 2 est issue de la multiplication de la matrice à relation simple non pondérée par elle-même et ceci grâce à l'utilisation d'un logiciel nommé MATLAB.

Cette matrice d'impact croisé (M2) nous indique toutes les relations indirectes qui peuvent exister entre les variables. Ainsi, une variable peut avoir de l'influence sur une autre par l'intermédiaire d'une troisième ou de plusieurs. En d'autres termes, elle nous révèle les relations cachées entre les différents indicateurs (Ouazar,2004).

a) Matrice d'impact croisé (M2):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ
1	4	2	2	3	0	2	2	3	1	4	1	2	2	3	31
2	4	3	1	4	0	3	5	2	2	3	1	2	1	4	35
3	4	5	2	3	0	4	3	3	1	3	1	2	2	5	38
4	4	3	3	5	0	3	3	4	1	3	1	3	2	4	39
5	6	3	2	6	0	6	6	3	3	5	2	4	2	5	53
6	8	8	3	6	0	8	7	6	4	7	3	5	4	8	77
7	6	4	3	6	0	6	6	2	2	5	1	2	1	4	48
8	8	8	3	6	0	7	7	7	4	7	3	5	4	8	77
9	8	6	3	7	0	8	7	6	5	7	4	6	4	7	78
10	7	4	2	7	0	6	6	4	4	7	3	3	4	6	63
11	7	5	3	7	0	7	5	6	4	6	4	5	5	7	71
12	9	7	4	7	0	8	7	6	4	8	3	6	4	8	81
13	5	4	3	5	0	4	4	2	1	4	0	1	1	4	38
14	3	1	0	3	0	2	3	2	3	3	3	2	3	3	31
Σ	83	63	34	75	0	74	71	56	39	72	30	48	39	76	

Classement des variables:

***En motricité** : (12)-(09)-(06 et 08)-(11)-(10)- (05)-(07)-(04)-(03 et 13)- (02)-(01-14)

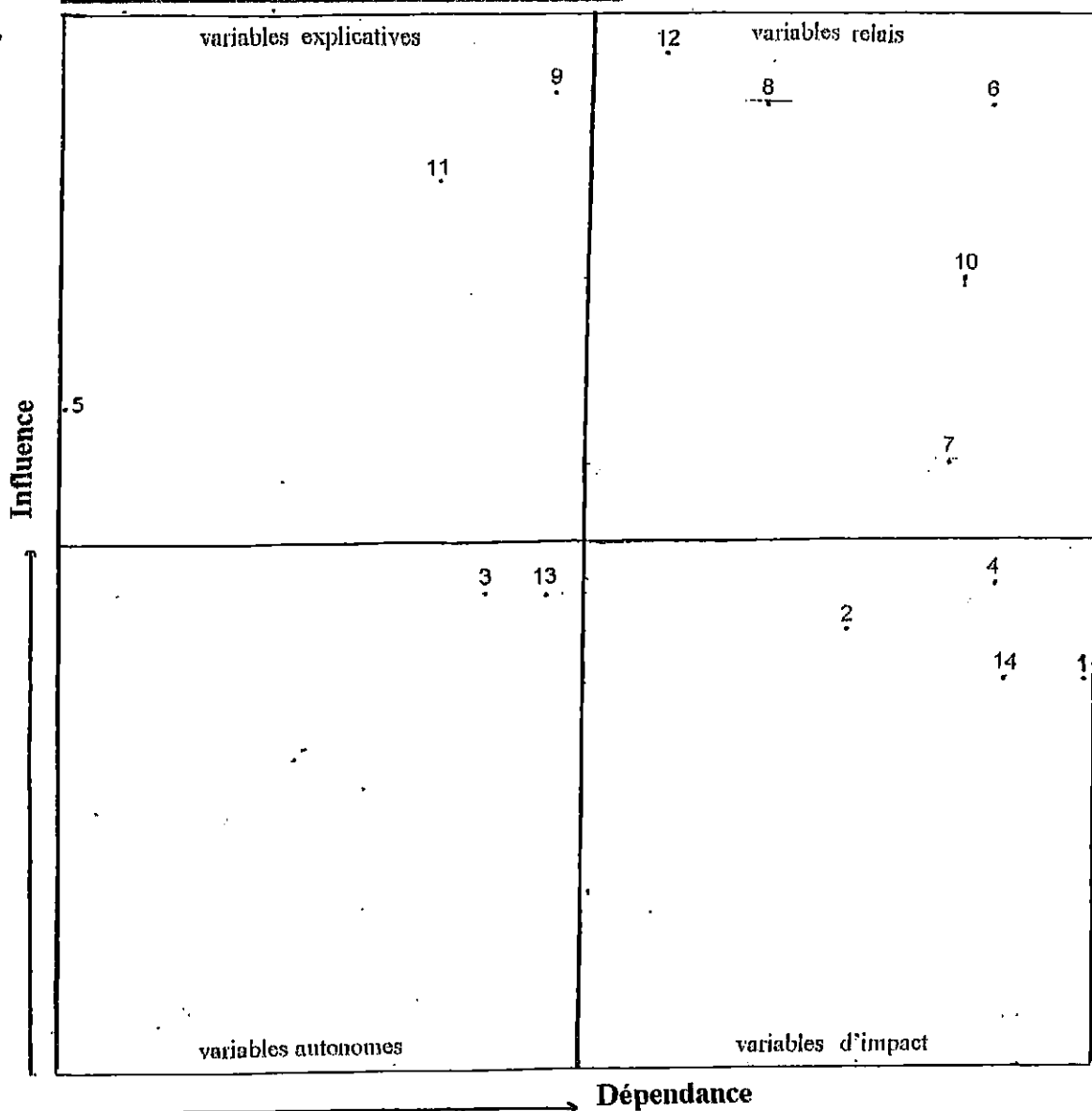
***En dépendance**: (01)-(14)-(04) - (06) - (10)- (07)- (02)- (08)- (12)- (09 et 13)- (03) - (11)-(05).

A partir de cette matrice, nous pouvons conclure que le classement des variables suit une certaine logique, du fait que les plus motrices sont toujours les mêmes, avec un léger changement dans le rang, et c'est le même constat pour les indicateurs dépendant de ce système.

Ainsi, le taux d'occupation, la fréquentation, les activités et les infrastructures touristiques qui engendrent la pollution et l'érosion sont les variables les plus influentes sur le système, et leurs impact se ressentira sur la dune, l'engraissement, le revenu des touristes et la fréquentation des lieux avec une érosion prononcée.

Le diagramme motricité- dépendance risque d'être similaire aux deux premiers.

b- Diagramme motricité- dépendance :



La première constatation que nous pouvons faire ressortir de ce diagramme est que les variables neutres et celles d'impact sont toujours les mêmes que dans les deux autres diagrammes, malgré le changement de rang dont elles ont fait l'objet auparavant.

Nous remarquons aussi le déplacement de deux autres variables du cadran « variables explicatives » à celui de « variables relais ». Ceci concerne la variable « les prélèvements » qui reprend la place qu'elle avait dans le diagramme issu de la matrice à relations simples non pondérées, ainsi que la variable « taux d'occupation » qui deviennent de cette façon des variables capables non seulement d'accélérer le système mais de le freiner aussi.

Conclusion :

Cette analyse systémique nous a permis de mieux connaître le système, déterminer les variables les plus influentes ou les plus motrices et de savoir sur laquelle nous devons agir pour nous lancer dans l'étude de la durabilité.

Ainsi, les variables n° 5,9 et 11 qui sont respectivement « météorologie et climatologie », « pollution » et « qualité des eaux » sont des variables très dynamiques. D'ailleurs, le mauvais temps et la mauvaise qualité de l'eau sont des paramètres qui font fuir les touristes, et l'attrait vers ces lieux sera dépendant du climat et de la pollution des lieux.

Les variables relais étant très motrices et trop dépendantes du système, nous devons agir vite afin de les stabiliser au moins et de les freiner au mieux telle que l'érosion.

Mais, en ce qui concerne les variables d'impact qui sont très dépendantes du système, notre intervention doit être immédiate si nous voulons vraiment stabiliser cette plage et la restaurer pour le futur. Sinon, les restes de la dune disparaîtront, laissant ainsi le champ libre pour l'avancée de la zone de déferlement avec un amaigrissement périodique des lieux. Plus tard, les touristes viendront s'installer non pas sur la plage, mais sur le lit d'oued.

III.2. Exposé de la méthode d'analyse prospective :

La situation socio- environnementale du système « plage » est régie par les différentes variables qui le constituent .Comme elles sont en interaction entre elles, elles nous renseignent sur l'état des lieux et des pressions exercées sur lui, ainsi que sur les indicateurs les plus moteurs et les plus dépendants de ce système.

Cette analyse prospective est une évaluation du niveau de la durabilité du système, à travers une étude de certains indicateurs- clés et de leurs bandes d'équilibre, dans le présent et le futur, selon les schémas AMOEBA. Autrement dit, nous identifierons les indicateurs-clés et leur affecterons une bande d'équilibre dans laquelle ils demeureront afin que la durabilité se réalise ; ils sont non durables par excès, au delà de cette bande et non durables par déficit en deçà de cette dernière (Larid,2004).

Nous entamerons l'exercice de l'AMOEBEA, en prenant les valeurs réelles des indicateurs-clés et en affectant à chacun d'eux le niveau de durabilité sur la base d'une échelle d'évaluation graduée de 0 à 7.

Après avoir vu l'état actuel de la durabilité de l'ensemble du site grâce au schéma AMOEBA, nous essaierons de prévoir la situation vers laquelle tendrait la plage (situation tendancielle) et, en même temps des actions pour tendre vers une situation de durabilité (situation alternative).

Le polygone ci-dessous (Figure n°22) représente un exemple du schéma AMOEBA.

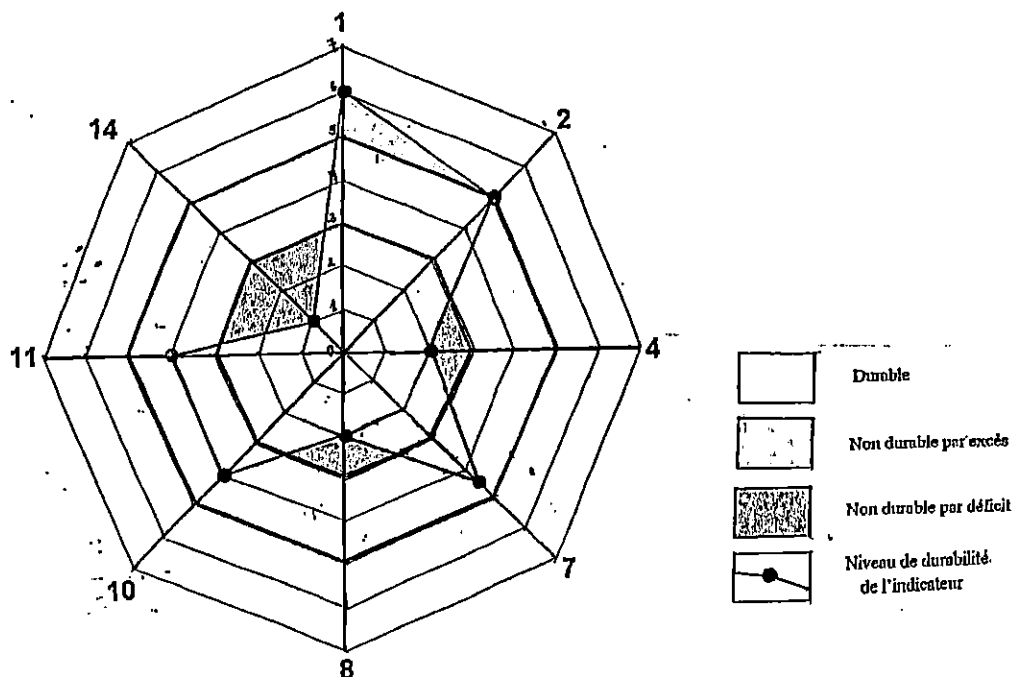


Figure n°22 : Schéma AMOEBA explicatif

III.2.1 Indicateurs- clés et bandes d'équilibre :

Les indicateurs- clés utilisés dans cette étude sont issus , d'une part du quatrième (4^{ème}) atelier concernant l'évaluation du système dans la zone côtière algéroise (Plan d'Aménagement Côtier ,PAC), et d'autre part, de certaines études sur la durabilité d'un littoral sableux (Chabou ,2004).

Nous pouvons représenter ces valeurs sous forme graphique grâce à l'usage du « Radar d'Excel » pour élaborer le schéma l'AMOEBA.

Tableau n°3 :valeurs des indicateurs et correspondances en durabilité (2005)

Indicateurs	N°	Valeurs maximales	Valeurs minimales	Valeurs réelles actuelles	Valeurs sur l'échelle de durabilité
Erosion côtière	1	10 cm / an	0,5 cm / an	1 m / an	7
Occupation anthropique et artificialisation	2	20 %	10%	10 %	3
Extraction de sable	3	0 m ³ / an	0 m ³ / an	≈ 50 m ³ / an	7
Apports sédimentaires	4	1000 m ³ /an	90 m ³ / an	0.1 m ³ / an	1
Pollution détritique	5	0.2 kg /m ² /jour	0 kg /m ² / jour	0.5 kg/m ² / jour	7
Pollution aquatique	6	2000 E..coli /100 ml	< 50 E. coli /100 ml	≈ 500 E. coli / 100 ml	4
Capacité de charge	7	8000 ind. / jour	4000 ind. /jour	12000 ind./ jour	7
Pente de la plage	8	4 %	1 %	10 %	7
Coût d'entretien	9	2M. DA/ an	0.5 M.DA /an	0.1 M. DA / an	1
Couverture végétale dunaire	10	75 %	60 %	35 %	2

III.2.2. Evaluation de la durabilité du système :

: A partir de ces indicateurs qui qualifient le système, et de leurs valeurs qui nous informent sur la bande d'équilibre, nous schématiserons le diagramme AMOEBA qui nous permettra de déterminer rapidement et de manière visuelle les écarts de chaque indicateur par rapport à sa bande d'équilibre, suivant trois (03) échelles de valeur pour chacun :

1/ Non durable par déficit : l'indicateur se situe au dessous de la bande d'équilibre ($<$ au minimum).

2/ Durable : l'indicateur se situe dans la bande d'équilibre (\geq au minimum) et (\leq au maximum).

3/ Non durable par excès : l'indicateur se situe au dessus de la bande d'équilibre ($>$ au maximum).

Ainsi, les indicateurs hors bande d'équilibre seront pourvus d'une ou plusieurs interventions ; par contre ceux en équilibre devront rester comme ils sont et garder leurs situations pour le futur.

a/ Schéma AMOEBA de la situation actuelle :

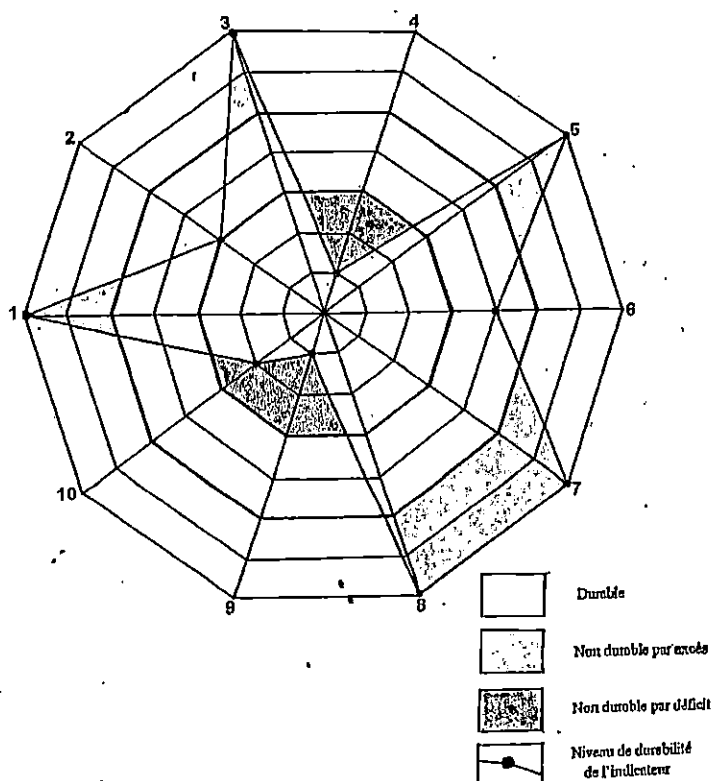


Figure n°23 : Schéma AMOEBA de la situation actuelle (2005)

b) Expertise du schéma :

De la première observation du schéma, nous constatons l'inégalité de la distribution des indicateurs sur l'échelle d'évaluation de la durabilité avec :

- 02 indicateurs durables.
- 03 indicateurs non durables par déficit.
- 05 indicateurs non durables par excès.

Le polygone est très irrégulier ; 80% des points qui le configurent sont hors durabilité et positionnés dans les deux (02) bandes caractérisant la durabilité de la plage (du système), soit par excès, soit déficit, alors que seulement 20 % de ceux- ci se situent dans l'aire de la durabilité. Par rapport à ces indicateurs-clés retenus, nous constatons que la situation de la plage est plutôt éloignée du seuil de durabilité.

III.2.3. Evaluation du niveau de durabilité pour 2015 :

Actuellement, cette plage est en perpétuelle amaigrissement. Si la situation perdure, les indicateurs qui se trouvent en équilibre migreront vers la non durabilité et risquent même d'engendrer des perturbations non constatées et, de ce fait aggraver la situation irréversiblement.

Ainsi, nous traiterons d'abord chaque indicateur individuellement, pour voir le (s) scénario (s) que peut prendre cette situation pour 2015 et en même temps, prévoir des actions afin de créer une situation alternative qui tendra vers le développement durable. Ensuite, nous comparerons les deux (02) schémas AMOEBA issus des deux situations étudiées (situation tendancielle et situation alternative).

a) Scénarios et plans d'actions (prospective) :

Tableau n° 4 : Indicateur 1 : Erosion côtière

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
La largeur de la plage est : 1980 : 60 m en moyenne 1995 : 30m en moyenne 2005 : 20 m en moyenne	Eviter que la largeur de la plage ne descende au deçà de 20 m de moyenne. Essayer de ramener la largeur actuelle à son état initial petit à petit. Mise en œuvre des lois interdisant les extractions de sable, les aménagements longitudinaux par rapport au rivage et les destructions de dunes bordières.
L'évolution sera : 2015 : 15 m en moyenne 2020 : 12,2 m en moyenne	Mise en œuvre de nouvelles lois sur

Actions : * Interdiction d'extraction de sable (Art.20 de la loi n° 02-02).

* Mise en œuvre d'un Plan d'Aménagement Côtier (P.A.C.) adéquat à toute la zone côtière de Boumerdès (incluant notre site) en tenant compte de leur fragilité et complexité (Art.30,16 et 17 de la loi n° 02-02).

* Mise en œuvre des lois de pénalisation (article 40 de cette même loi).

* Rechargement artificiel et reprofilage périodique de l'estran surtout au secteur central, ainsi que la mise en place d'ouvrages légers de défense pour stabiliser l'état actuel de la plage (brise- lames immergeant au secteur central, à 10 m de profondeur, surélevé à 4 m et de façon parallèle).

Tableau n°5 : Indicateur 2 : occupation anthropique et artificialisation :

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
1980 : 0% 1995 : 8% 2005 : 10% 2015 : 12% 2020 : 14%	Eviter tout aménagement sur cette plage dont le premier inconvénient est le mur de soutènement . Rendre au site son aspect naturel.

Actions : *Implantation d'aménagements légers faciles à placer et déplacer, s'il le faut, avec respect de l'équilibre de cette plage.

*Plantation d'arbres et d'arbustes sur la partie arasée de la falaise, au dessus du mur de soutènement et en interdisant l'accès aux voitures (variante n° 2 , Lahcene et Nahi,1995).

*Application des lois et traités concernant les aménagements sur la zone côtière.

Tableau n° 6 : Indicateur 3 : extraction de sable

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>Non-application de la loi concernant l'extraction de sable. Continuité d'extraction sur le secteur occidental par manque de sensibilisation. Augmentation de la pente au secteur central, ce qui risque de contaminer les deux autre secteurs. Disparition de la plage après l'érosion</p>	<p>Application des lois concernant les extractions de matériaux. Sensibilisation des gens et surtout la nouvelle génération quant aux risques engendrés par ces extractions et l'aggravation de la situation d'érosion. Stabilisation plus ou moins de la plage</p>

Actions : * Contrôle de tous les camions au niveau des barrages de la Gendarmerie Nationale le jour et surtout la nuit.

* Rechargement artificiel du secteur central et reprofilage de l'estran à partir de granulats issus de la carrière de Si Mustapha ou de la sablière des Issers .

* Alimentation de la plage sous-marine par des matériaux autochtones issus des isobathes des 25 m et dragués vers les isobathes des 15 m.

* Application de l'article 20 de la loi n° 02-02 du 05 février 2002 et de l'article 40 concernant les dispositions pénales pour le non- respect de cet article (art.20).

Tableau n° 7 : indicateur 4 :apport sédimentaire

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>Les apports sont toujours inexistants (sauf quelques apports issus des oueds).</p> <p>Les extractions de matériaux aggravent de plus en plus l'état d'érosion de cette plage.</p>	<p>Corriger le déséquilibre sédimentaire engendré, sans pour autant perturber les processus naturels agissant sur cette plage (Paskoff, 1994), en l'alimentant artificiellement par une recharge d'environ 100 m³ par an, si le budget existe.</p> <p>Mise en place d'ouvrages de protection contre l'érosion du secteur central.</p> <p>La plage reprend de plus en plus son équilibre.</p>

Actions : * Ramener un matériau de même caractéristique que l'original (granulométrie moyenne : 550 µm, quartz micas et schistes).

* Extraction de sédiment off-shore à 25m de profondeur, ou de la sablière des Issers pour des matériaux allochtones, ou de la carrière Si Mustapha.

* Désenvasement des barrages.

* Eviter toute extraction sur les dunes bordières.

* Mise en place d'un brise-lames de 4 m de hauteur immergé à une profondeur de 10 m parallèlement au secteur central.

Tableau n° 8 : indicateur 5 : pollution détritique.

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
1980 : $\approx 0.05 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{jour}$. (apports provenant des oueds) 1995 : $\approx 0.2 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{jour}$. (apports : oueds et riverains). 2005 : $\approx 0.5 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{jour}$. (situation sécuritaire favorisant le tourisme). 2015 : $\approx 1 \text{ à } 1.5 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{jour}$. (afflux du tourisme et non-sensibilisation des gens).	Diminution des déchets solides sur la plage. Application et mise en vigueur des lois et traités. Propreté des lieux

Actions : * Collecte des déchets sur la plage, soit par des volontaires, soit par des agents rémunérés pour accomplir cette tâche.

* Traitement des rejets des oueds et des déchets ménagers après la collecte .

* Assainissement des marécages par ensablement.

* Sensibilisation des gens (affichages et meeting) quant aux risques de laisser traîner les matériaux non dégradables, ainsi que la valeur réelle de ce patrimoine commun.

* Mise en place de poubelles de différentes couleurs pour divers rejets (plastique, verre, bois, ordures ménagères).

* Instauration d'une nouvelle réglementation interdisant tout rejet sur cette plage avec l'affectation d'agents environnementaux dont le rôle est de veiller au respect de cette loi, ainsi que l'établissement de procès- verbaux à l'encontre de ses souillons.

Tableau n° 9 : indicateur 6 : pollution aquatique

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>1995 : 100 E. coli / 100 ml 2005 : 100 E coli / 100 ml (sauf pour le 11 juillet 2005, où nous avons enregistré, à 1 m de l'embouchure de l'oued Corso, 70.000 Coliformes totaux /100 ml mais 93 seulement au centre de la plage, dus aux précipitations). 2015 : pas plus de 500 E.coli / 100 ml (sauf cas exceptionnel :arrêt de la station d'épuration de Boukeroucha ou épidémie).</p>	<p>Malgré que les tendances évolutives inspirent le bien, l'état de la pollution peut dépasser 2000 E.coli/100 ml et ce, à cause de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation des rejets dans les oueds due à l'anthropisation sur les bassins versants et les lits. - L'installation d'une industrie agroalimentaire, sans que ces rejets ne passent par la station d'épuration. <p>Il est nécessaire de prévoir des mesures curatives .</p>

Actions : * Prévoir la construction d'une autre station d'épuration.

* Prévoir la construction d'une station de recyclage.

* Détruire les bidonvilles.

* Mettre en place une canalisation passant obligatoirement par la station d'épuration et pénalisation des récalcitrants.

Tableau n° 10 : Indicateur 7 : capacité de charge :

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
1980 : 24.000 ind./ jour 1995 : 12.000 ind./ jour (ce n'est pas la charge réelle de la plage mais plutôt le nombre de personnes qu'elle peut prendre). 2005 : 12.000 ind./ jour 2015 : 10.000 ind./ jour à 20.000 (étant donné que la surface de la plage diminue et que le nombre de touristes augmente).	Limiter le nombre d'entrées à cette plage. Aménager des accès à la plage de Corso afin de diminuer la pression exercée sur cette plage, et développer d'autres attractions touristiques. Augmenter la capacité de charge après alimentation artificielle afin d'atteindre 12.000 ind./ jour sans surcharge.

Actions : * Aménager un Parc National à Corso.

*Alimenter artificiellement cette plage, de façon à atteindre 30 m de moyenne.

* Fixer des tarifs raisonnables d'accès vers la plage, afin de limiter le nombre d'entrées .

* Mettre en place des ganivelles bordant la plage et les accès avec une canalisation des passages.

Tableau n° 11 : Indicateur 8 : pente de la plage.

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>Augmentation de la pente de l'estran due aux extractions abusives et par conséquent, augmentation de l'énergie des vagues et arrachage des sédiments (12% en 2015). Elle pourra atteindre 20% en 2030. Disparition de la plage et par conséquent, disparition du tourisme.</p>	<p>Interdire toute extraction de sable (estran, arrière- plage, dune..). Interdire toute construction parallèle au rivage. Reprofilage de l'estran, lorsque le budget le permet, afin d'avoir une pente ne dépassant pas 2 %.</p>

Actions : *Application des lois et traités concernant le pillage de sable et les aménagements en zone côtière.

*Concrétisation d'une enveloppe budgétaire pour le reprofilage de l'estran et pour son alimentation artificielle.

Tableau n°12 : Indicateur 9 : coût d'entretien.

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
<p>En moyenne, le budget annuel consacré au bon entretien de la plage est estimé à 0.1 M.DA/ an. La largeur de la plage diminuera et la pollution détritique augmentera.</p>	<p>Ajouter un budget pour la rémunération des agents environnementaux. Obliger les agents d'entretien à faire leur travail en nettoyant la plage quotidiennement. Consacrer un budget pour l'alimentation artificielle et le reprofilage.</p>

Actions : * Nettoyage de la plage et des lits d'oueds chaque week-end par les agents d'entretien et ceux de l'environnement.

* Confier tout aménagement ou étude à des laboratoires spécialisés pour une meilleure gestion et une connaissance approfondie des lieux.

* Influencer sur les indicateurs 3 et 5 car le coût dépend d'eux.

Tableau n°13 : Indicateur 10 : couverture végétale dunaire.

Scénario tendanciel	Scénario alternatif
1980 : couverture forestière très dense 80 % 1995 : 60%. 2005 : 35% . 2015 : 20%.	Protection de l'espace dunaire restant et restauration de la surface détruite. Boisement des lieux (phytostabilisation). Mise en application d'une loi protégeant les dunes bordières. Sensibilisation des gens quant aux risques de la disparition des dunes bordières.

Actions : * Interdire l'accès aux dunes, étant donné qu'elles sont classées zone critiques .(art.29 de la loi n° 02-02).

* Application des pénalités en cas d'infraction.

* Création de sentiers et canalisations de passage pour piétons, afin d'éviter le piétinement.

* Plantation d'espèces fixatrices sur le littoral et application de l'article 31 de la loi n° 02.02 du 05 Février 2002.

* Mise en place de fascines et ganivelles.

*Mise en place de la variante n° 02 (Lahcène et Nahi,1995).

NB : Rappelons nous que l'échelle de la durabilité est la suivante:

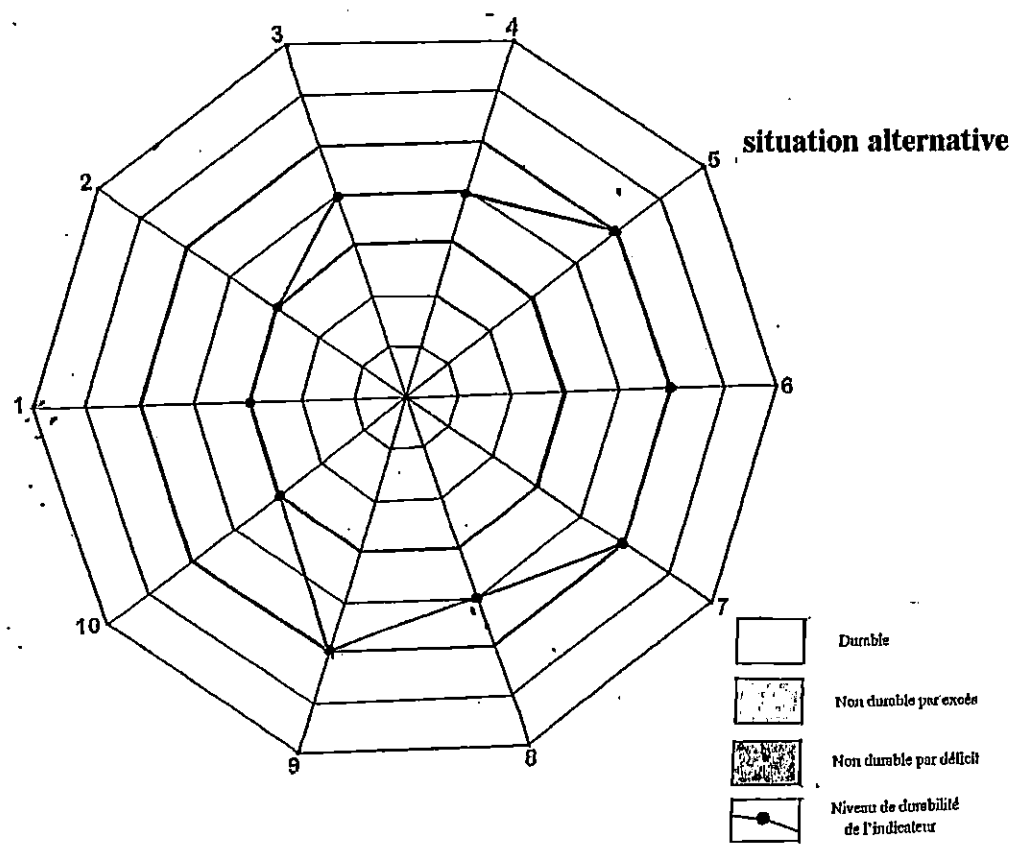
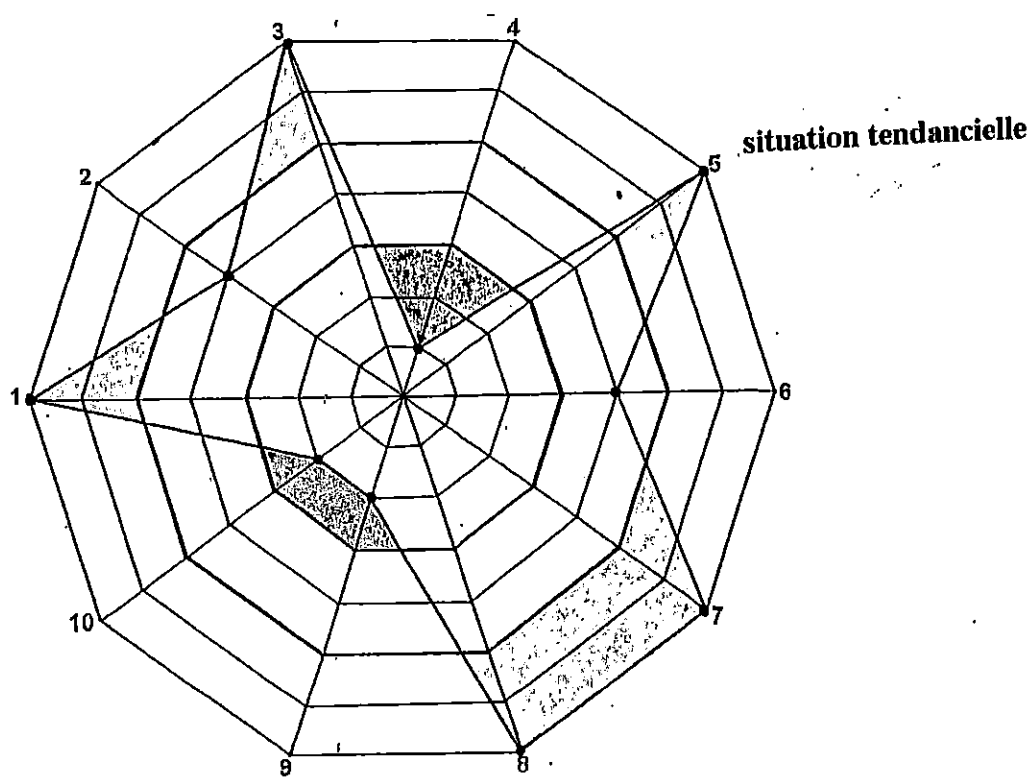
1	Extrêmement non durable par déficit
2	Non durable par déficit
3	Durable (limite inférieure)
4	Durable
5	Durable (limite supérieure)
6	Non durable par excès
7	Extrêmement non durable par excès

Et rappelons nous aussi que le tableau n°14 peut être représenté sous forme graphique : schéma AMOEBA (situation tendancielle et situation alternative).

Tableau n° 14 : Valeurs et correspondances en durabilité pour l'horizon 2015.

Indicateurs			Scénario tendanciel		Scénario alternatif	
N°	Valeurs maximales	Valeurs minimales	Valeurs probables pour 2015	Valeurs sur l'échelle de la durabilité	Valeurs probables pour 2015	Valeurs sur l'échelle de la durabilité
1	15 cm / an	0.5 cm / an	0.5 cm / an	7	0.5 cm / an	3
2	20 %	10%	12 %	4	10 %	3
3	0 m ³ / an	0 m ³ / an	10 m ³ / an	7	0 m ³ / an	4
4	1000 m ³ / an	90 m ³ / an	0.05 m ³ / an	1	100 m ³ / an	4
5	0.2 kg/m ² / jour	0 kg /m ² / jour	1 kg /m ² / jour	7	0.2 kg / m ² / jour	5
6	2000 E. coli /100 ml	< 50 E.coli/100 ml.	500 E.coli/100 ml.	4	2000 E. coli/ 100 ml.	5
7	8000 ind./ jour	4000 ind./ jour	≈15000 ind./ jour	7	12000 ind./ jour	5
8	4 %	1 %	12 %	7	2 %	4
9	2 M. DA	0.5 M. DA / an	0.4 M.DA / an	2	2 M. DA/ an	5
10	75 %	60 %	20 %	2	60 %	3

b/ Schéma AMOEBA des deux situations :







-  Durable
-  Non durable par excès
-  Non durable par déficit
-  Niveau de durabilité de l'indicateur

Figure n°24 : Schéma AMOEBA pour 2015

Conclusion :

Le scénario tendanciel fait état d'un polygone toujours irrégulier avec 50 % des indicateurs non durables par excès et 30 % non durables par déficit, alors que seulement 20 % de ceux -ci se trouvent dans la bande de durabilité.

Par contre, le polygone issu du schéma AMOEBA de la situation alternative est régulier et 100 % des indicateurs sont dans l'aire de durabilité ; c'est une situation idéale qu'il faudrait atteindre. Il ne faut pas oublier que les indicateurs sont en interaction entre-eux et qu'il est préférable de les traiter ensemble que séparément, suite à l'analyse systémique étant donné que c'est un système.

Exemples :

S'il n'avait pas d'extraction, il n'aurait pas d'érosion ;

S'il n'y avait pas d'érosion, il n'y aurait pas d'alimentation artificielle de la plage.

La capacité de charge serait plus grande, la perte plus petite ; le coût d'entretien serait minime et consacré à la pollution.

S'il y'avait pas de pollution, le coût d'entretien serait insignifiant ou consacré au bon développement de cette plage et des ses alentours.

S'il y'avait pas de piétinement, la végétation dunaire serait dense.

La sensibilisation des gens et l'application des lois et traités, sans distinction, sont les premières étapes vers un développement durable et la gestion intégrée de la zone côtière n'incombe pas uniquement aux autorités mais exige la contribution de tout un chacun.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Cette étude a pour but de voir l'évolution de la plage Ouest de Boumerdès durant les vingt-cinq (25) dernières années et la prévoir pour les dix (10) années à venir par :

- Une quête d'informations, de données, de photos actuelles et anciennes du site, en collectant en même temps quelques témoignages.
- Une évaluation de la variation typologique du site de 1980 à 2005, à travers les triangles équilatéraux.
- Une analyse systémique des variables (indicateurs) pour déterminer celles qui agissent sur le système et celles sur lesquelles agit ce dernier, à travers les diagrammes de motricité-dépendance.
- Une analyse prospective des indicateurs-clés pour voir la situation actuelle du site et prévoir celle qu'il pourrait prendre pour 2015, à travers les schémas AMOEBA.

En résumé, le but consiste à voir la situation passée, actuelle et même future du site, en nous basant sur l'évolution de quelques paramètres que compose celui-ci entre le passé et le présent, et en prévoyant de cette façon leurs évolutions futures en dégagant les meilleurs scénarios, ainsi que les indicateurs sur lesquels nous devons agir.

La zone côtière de Boumerdès avait un caractère très naturel et était déclarée zone naturelle (Z.N) par la S.E.C ; ceci a été confirmé par la position typologique du site dans le triangle équilatéral de 1980. D'ailleurs, la végétation (culture, forêt ...) occupait plus de deux tiers ($\frac{2}{3}$) de la surface communale et la plage Ouest avait une largeur moyenne de 60 m entre 1972 et 1980.

La situation s'est dégradée petit à petit avec l'installation d'infrastructures, d'immeubles, et d'écoles lors du passage de la ville de Boumerdès en chef-lieu de wilaya, et aggravée par l'édification de complexes touristiques, d'hôtels, de kiosques multiservices, de parking et surtout la route front de mer après l'inclusion de la zone dans une zone d'extension touristique. Dès que les autorités se sont rendu compte des erreurs qu'elles ont commises (surface végétale en perpétuelle diminution, perte du patrimoine sédimentaire, risque de glissement de terrain ...) elles ont opté pour la mise en place d'ouvrages de protection (mur de soutènement, épis) qui n'ont fait qu'amplifier le phénomène d'érosion de la plage.

A ce moment, la zone côtière présente une forte anthropisation, ce que nous confirme le point sur le triangle équilatéral de 2005; si la situation perdure, il risque de migrer vers une forte altérité, engendrant ainsi des tendances irréversibles.

L'analyse systémique de cette zone nous a permis de mieux voir et comprendre l'interaction qui peut se produire entre les éléments que compose le milieu côtier. Ainsi la pollution, les prélèvements et le taux d'occupation sont les éléments les plus moteurs du système et l'impact de leur évolution se sentira sur la dune avec l'approche de la zone de déferlement et la baisse de l'engraissement, sans pour autant oublier le tourisme. Ceci confirme la forte anthropisation des lieux.

Le schéma AMOEBA de la situation actuelle fait apparaître une zone bien éloignée du seuil de durabilité, avec seulement 20 % des indicateurs-clés se trouvant dans la bande d'équilibre. Par contre, si les choses restent telles qu'elles sont, la situation tendra vers le pire et plus de 80 % des indicateurs seront hors durabilité ; de cette façon, la zone migrera vers une forte altérité.

Mais, si nous gérons cette zone côtière, en intégrant toutes les composantes naturelles et humaines, avec une participation des Autorités et collectivités locales, des ONG, et amoureux de la nature dans son évolution, la situation pour 2015 sera favorable et de plus en plus convaincante. D'ailleurs, tous les indicateurs seront en équilibre dans le schéma AMOEBA de la situation alternative.

A travers cette étude, nous avons pu voir l'évolution de la zone entre le passé et le présent, et la prédire pour le futur avec une connaissance plus approfondie sur les indicateurs les plus influents et les plus influencés.

Afin de remédier à l'élévation du taux d'occupation, une action de reboisement est nécessaire dans les cités urbaines (plantation, parc naturel...) et même au niveau du haut de plage avec l'implantation de ganivelles et de trémis métalliques sur ce qui reste de la dune que nous devons conserver et restaurer. En même temps, nous devons prévenir contre tout type de pollution.

D'abord, nous devons relier tous les réseaux vers la station d'épuration de Boukeroucha avec l'assainissement de tous les lieux insalubres. Ensuite, nous remodèlerons l'aspect esthétique des lieux en les boisant et en y installant des poubelles de diverses couleurs avec une tournure vers le recyclage (verte : verres et tessons, rouge : ordures ménagères, jaune : papiers et plastiques et des grandes bennes pour le fer et les alliages). Enfin, nous ne devons pas oublier de déverser les débris de l'urbanisation et les résultats des démolitions sur les lits d'Oued de façon parallèle, et pourquoi pas d'organiser des campagnes de volontariat, au moins une fois par mois et alimenter artificiellement le site en sédiments, au moins une fois par an.

Ainsi, les jeunes débarrasseront les ordures et procéderont au nettoyage de chaque quartier ou chaque lotissement, à la suite de quoi, les Autorités leur offriront des tee-shirts, par exemple, avec un emblème sur l'environnement.

C'est ainsi que nous devons agir pour que notre zone d'étude évolue durablement, en récupérant de plus en plus de son patrimoine et en attirant de plus en plus de touristes.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

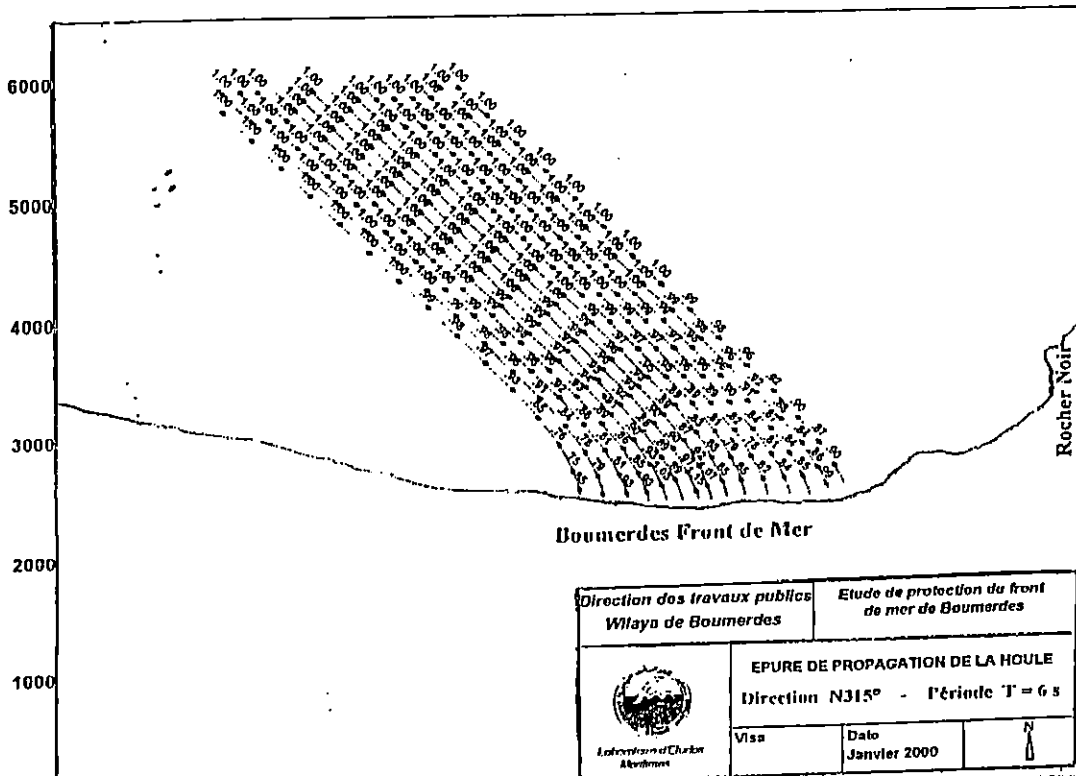
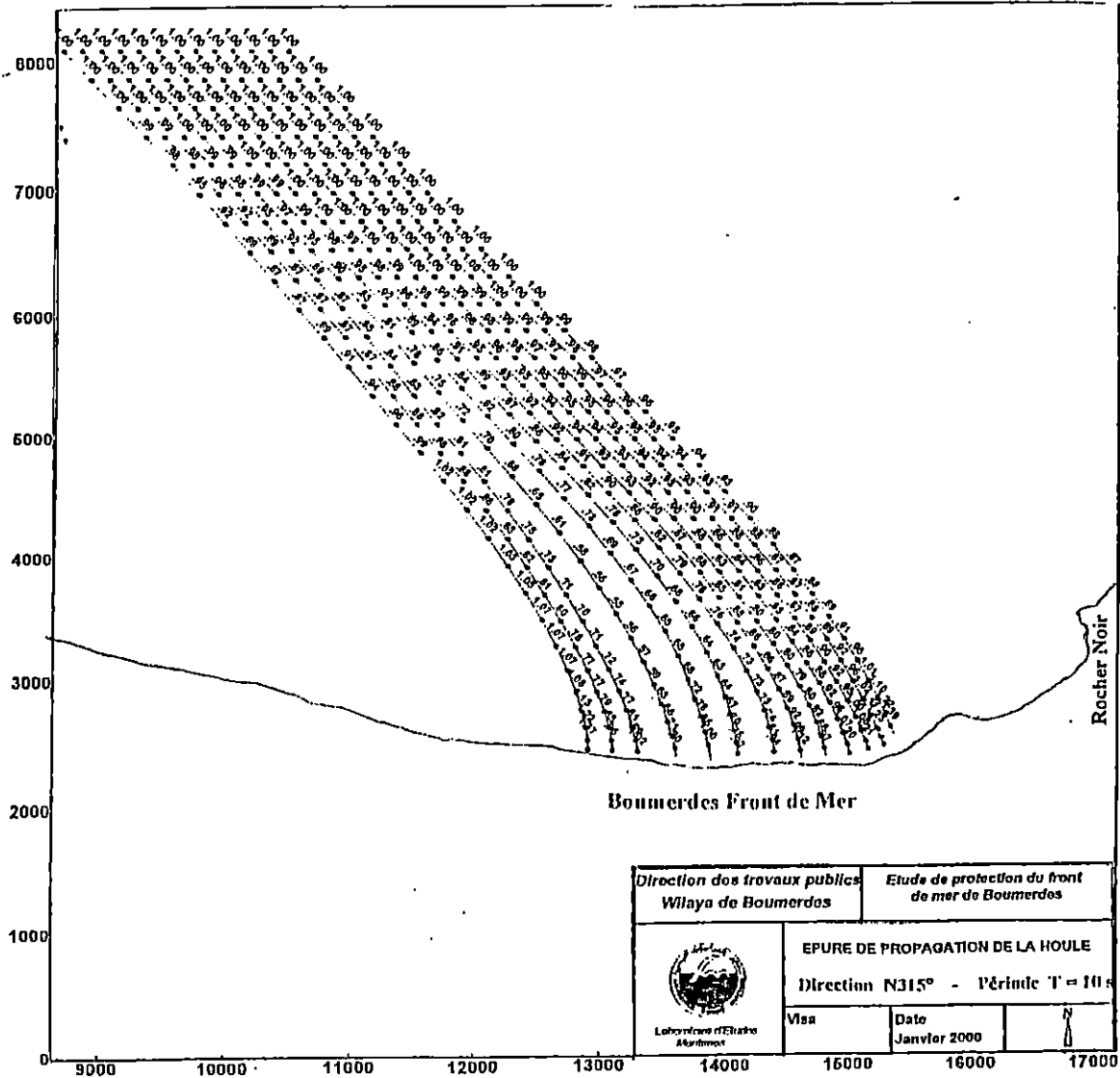
Références bibliographiques :

- BEKTACHE A.**, 1994, Zone côtière de la ville de Boumerdes (Evolution, approche morpho-sédimentaire et perspective d'aménagement), mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection de l'environnement, ISMAL, 86 pages.
- CHABOU S.**, 2004, Contribution à l'analyse de la durabilité du littoral sableux du MAZAFRAN « Plage Colonel Abbas », mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral, ISMAL, pages 42 à 61.
- GODET M.**, 1999, Manuel de prospective stratégique, Edition DUNOD, 360 pages.
- LACOMBE H. et TCHERNIA P.**, 1972, Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée, Edition Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa, pages 25 à 36.
- LAHCENE S. et NAHI O.**, 1995, Protection de la plage Ouest de Boumerdes (Aménagement de la dune bordière et propositions de réoccupation du site), mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection de l'environnement, ISMAL, 92 pages.
- LARID M.**, 1992, Cours d'Aménagement du Littoral I, ISMAL, Département de géologie marine et de l'aménagement du littoral, pages 152 à 156.
- LARID M.**, 2002, Le recul des Plages en Algérie : problèmes et perspectives, CIESM Workshop Série n° 18 ; Erosion littorale en Méditerranée Occidentale « Dynamique, diagnostic et remèdes », Tanger 18-21 Septembre 2002, Maroc, pages 53 à 57.
- LARID M.**, 2004, Analyse de la durabilité dans le cadre du Programme d'Aménagement Côtier (PAC) « Zone côtière Algéroise », Résumé de la phase 1-Diagnostic, 09 pages.
- L.E.M.**, 1999, Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral algérien (1^{ère} tranche), Etude sédimentologique par province (mission 5), Boumerdès, 60 pages.
- L.E.M.**, 1999, Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral algérien (1^{ère} tranche) Rapport de synthèse (mission 6) Boumerdès, pages 6 et 47

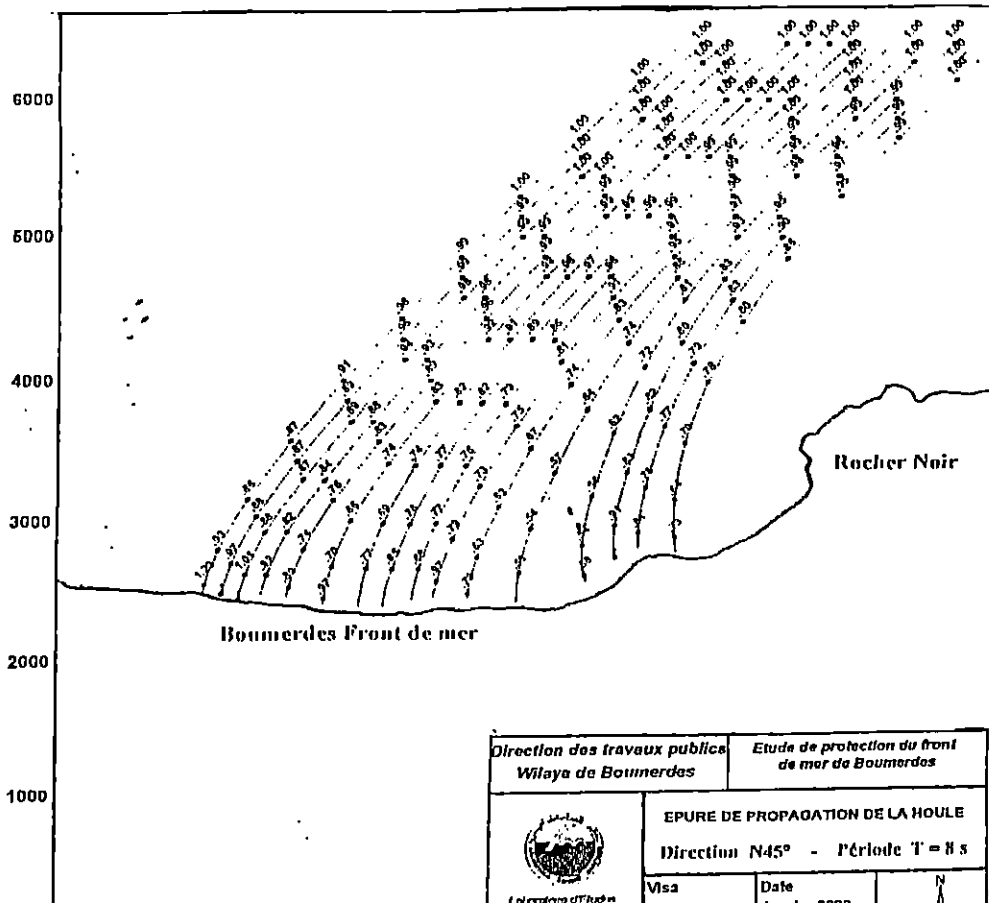
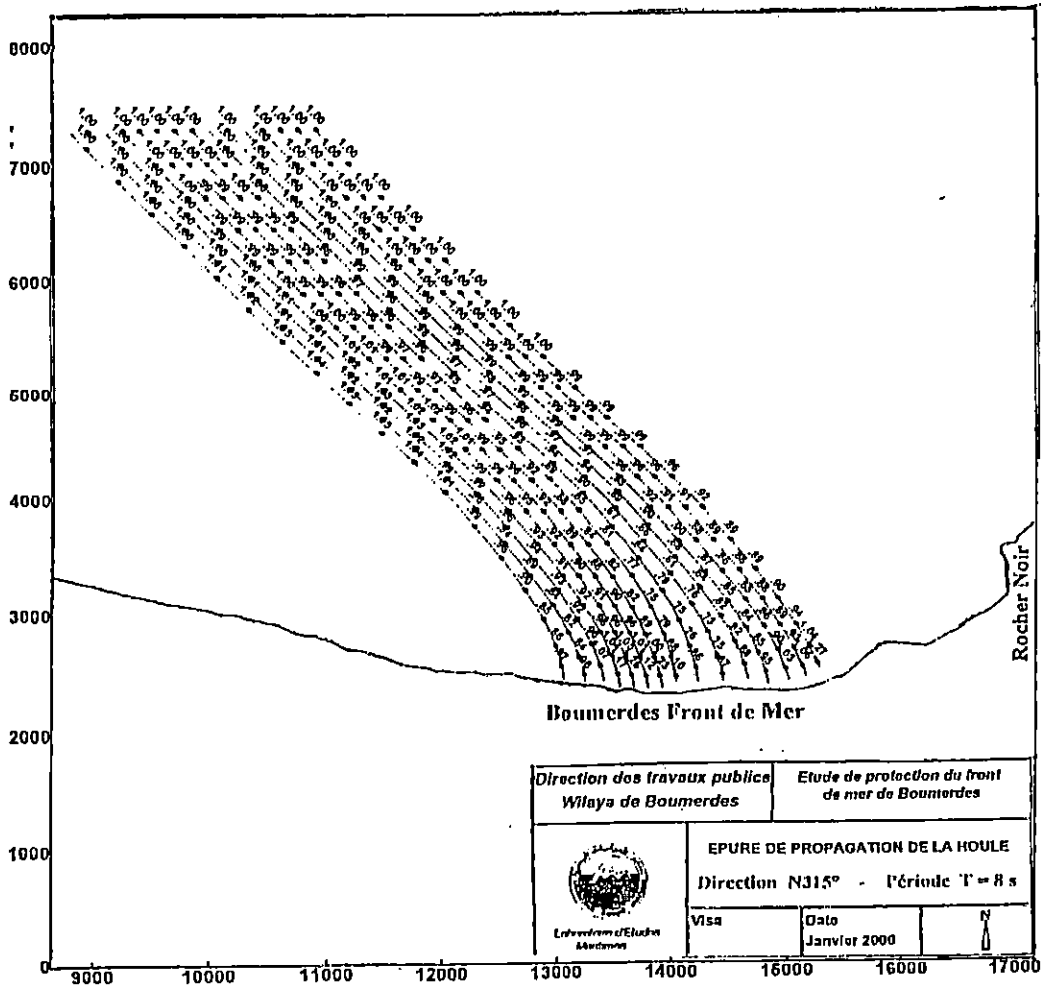
- Le Petit LAROUSSE illustré** , 1998, Le Petit LAROUSSE compact en couleur, Edition entièrement nouvelle, LAROUSSE, Paris, page 984.
- MEZOUAR K.**, 2004, Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire de la plage Ouest de Boumerdès, mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du Littoral, ISMAL, 67 pages.
- MILLOT C.**, 1987, Circulation in the western Mediterranean sea, Oceanologica Acte, volume 10, n° 02, pages 143 à 149.
- MIOSSEC A.**, 1998, Les littoraux entre nature et aménagement, Edition SEDES, 2^{ème} édition Campus Géographie, Nantes, 191 pages.
- OUACIF D.**, 1995, Evolution et perspectives de protection de la falaise Ouest de Boumerdes, mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection de l'environnement, ISMAL, 76 pages.
- OUAZAR L.**, 2004, contribution à l'analyse systémique d'un littoral sableux : le cas de « la plage du MAZAFRAN » (Ouest d'Alger), mémoire d'Ingénieur d'Etat en Aménagement du littoral et protection de l'environnement, ISMAL, pages 67 à 90.
- PASKOFF R.**, 1984, Erosion et protection des plages, une nouvelle approche, in « L'hydraulique et la maîtrise du littoral », Rapport III.7, Marseille.
- PASKOFF R.**, 1998, Les littoraux, Impacts des aménagements sur leur évolution, Edition ARMAND COLIN / MASSON, Paris, 260 pages.
- PINOT J.P.**, 1997, Levés topographiques en bord de mer, Oceanis, documents océanographiques, volume 23-2, Institut océanographique Edition, Paris, pages 153 à 265.
- PIRAZZOLI P.A.**, 1997, Les littoraux – leur évolution- Collection Géographie d'aujourd'hui, Edition NATHAN, 189 pages.

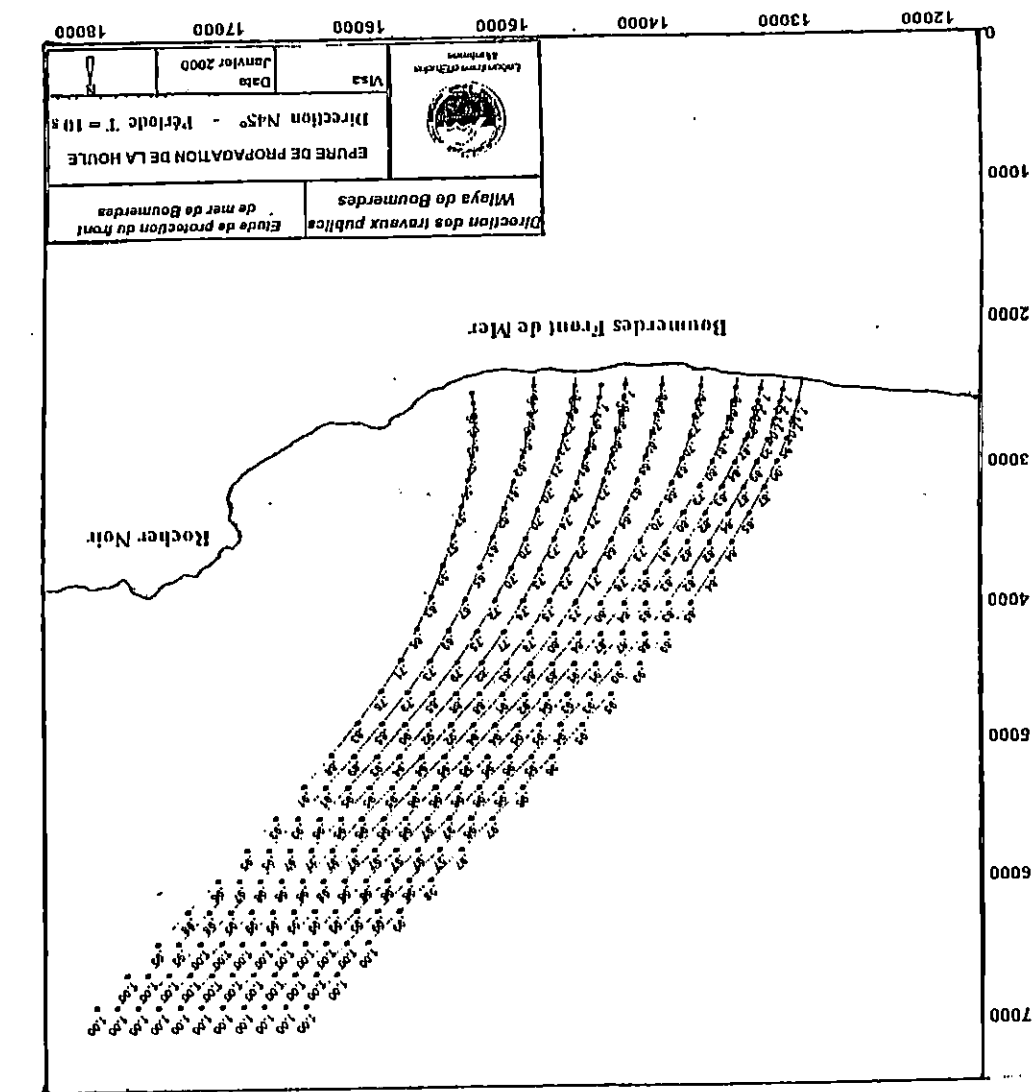
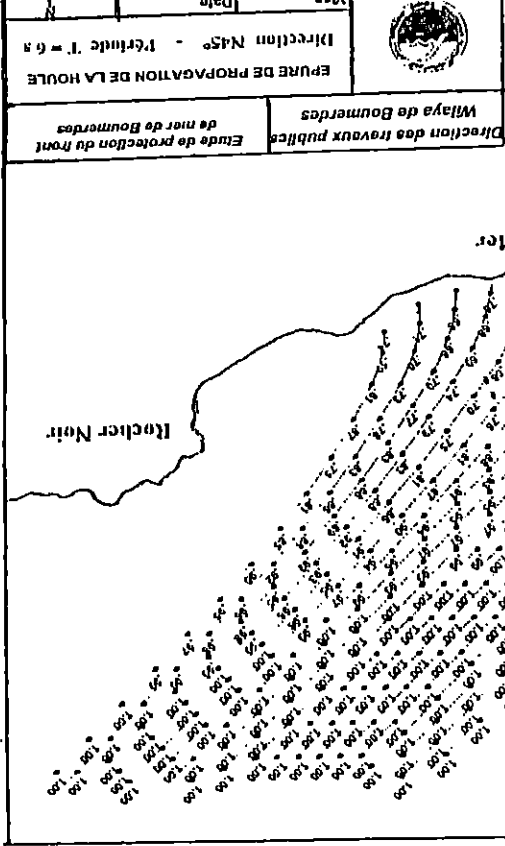
ANNEXES

Annexe :

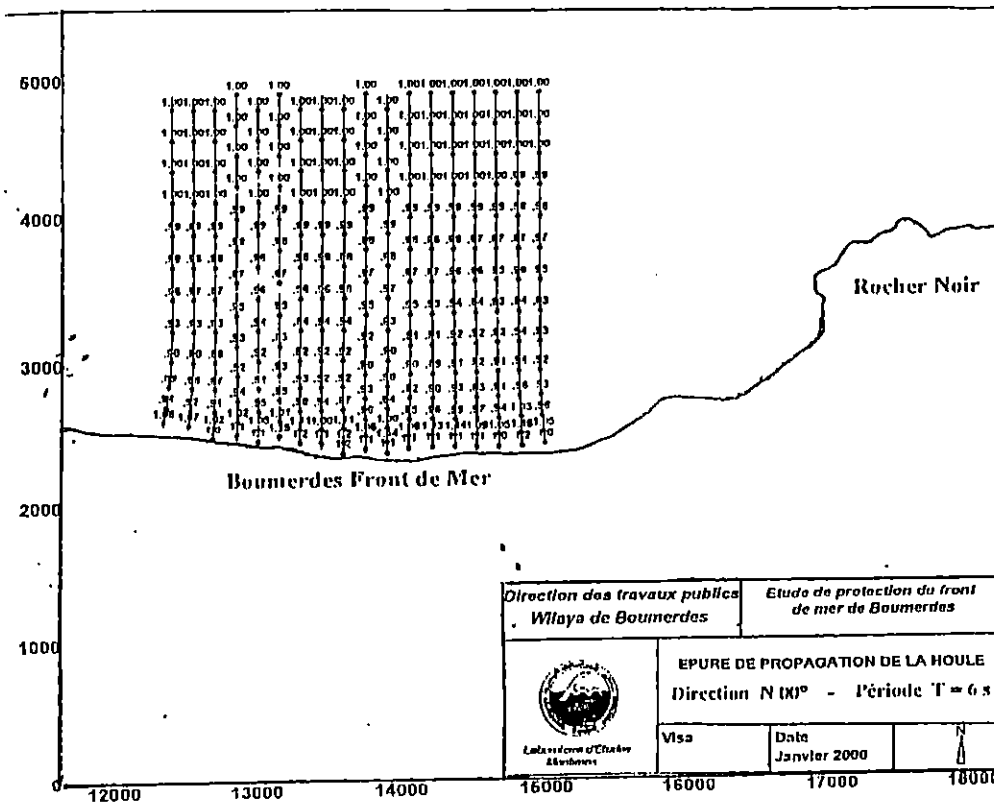
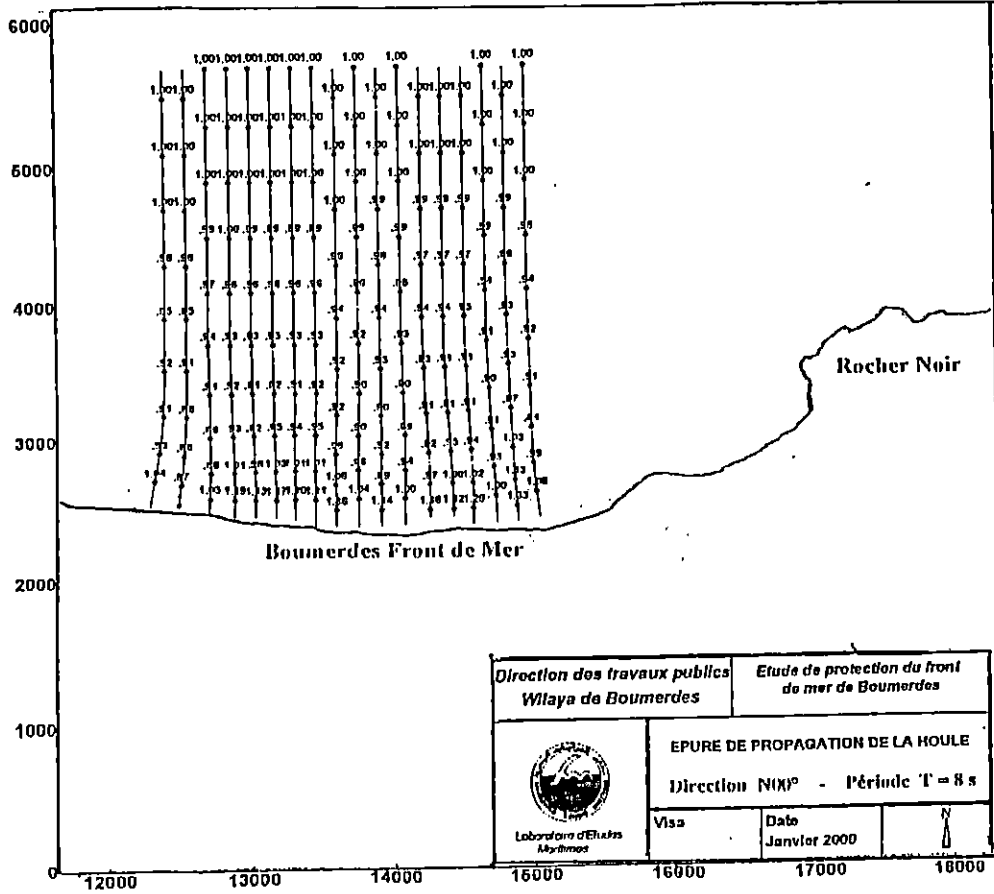


Annexe :

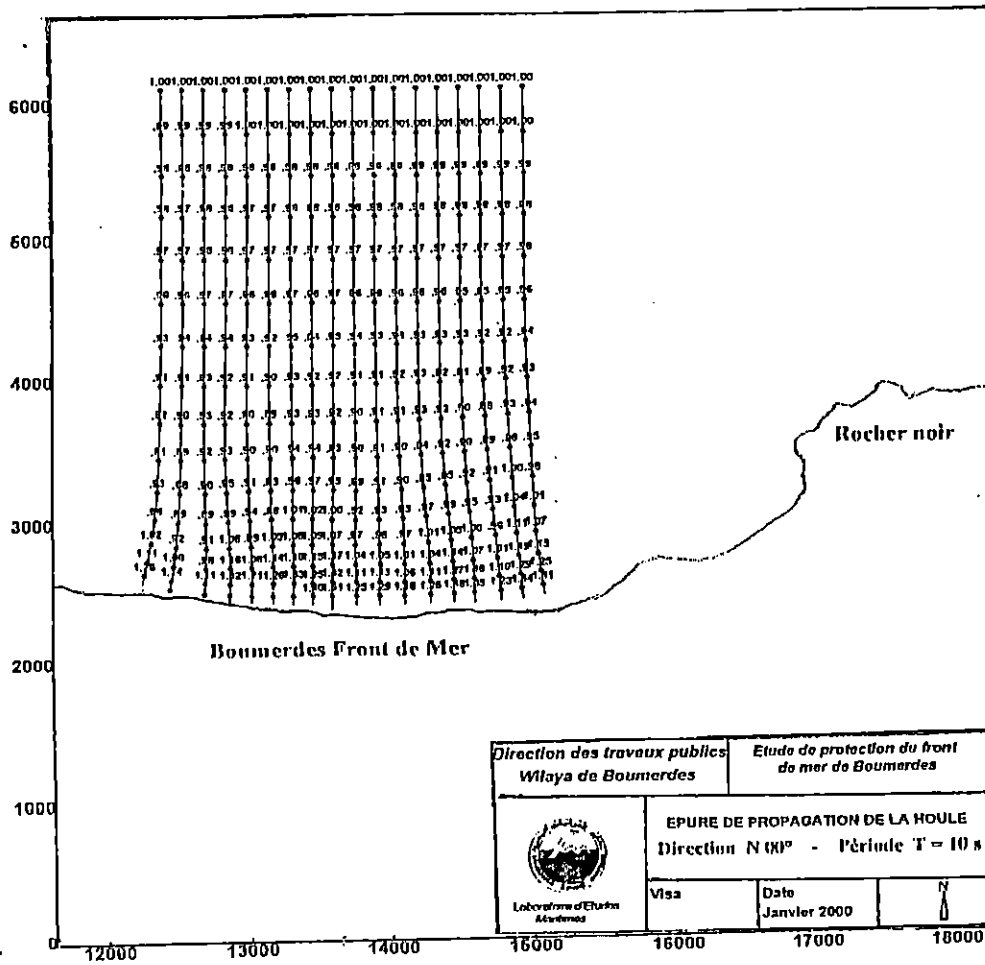




Annexe :



Annexe :



LOIS

Loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral

Le Président de la République,

Vu la Constitution et notamment ses articles 122 et 126;

Vu l'ordonnance n° 66-62 du 26 mars 1966 relative aux zones et aux sites touristiques;

Vu l'ordonnance n° 66-155 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code de procédure pénale;

Vu l'ordonnance n° 66-156 du 8 juin 1966, modifiée et complétée, portant code pénal;

Vu l'ordonnance n° 73-12 du 3 avril 1973, modifiée et complétée, portant création du service national des gardes côtes;

Vu l'ordonnance n° 76-80 du 23 octobre 1976 portant code maritime, modifiée et complétée par la loi n° 98-05 du Aouel Rabié El Aouel 1419 correspondant au 25 juin 1998;

Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement;

Vu la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, modifiée et complétée, portant code des eaux;

Vu la loi n° 84-12 du 23 juillet 1984, modifiée et complétée, portant régime général des forêts;

Vu la loi n° 84-17 du 7 juillet 1984, modifiée et complétée, relative aux lois de finances;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, relative à la commune;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya;

Vu la loi n° 90-17 du 31 juillet 1990, modifiant et complétant la loi n° 85-05 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé;

Vu la loi n° 90-25 du 18 novembre 1990, modifiée et complétée, portant orientation foncière;

Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme;

Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale;

Vu la loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel;

Vu la loi n° 01-11 du 11 Rabié Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 relative à la pêche et à l'aquaculture;

Vu la loi n° 01-20 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire;

Après adoption par le Parlement,

Pronulgue la loi dont la teneur suit :

DISPOSITION PRELIMINAIRE

Article 1er. — La présente loi a pour objet de fixer les dispositions particulières relatives à la protection et à la valorisation du littoral.

TITRE I

DEFINITIONS

Art. 2. — Au sens de la présente loi, on entend par :

— **cordon dunaire côtier** : une langue de sable formée (dans un golfe ou une baie) de débris déposés par un courant côtier et sur laquelle peut se développer une végétation spécifique.

— **dune** : une butte ou colline de sable fin formée sur la zone côtière.

— **endiguement** : l'action de contenir les eaux de mer au moyen de longues constructions.

— **enrochement** : l'ensemble de roches ou de blocs de béton que l'on entasse sur un sol submergé pour servir de fondation ou de protection à des ouvrages immergés.

— **formation côtière** : une couche de terrain d'origine définie et sur laquelle se développe un ensemble d'espèces végétales présentant un faciès analogue.

— **isobathe** : des points d'égale profondeur en mer.

— **lande** : une étendue de terre où ne croissent que certaines plantes sauvages telles que bruyère, ajoncs, genêts ou toute autre variété similaire.

— **lido** : une lagune derrière un cordon littoral.

— **marais** : une nappe d'eau stagnante peu profonde recouvrant un terrain partiellement envahi par la végétation.

— **off-shore** : toute activité se situant sur la mer, loin du rivage.

— **remblaiement** : l'action de colmatage par alluvionnement.

— **rivage naturel** : zone couverte et découverte par les plus hautes et les plus basses eaux, les dunes et bandes littorales, les plages et lidos, les côtes rocheuses et les falaises, les plans d'eaux côtiers en communication en surface avec la mer et les parties naturelles des embouchures.

— **vasière** : endroit à fond vaseux.

• Art. 14. — Sont réglementées, les constructions et les occupations du sol liées directement aux fonctions des activités économiques autorisées par les instruments d'aménagement et d'urbanisme sur la bande littorale comprise dans une superficie de trois (3) kilomètres à partir des plus hautes eaux maritimes.

Les conditions et les modalités de ces constructions et le taux d'occupation du sol sont fixées par voie réglementaire.

• Art. 15. — Toute implantation d'activité industrielle nouvelle est interdite sur le littoral tel que défini à l'article 7 ci-dessus.

Sont exclues de la présente disposition, les activités industrielles et portuaires d'importance nationale prévues par les instruments d'aménagement du territoire.

Les conditions et les modalités de transfert d'installations industrielles au sens de l'article 4 alinéa 3° ci-dessus, sont fixées par voie réglementaire.

• Art. 16. — Les réseaux routiers et les voies carrossables d'accès au rivage sont réalisés conformément aux dispositions ci-dessous :

1 — sont interdites les voies carrossables nouvelles parallèles au rivage dans la limite d'une bande de huit cents (800) mètres;

2 — sont interdites, les voies carrossables nouvelles sur les dunes littorales, les cordons dunaires côtiers et les parties supérieures des plages;

3 — sont interdites les routes de transit parallèles au rivage réalisées sur une distance de plus de trois (3) kilomètres au moins à partir des plus hautes eaux maritimes.

Toutefois, en raison de contraintes topographiques de configuration des lieux ou de besoins des activités exigeant la proximité immédiate de la mer, il peut être fait exception aux alinéas (1) et (2) ci-dessus.

L'exception prévue ci-dessus est précisée par voie réglementaire.

Section II

Dispositions particulières relatives aux zones côtières

• Art. 17. — Est régie par voie réglementaire, toute occupation des parties naturelles bordant les plages et participant au maintien de leur dynamique et de leur équilibre sédimentaire, ainsi que celle des dunes bordières et des cordons sableux des parties hautes des plages non atteints par les hautes mers.

Les services compétents prennent toutes les mesures nécessaires pour réhabiliter et/ou pour préserver le haut des plages et les cordons sableux bordiers, notamment contre le piétinement ou toute autre forme de surféquentation ou d'utilisation abusive.

Les modalités d'application du présent article sont fixées par voie réglementaire.

• Art. 18. — Sans préjudice des dispositions légales en vigueur en matière de servitudes de *non-aedificandi* et sous réserve du cas des activités et des services pour lesquels la proximité immédiate de la mer est une nécessité, ces servitudes peuvent être portées à trois cents (300) mètres pour des motifs liés au caractère sensible du milieu côtier.

Les conditions et les modalités d'extension de la zone objet de *non-aedificandi* et d'autorisation des activités permises sont fixées par voie réglementaire.

• Art. 19. — Les actions d'endiguement, d'enrochement et de remblaiement ne sont pas autorisées quand elles portent atteinte à l'état naturel du rivage, sauf quand elles sont justifiées par des installations liées à l'exercice d'un service public dont la localisation en bord de mer est nécessaire ou en raison d'impératif de protection de la zone concernée.

• Art. 20. — Sans préjudice des dispositions de la loi n° 01-11 du 11 Rabie Ethani 1422 correspondant au 3 juillet 2001 sus-visée, les autorisations d'extraction de matériaux et notamment de granulats sur le rivage et ses dépendances sont soumises à étude d'impact sur l'environnement, y compris dans les parties naturelles des zones d'embouchure et les lits des cours d'eaux proches des rivages.

Les extractions de matériaux visées à l'alinéa précédent, à l'exception des travaux de désenvasement et de désensablement des ports sont formellement interdites lorsqu'elles concernent :

1 — les zones adjacentes aux plages, lorsqu'elles participent à leur équilibre sédimentaire;

2 — les plages;

3 — les dunes littorales, lorsque leur équilibre ou leur patrimoine sédimentaire est menacé.

• Art. 21. — L'extraction de matériaux sous marins en off-shore est interdite jusqu'à la limite de l'isobathe des vingt cinq (25) mètres.

En cas de nécessité liée à la nature des fonds concernés ou des particularités liées aux écosystèmes qu'ils abritent, les zones concernées peuvent être étendues par voie réglementaire.

Les activités industrielles en off-shore sont déterminées par voie réglementaire.

• Art. 22. — Les agglomérations de la zone côtière de plus de cent mille habitants (100.000) doivent disposer d'une station d'épuration des eaux usées.

Les agglomérations de moins de cent mille habitants (100.000) doivent disposer de procédés et de systèmes d'épuration des eaux usées.

Art. 23. — La circulation et le stationnement des véhicules automobiles sur le rivage naturel sont interdits.

Sont autorisés à circuler, en cas de besoin, les véhicules des services de sécurité, de secours ou de nettoyage et d'entretien des plages.

TITRE II INSTRUMENTS DE MISE EN ŒUVRE

Chapitre I

Instruments de gestion du littoral

Art. 24. — Il est créé un organisme public dénommé commissariat national du littoral chargé de veiller à la mise en oeuvre de la politique nationale de la protection et de la mise en valeur du littoral en général et de la zone côtière en particulier.

Cet organisme a pour mission notamment d'établir un inventaire complet des zones côtières, tant en ce qui concerne les établissements humains que les espaces naturels. Une attention particulière sera portée aux régions insulaires.

L'organisation, le fonctionnement et les missions de cet organisme sont définis par voie réglementaire.

Art. 25. — L'inventaire visé à l'article 24 ci-dessus servira de base à l'élaboration :

1 - d'un système global d'information fondé sur des critères d'évaluation permettant un suivi permanent de l'évolution du littoral et l'élaboration d'un rapport sur l'état du littoral publié tous les deux ans;

2 - d'une cartographie des zones côtières comportant notamment une cartographie environnementale et une cartographie foncière.

Art. 26. — Dans les communes riveraines de la mer et afin de protéger des espaces côtiers, notamment les plus sensibles, il est institué un plan d'aménagement et de gestion de la zone côtière dénommé plan d'aménagement côtier qui comporte l'ensemble des dispositions fixées par les lois et règlements en vigueur et celles de la présente loi.

Les conditions d'élaboration du plan d'aménagement côtier, son contenu et les modalités de sa mise en oeuvre sont fixés par voie réglementaire.

Art. 27. — La qualité des eaux de baignade fait l'objet d'analyses périodiques et régulières conformément à la réglementation en vigueur. Les résultats des analyses doivent faire l'objet d'une information régulière des usagers.

Art. 28. — Un contrôle de tous les rejets urbains, industriels et agricoles susceptibles de dégrader ou polluer le milieu marin doit être effectué régulièrement. Les résultats qui en découlent sont portés à la connaissance du public.

Art. 29. — Les dunes font l'objet d'un classement en zones critiques ou en aires protégées. L'accès pourra y être interdit et des actions spécifiques de stabilisation du sol sont entreprises en recourant à des méthodes biologiques pour préserver le couvert forestier ou herbacé.

Art. 30. — Les parties des zones côtières où les sols et la ligne côtière sont fragiles ou menacés d'érosion, sont classées en zones critiques. L'accès pourra y être interdit et des actions seront entreprises pour assurer leur stabilisation.

Les constructions, ouvrages, routes, parkings et aménagements de loisirs sont interdits dans ces zones critiques.

Art. 31. — Les espaces boisés de la zone côtière sont classés afin d'empêcher leur destruction et de garantir leur rôle de stabilisation des sols.

Les coupes et arrachages des espèces végétales contribuant à la stabilisation des sols sont interdits.

Cependant, dans certaines circonstances pouvant être utiles à l'environnement et dans l'intérêt des objectifs de la conservation de la nature, les coupes et le déracinement peuvent être justifiés comme une forme dynamique de gestion.

Art. 32. — Les marais, les vasières et les zones humides sont protégés et ne peuvent faire l'objet d'un changement d'affectation à moins que celui-ci soit d'intérêt environnemental.

S'ils représentent un espace revêtant un intérêt environnemental, ils doivent faire l'objet d'un classement en aire protégée.

Chapitre II

Instruments d'intervention sur le littoral

Art. 33. — En cas de pollution sur le littoral ou les zones côtières ou dans les autres cas de pollution marine nécessitant une intervention d'urgence, des plans d'aménagement sont institués à cet effet.

Les modalités de définition des plans d'intervention d'urgence, leur contenu et leur déclenchement ainsi que la coordination entre les différentes autorités intervenant dans leur mise en oeuvre sont précisés par voie réglementaire.

Art. 34. — Dans les zones littorales ou côtières sensibles ou exposées à des risques environnementaux particuliers et afin de mobiliser l'ensemble des moyens requis, il est institué un conseil de coordination côtière.

La composition et le fonctionnement de ce conseil sont fixés par voie réglementaire.

Art. 35. — Il est institué un fonds pour financer la mise en œuvre des mesures de protection du littoral et des zones côtières.

Les ressources de ce fonds ainsi que les modalités de leur affectation sont fixées par la loi de finances.

Art. 36. — Des mesures d'incitation économique et fiscale favorisant l'application de technologies non polluantes et d'autres moyens compatibles avec l'internalisation des coûts écologiques, sont institués dans le cadre de la politique nationale de gestion intégrée et de développement durable du littoral et des zones côtières.

TITRE III

DISPOSITIONS PENALES

Art. 37. — Sont habilités à procéder à la recherche et à la constatation des infractions aux dispositions de la présente loi et aux textes pris pour son application :

— les officiers et agents de police judiciaire ainsi que les corps de contrôle régis par le code de procédure pénale ;

— les inspecteurs de l'environnement.

Art. 38. — Les infractions aux dispositions de la présente loi et aux textes pris pour son application, sont constatées par des procès-verbaux qui font foi jusqu'à preuve du contraire.

Les procès-verbaux sont, sous peine de nullité, transmis dans un délai de cinq (5) jours au procureur de la République territorialement compétent, par l'agent verbalisateur qui en adresse copie à l'autorité administrative compétente.

Art. 39. — Est puni d'un emprisonnement de trois (3) mois à un (1) an et d'une amende de cent mille dinars (100.000) à trois cent mille dinars (300.000) ou de l'une de ces deux peines, quiconque contrevient aux dispositions de l'article 15 de la présente loi.

En cas de récidive, les peines visées à l'alinéa précédent sont portées au double.

La juridiction compétente peut prononcer la confiscation des instruments, matériels et engins ayant servi à commettre l'infraction.

Art. 40. — Est puni d'un emprisonnement de six (6) mois à deux (2) ans et d'une amende de deux cent mille dinars (200.000) à deux millions de dinars (2.000.000) ou de l'une de ces deux peines, quiconque contrevient aux dispositions de l'article 20 ci-dessus.

En cas de récidive, les peines visées à l'alinéa précédent sont portées au double.

La juridiction compétente peut prononcer la confiscation des instruments, matériels et engins ayant servi à commettre l'infraction.

Art. 41. — Toute infraction aux dispositions de l'article 21 alinéa 1er ci-dessus est passible d'un emprisonnement de trois (3) mois à un (1) an et d'une amende de cent mille dinars (100.000) à trois cent mille dinars (300.000) ou de l'une de ces deux peines.

Toute infraction aux dispositions de l'article 21 alinéa 2 ci-dessus est passible d'un emprisonnement d'un (1) an à deux (2) ans et d'une amende de cinq cent mille dinars (500.000) à un million de dinars (1.000.000) ou de l'une de ces deux peines.

En cas de récidive, les peines visées aux alinéas 1er et 2 du présent article sont portées au double.

La juridiction compétente peut prononcer la confiscation des instruments, matériels et engins ayant servi à commettre l'infraction.

Art. 42. — Toute infraction aux dispositions de l'article 23 de la présente loi est passible d'une amende de deux mille dinars (2.000).

Art. 43. — Toute infraction aux dispositions de l'article 30 alinéa 2 de la présente loi est passible d'un emprisonnement de six (6) mois à un (1) an et d'une amende de cent mille dinars (100.000) à cinq cent mille dinars (500.000) ou de l'une de ces deux peines.

En cas de récidive, les peines visées à l'alinéa précédent sont portées au double.

Art. 44. — Sur requête de l'autorité administrative compétente, le juge peut ordonner toute mesure nécessaire pour éviter, réduire ou remédier à un danger, une nuisance ou un inconvénient consécutifs aux infractions aux obligations prescrites par la présente loi.

Art. 45. — Pour les infractions prévues aux articles 39, 40, 41 et 43 ci-dessus, la juridiction compétente ordonne aux frais du condamné, soit la remise en état des lieux, soit l'exécution des travaux d'aménagement, conformément aux dispositions prévues par la présente loi.

DISPOSITION FINALE

Art. 46. — La présente loi sera publiée au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002.

Abdelaziz BOUTEFLIKA.