

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهئية الساحل

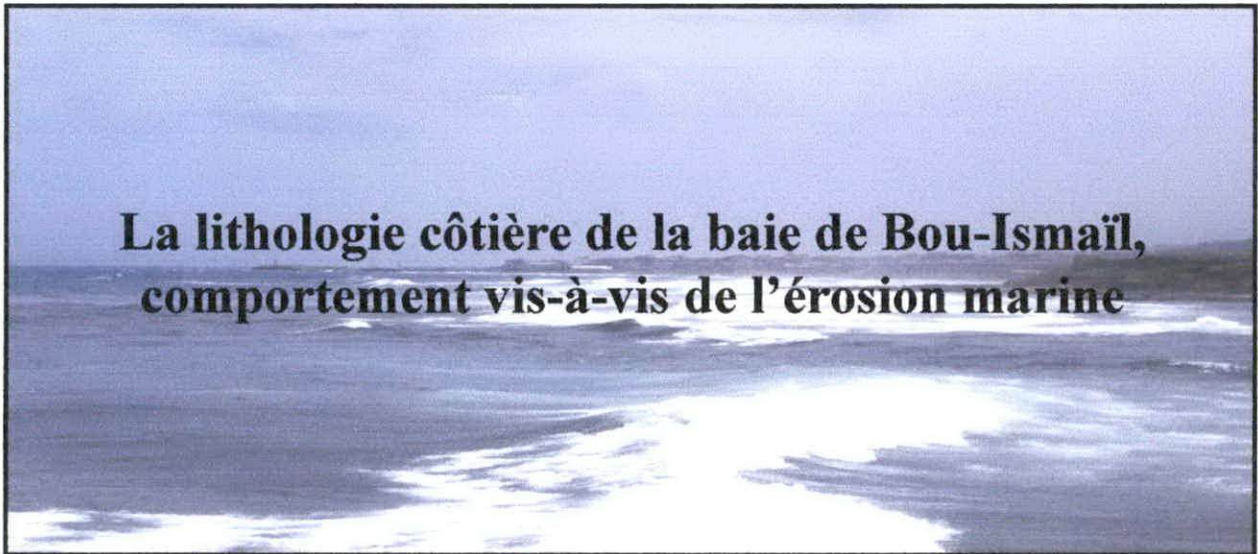
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire :

*En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en sciences de la mer
Option : Aménagement du littoral.*

Thème :



**La lithologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl,
comportement vis-à-vis de l'érosion marine**

Présenté par :

Mr. BELHAINE Khaled
Mr. BOUDERBALA Aimad
Mr. FENINECHE Hamza

Soutenu devant le jury :

- Mr. SEFIANE. O	Chargé de cours (ISMAL)	Président
- M ^{elle} . FEZAA. N	Chargé de cours (ISMAL)	Promotrice
- Mr. BELKESSA. R	Maître de conférence (ISMAL)	Co-promoteur
- Mme. BACHARI. F	Maître de conférences (ISMAL)	Examinatrice
- Mr. HAMDANE. Y	Docteur (Université de Dunkerque)	Examineur

Promotion 2006-2007

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons vivement à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

Tous d'abord nous tenons à remercier M^{lle} FEZJA. N et M^r BELKASSA. R. qui ont été la promotrice et le co-promoteur de cette étude, ils ont accepté de diriger ce travail dès nos premières discussions en géologie et géomorphologie littorale. Ils nous ont aidé en nous accordant une grande confiance dans la démarche de notre travail, sans oublier leurs regards pertinents et leurs critiques constructives. Ce travail n'existerait pas sans leurs aides et leurs bienveillances.

Nos gratitudees vont également aux membres de jury :

Monsieur SOFIANE O, nous faisons un grand honneur de présider le jury.
Monsieur HAMDI Y, d'avoir accepté examiner ce travail.
Madame BACHARI F, d'avoir accepté examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants de l'ISMAJL.

SOMMAIRE

Remerciements

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I. Généralités

I.1. Situation géographique.....	1
I.2. Les données climatiques.....	2
I.2.1. Les précipitations.....	2
I.2.2. Les températures.....	3
I.2.3. Le vent.....	3
I.3. Données hydrodynamiques marines.....	4
I.3.1. Les courants.....	4
I.3.2. La houle.....	5

Chapitre II. Cadre géologique et topographique

II.1. Les grands ensembles morfo-structaux des régions d'Alger et Tipaza	8
II.1.1. Le massif de la Bouzaréah.....	8
II.1.2. Le massif de Chenoua.....	8
II.1.3. Le Sahel d'Alger	8
II.1.4. la plaine de la Mitidja.....	8
II.2. Géologie régionale.....	8
II.3. Géologie locale.....	9
II.3.1. Le massif de Bouzaréah.....	9
II.3.2. Le Sahel.....	9
II.3.2.1. Le pliocène.....	9
a) Le Plaisancien.....	9
b) L'Astien.....	9
II.3.2.2. Le quaternaire.....	10
a) Le Calabrien.....	10
b) Le Sicilien.....	10
c) Le Tyrrhénien.....	11
II.3.3. Massif de Chenoua.....	12
II.3.4. Sédimentologie sous marine.....	14
II.4. Erosion différentielle.....	14
II.5. Analyse topographique.....	14
II.5.1. Analyse des reliefs.....	15
1. Massif de la Bouzaréah.....	15
2. La baie de Bou-Ismaïl (le Sahel).....	15
3. Massif de Chenoua.....	16

II.5.2. Réseaux hydrographique.....	16
a. Oued Beni Messous.....	17
b. Oued Mazafran.....	17
c. Oued Nador.....	18

Chapitre III. Lithologie et érosion

III.1. Découpage des cartes.....	19
III.2. Réalisation des cartes lithologiques.....	19
III.3. Réalisation des cartes des pentes.....	19
III.4. Réalisation des cartes de longueur d'onde de la houle.....	20
III.5. Commentaire des cartes.....	22
III.5.1. Zone « A » de Chéraga.....	22
III.5.2. Zone « B » de Chéraga.....	25
III.5.3. Zone « A » de Koléa.....	28
III.5.4. Zone « B » de Koléa.....	31
III.5.5. Zone « A » de Tipaza.....	34
III.5.6. Zone « B » de Tipaza.....	37
III.5.7. Zone « C » de Tipaza.....	40
III.5.8. Zone « D » de Tipaza.....	43
III.5.9. Zone « E » de Tipaza.....	46
III.5.10. Zone « E » de Tipaza.....	49

Chapitre IV. Lutte contre l'érosion marine

IV.1. Lutte contre l'érosion des falaises.....	52
IV.2. Lutte contre l'érosion des plages.....	52
IV.2.1. Système de défense lourd.....	52
IV.2.2. Système de défense léger.....	53
IV.2.3. Système de défense avec les géotubes.....	54

CONCLUSION GENERALE

Références bibliographiques

Listes des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

Annexe

Introduction générale

La régression des côtes, est un phénomène quasi général. Le littoral Algérien n'échappe pas, bien au contraire, le recul du trait de côte dû au phénomène d'élévation du niveau de la mer et l'intervention de l'homme (exploitation des sédiments, pollution...).

Dans les zones côtières l'érosion marine constitue la dernière phase de tout un processus soit au niveau marin ou sur le bassin versant.

Les différentes actions sont multiples à savoir :

- L'érosion continentale et la surexploitation des sédiments fluviaux et marins
- Impact de la pollution sur la flore marine qui joue un rôle dans la variation des profondeurs.
- Les impacts des actions mécaniques des houles sur le littoral.

Il est évident que l'action des houles ne peut affecter que les roches tendres. Les roches dures restent entaillées. C'est ainsi qu'on retrouve une morphologie très variée à cause de l'érosion différentielle exercée par la houle sur les différents roches du littoral.

L'objectif de notre étude est de déterminer le comportement de la lithologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl vis-à-vis de l'érosion marine.

Notre étude s'articule autour de trois parties :

- La première partie consacrée à l'étude des grands traits géologiques de la région étudiée afin de faire ressortir la diversité lithologique des roches qui affleurent dans la zone d'étude et de préciser leurs relations avec la topographie. Ceci par l'analyse des cartes géologiques et topographiques détaillées au 1/50000 qui couvre la zone d'étude. Il s'agit des feuilles Tipaza, Koléa et Chéraga. Cette étude a été complétée par une synthèse bibliographique.

Dans cette partie nous avons recueilli des données de bases à savoir les données climatiques, données hydrodynamiques qui contribue à l'érosion côtière.

- La deuxième partie est consacrée à la réalisation et comparaison des cartes lithologiques, des pentes et des longueurs d'ondes de la houle pour les mêmes portions littorales faisant partie de notre région d'étude. Ceci afin de faire ressortir les relations et le rôle de ces trois paramètres parfaitement liés et dont l'impact à l'origine de la morphologie actuelle de la baie de Bou-Ismaïl.
- Enfin, on termine notre étude en donnant certaines mesures vers une stratégie générale de lutte, de défense et de prévention contre l'érosion marine en tenant compte la relation lithologie/pente et l'effet érosif de la houle.

Chapitre I

Généralités

I.1. situation géographique

Notre secteur d'étude c'est toute la partie Ouest du littoral Algérois du Ras Acras jusqu'à le cap Mont Chenoua. Il est limité au Nord par la mer Méditerranée, au sud la plaine de la Mitidja, à l'Est par le massif de la Bouzaréah et à l'ouest par le massif du Chenoua.

Cette zone est limitée par les longitudes $2^{\circ}58'00''$ et $2^{\circ}20'00''$ Est, et les latitudes $36^{\circ}48'00''$ et $36^{\circ}30'00''$ Nord.

La zone d'étude est correspond à la baie de Bou-Ismaïl, l'ouverture de cette baie est de l'ordre de 40 Km, elle est orientée du sud Ouest au nord Est. Couvrant une superficie de 350Km² (Fig n°01).

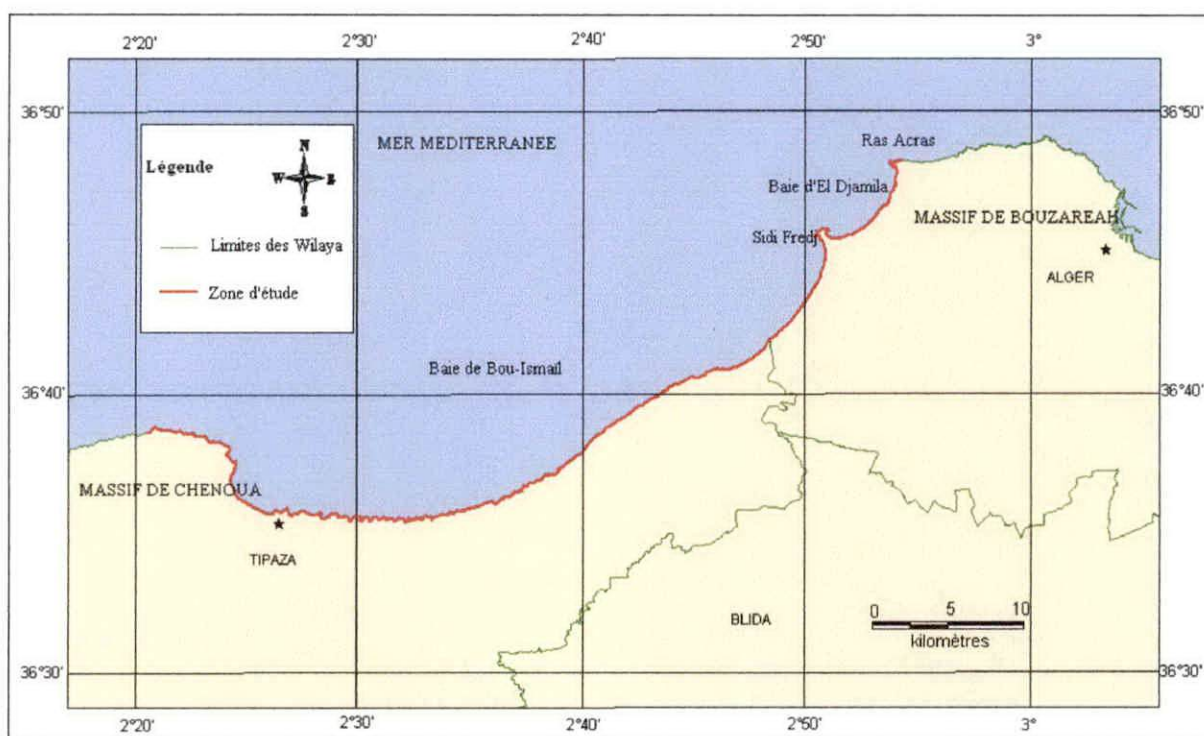
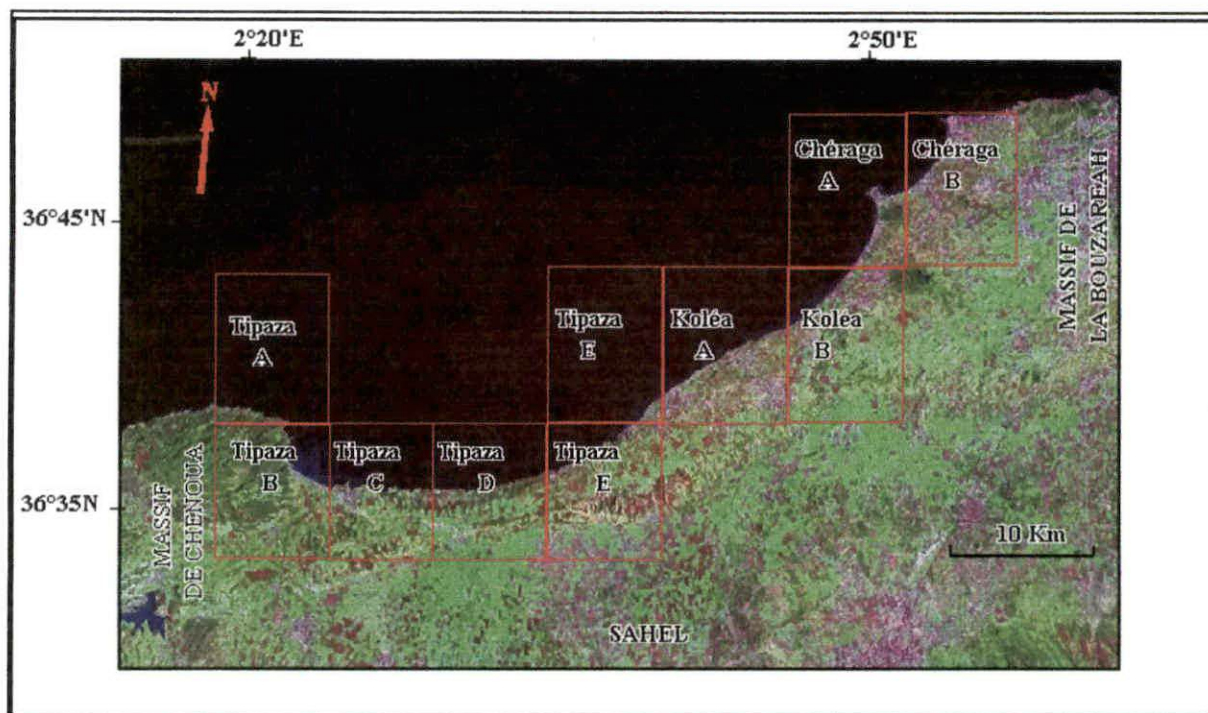


Fig n° 01 : Carte de la situation géographique de la zone d'étude.



Source Landsat

Fig n° 02 : Image satellitaire représente la situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl).

Selon la structure morphologique, la baie de Bou-Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques d’Est vers l’Ouest :

- la baie d’El Djamila limitée à l’Est par Ras Acras et à l’Ouest par la presqu’île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires. Au niveau de cette baie débouche l’oued Beni Messous.
- le secteur Sidi Fredj – Oued Mazafran, constitué sur environ 12 km de plage de sables fins
- une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30 km dont la limite à l’Ouest est Tipaza.
- la baie du Chenoua ou se jette l’oued Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua.

I.2. Les données climatiques

Le littoral algérien est régi par un climat à régime méditerranéen caractérisé par la concomitance de deux saisons nettement contrastées : Une saison chaude et sèche et une saison relativement froide et pluvieuse avec des précipitations courtes et violentes.

Tableau n° 01: Moyennes mensuelles des températures et total des précipitations pour la période 2001-2006 (station Bou-Haroun).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	11.9	12.2	15.7	18.5	21.4	24	27.3	27.1	25	23.2	16.7	13.5
P(mm)	59.8	93.6	29.8	9.4	49.8	0.7	0.6	0.4	36.3	32.9	83.5	106.8

Source : ONM

I.2.1. Les précipitations

Les données de pluviométrie, présentées par l'Office National de Météorologie (O.N.M) (station de Bou Haroun, 2001-2006) sous forme de bilans mensuels de précipitation, ont permis de tracer la courbe de pluviométrie (fig n° 3), Cette courbe montre :

- Un cycle pluvieux s'étale de Novembre à Mai avec un maximum de précipitation en décembre (106.8 mm) et un minimum en Avril (9.4 mm).
- Un autre cycle relativement sec, couvrant les autres mois des années avec un minimum de précipitations observé de Juillet à Août (0.4 mm).

Les irrégularités intermensuelles entre les précipitations de Décembre (106.8 mm) et Août (0.4mm) c'est-à-dire $106/1=106$ sont énormes, ce qui suppose une agressivité des pluies durant l'année. Comme la topographie est favorable pour l'érosion côtière (bourrelet du Sahel), ces pluies sont à l'origine de nombreuses ravines et ravins sur le littoral et la formation des anses.

I.2.2. Les températures

Les données de température recueillies à la station de Bou Haroun ont permis de tracer, à partir des moyennes des bilans mensuels, la courbe de température (fig n°3), Cette courbe montre

- Une période relativement froide allant de Novembre à Avril avec un minimum enregistré de Décembre à février.
- Une période chaude couvrant les autres mois de l'année avec un maximum enregistré en juillet (27.3 °c).

Lors des variations des températures l'eau solide augmente les dimensions des fractures des roches (gel et dégel de l'eau dans la roche).

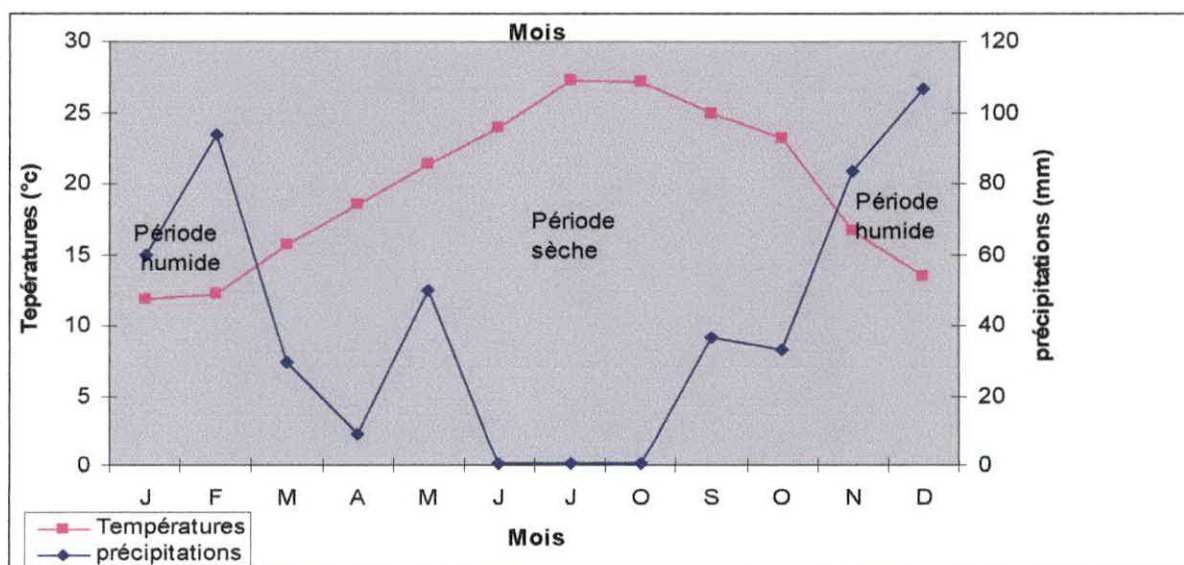


Fig n° 3 : Diagramme ombrothermique (période 2001-2006, station Bou Haroun).

I.2.3. Le vent

Les différences de température existant entre la mer et le continent provoquent une différence de pression dans l'air et donc un mouvement ; il y a toujours du vent sur le littoral.

Le vent, par sa fréquence et sa force, joue un rôle important dans l'évolution géomorphologique des littoraux.

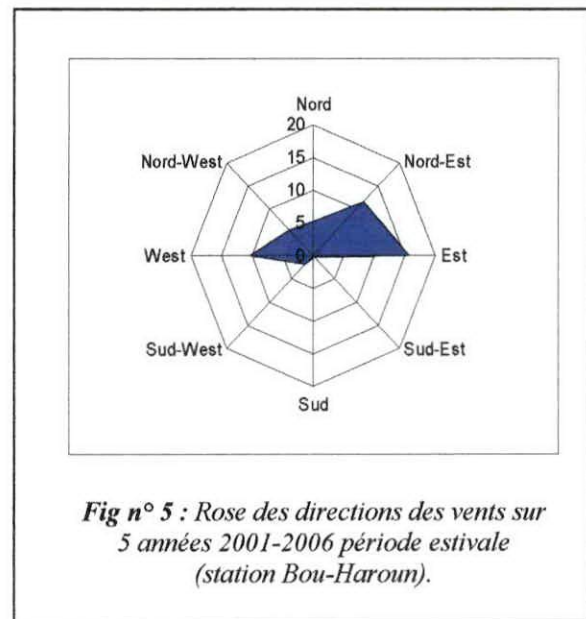
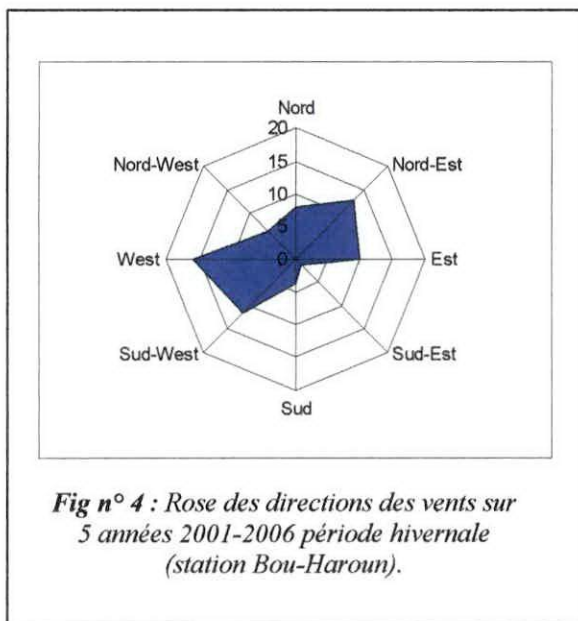
- sur la zone émergée il arrache (déflation) et transporte les particules de sable en direction des terres: le sable s'accumule en dunes littorales.
- Les embruns transportés par l'air en mouvement humectent l'étage supra littoral, et jouent un rôle important à l'altération des roches par la présence de sel.
- Les vents jouent un rôle important dans la dynamique des eaux superficielles. Ils sont générateurs de houles et de courants de surface. Ils interviennent pour déterminer les directions dominantes de la houle.

D'après, le résultat du traitement statistique des données obtenues à l'O.N.M, pour la station météorologique de Bou-Haroun, est présenté sous forme de deux roses en pourcentage des directions des vents.

La période hivernale est caractérisée par une fréquence de vent de direction Ouest (fig n°4).

La période estivale montre une prépondérance de vent d'Est (fig n°5).

Ces différentes directions de vent vont donc générer des houles dans les mêmes directions.



I.3. Données hydrodynamiques marines

La connaissance des actions hydrodynamiques marines est fondamentale pour l'étude de l'évolution des formes côtières, elle doit être à la base de toute opération d'aménagement littoral.

I.3.1 Les courants

La baie de Bou-Ismaïl est soumise aux effets des courants atlantiques, qui comme l'indique provient de l'océan Atlantique par le Détroit de Gibraltar ; celui-ci se déplace vers l'Est sous l'influence des forces de Coriolis et du régime des vents dominants, ayant une largeur de 50 km, une hauteur de 150 m et une vitesse de 50 cm/s (Millot, 1985 in M.A.Dergali, 1998).

Le courant circule de manière continue le long de la côte près de 0° (longitude Mostaganem), et devient par la suite instable à partir de 1° et 2° Est (entre Ténès et Cherchell) à la suite du bassin d'Alboran (Braik, 1989 in M.A.Dergali, 1998).

Les courants générés par les vagues apparaissent à proximité des côtes, essentiellement au niveau de leur déferlement. Le mouvement de va et vient engendré produit un effet de cisaillement sur le fond qui entraîne les particules.

- **Les courants de dérive littorale**

De nombreux auteurs (Eckman, 1923 ; Munk, 1949 ; Shepard et Inman, 1950 in Dergali, 1998) ont noté que les vents et les houles interviennent dans la création des courants parallèles à la côte ; par conséquent dans le transit littoral des sédiments selon les travaux de Laras (Dergali, 1998), la dérive littorale n'est pas présente, que lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité, la vitesse de courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°, et d'après Sitarz (1963) (in Dergali, 1998) cette dérive résulte de la circulation des zones de convergences de la houle vers les zones de divergence des orthogonales.

La dérive littorale a pour conséquence de modifier la morphologie littorale et d'alimenter la plage par des sédiments venant d'autres régions.

I.3.2 La houle

Le mouvement le plus intéressant des eaux marines pour le phénomène de l'érosion marine, est la houle.

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, la direction de propagation de la houle est liée à celle du vent, tant que la profondeur est supérieure à la longueur d'onde de la houle (Bonnefille, 1980).

Dans les régions peu profondes, en particulier dans les zones littorales, ces houles constituent de la côte engraisse et du mouvement de matériaux du fonds et le facteur essentiel de l'érosion.

Les zones de création des houles sont, en général celles qui ont une profondeur d'eau très importante par rapport à la longueur d'onde des vagues. Celles-ci ne mettent en mouvement que la couche d'eau superficielle.

Lorsque les houles approchent vers la côte, le fond s'élève régulièrement et quand la profondeur est à peu près égale à la $\frac{1}{2}$ longueur d'onde de la houle, l'influence du fond commence à se sentir. Par suite, les houles subissent une modification dans leur direction et dans leur amplitude pendant leur propagation entre le large et la terre sur les petites profondeurs côtières.

Réfraction de la houle

Les houles arrivent en eau peu profonde, subissent une modification dans leur direction, plus exactement appelée réfraction.

En effet, dès que la profondeur devient inférieure à la moitié de leur longueur d'onde, les houles perdent de leur célérité et leurs crêtes ont tendance à se disposer parallèlement aux isobathes.

La diminution de la longueur d'onde et l'augmentation de l'amplitude, quand la houle rencontre des profondeurs de plus en plus faibles, expliquent que la crête devienne plus aiguë et que sa cambrure augmente. Il en résulte qu'ayant atteint sa forme limite, la houle devient instable.

La profondeur à laquelle les houles déferlent s'appelle profondeur critique, laquelle varie dans des limites assez larges. Elle est influencée par la direction du vent, par la pente, la rugosité, la perméabilité et d'une façon générale par la nature du fond.

Les houles qui influent sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl

La baie de Bou-Ismaïl est une baie ouverte au large, face à toutes les directions de la houle ; ces houles n'ont pas le même effet sur la côte.

Pour étudier les houles qui agissent sur notre zone d'étude, nous avons utilisé des données repris d'un document de l'U.S Naval Weather Command intitulé : "Summary of synoptic météorologique observation" (S.S.M.O tome 2. Zone Algeriers in M.A.Dergali, 1998) et s'étalant sur la période de 8 ans (1963-1970).

Tableau n° 02 : fréquence mensuelle de la houle au large de la baie de Bou-Ismaïl par direction.

directions mois	N	E	N-E	S-E	S	S-W	W	N-W
JAN	08,10	18,20	12,90	05,00	06,50	13,20	28,80	07,30
FEV	08,80	12,60	10,30	04,00	06,00	16,90	35,60	05,80
MAR	11,30	15,80	12,60	03,60	04,50	13,30	30,50	09,20
AVR	11,70	16,00	15,30	02,00	04,40	13,70	26,60	10,20
MAI	08,40	31,90	26,30	03,00	03,30	07,20	13,90	05,20
JUN	09,20	29,80	29,10	01,80	01,40	08,20	16,30	04,20
JUL	05,90	32,50	32,50	01,40	00,90	05,90	16,20	02,00
AOÛT	08,90	35,10	27,70	01,90	01,10	05,00	13,40	04,90
SEPT	06,70	37,40	26,40	02,20	02,30	04,50	14,80	02,50
OCT	07,80	40,50	14,10	03,20	04,30	14,80	28,80	06,90
NOV	05,40	20,30	05,70	05,10	08,00	15,90	40,40	09,40
DEC	10,20	09,30	06,20	04,50	07,40	15,00	37,10	10,00
Annuel	08,98	23,07	18,25	03,15	04,43	11,13	25,20	06,55

Source: S.S.M.O

Le résultat de cette analyse donne :

- Les houles les plus importantes et les plus violentes en période hivernale, viennent de l'Ouest (vent dominant), avec des amplitudes de 2 à 2.5 m. Les amplitudes maximales sont de l'ordre de 4 à 6 m. Ces houles arrivent perpendiculairement à la côte et engendrent des courants de retour distribuant ainsi des sédiments côtiers vers le large (Kadri Meziane, 1994 in M.A.Dergali, 1998) (fig n°6).
- En période estivale, l'agitation est moins importante et les houles les plus fréquentes sont, celles de secteurs Est à Nord-Est (vent dominant), avec des amplitudes généralement plus faibles de 0.5 à 1 m (BRAIK, 1987) et seulement 6% ont une amplitude supérieure à 1 m. L'orientation de ces houles est tangentielle par rapport à la côte (Kadri Meziane, 1994 in M.A.Dergali, 1998) (fig n°7).
- Les houles des directions Sud-Est, Sud, Sud-Ouest n'ont aucun effet érosif le long de la côte de notre secteur d'étude.

Relation amplitude/direction

L'état de la mer est caractérisé par les degrés suivants qui correspondent aux amplitudes suivantes :

Tableau n° 03 : Caractéristiques des degrés de l'état de la mer.

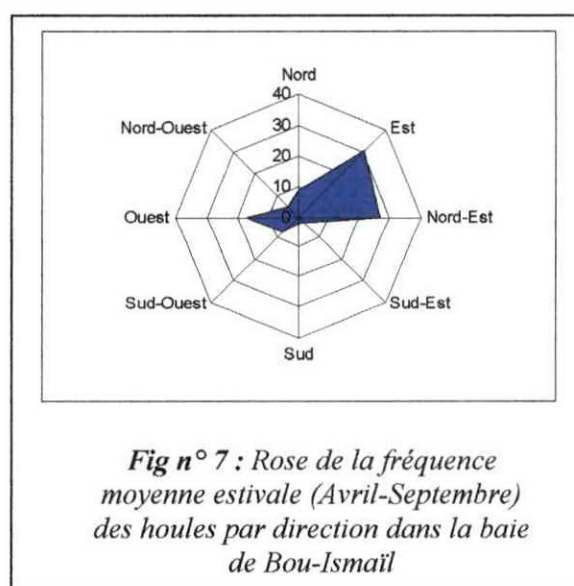
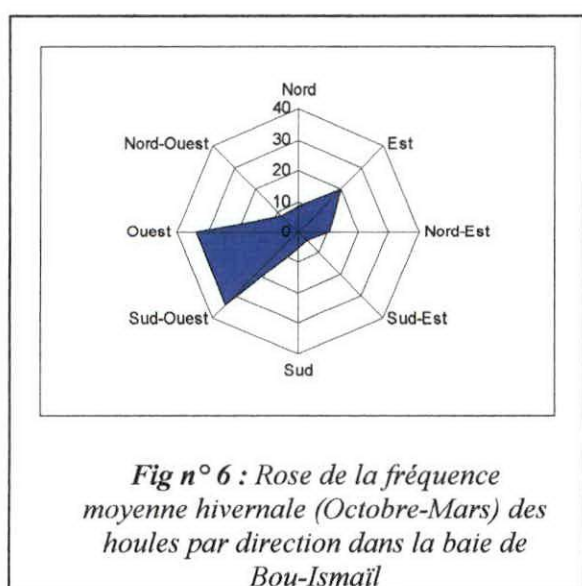
DEGRES	AMPLITUDES	APPELATIONS
Calme	≤ 0.25 m	Ridée ou belle
Degrés 0	0.25 m à 0.75 m	
Degrés 1	0.75 m à 1.75 m	Modérée
Degrés 2	1.75 m à 2.75 m	Agitée
Degrés 3	2.75 m à 3.75 m	Forte
Degrés 4	>3.75 m	Très forte

Toujours à partir du S.S.M.O, nous pouvons faire ressortir les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction.

Tableau n° 04 : fréquence par direction des différents états de la mer au large.

Etat de la mer au large	Direction de la houle				
	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est	Est
Calme	3.1%	1.2%	2.0%	2.7%	4.0%
Degré 0	6.3%	2.0%	3.0%	7.0%	9.1%
Degré 1	10.9%	2.3%	2.1%	7.3%	9.0%
Degré 2	3.6%	0.7%	0.6%	1.0%	0.8%
Degré 3	0.9%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Degré 4	0.4%	---	0.1%	0.1%	---
Total	25.4%	6.3%	8.0%	18.2%	23.0%

L'agitation provenant des secteurs Ouest et Est est la plus fréquente, néanmoins pour les fortes houles, le secteur Ouest prédomine et pour les faibles houles, le secteur Est prédomine.



C **hapitre II**

Cadre géologique et topographique

II.1. Les grands ensembles morpho-structuraux des régions d'Alger et Tipaza

Les grandes structures orographiques de la région d'Alger se présentent comme suit :

II.1.1. Le massif de la Bouzaréah

Il s'étend sur une longueur de 20 Km, et une largeur maximale de 6 Km. Ce massif culmine à 407 m d'altitude, bordée au Nord et à l'Est par la mer méditerranée suivant des pentes assez fortes en s'abaissant progressivement sous le plateau de Ain Benian.

II.1.2. Le massif de Chenoua

Il constitue une structure montagneuse de même orientation que le massif de la Bouzaréah et culmine à 905m.

Les pentes sont très accentuées et le contact avec la mer est souligné par des falaises rocheuses très disséquées par l'érosion marine.

II.1.3. Le Sahel d'Alger

C'est un anticlinal qui se prolonge sur une distance moyenne de 100Km d'Est en Ouest. Il regroupe tous les petits reliefs qui lui donnent une topographie mamelonnée.

Il est subdivisé en deux entités : un Sahel occidental et un Sahel oriental situé plus à l'Est de l'oued El harrach.

Le Sahel occidental est un bourrelet côtier formé par un ensemble de croupes comprises entre 50 et 200 m d'altitude, s'étendant sur une distance de 70 Km environ depuis le massif de la Bouzaréah.

II.1.4. la plaine de la Mitidja

La Mitidja est limitée au Nord par le bombement du Sahel et au Sud par l'Atlas blidéen.

Elle correspond à une dépression synclinale orientée WSW - ENE. Cette plaine a une extension longitudinale dépassant 120km et une largeur maximale de 20km.

II.2. Géologie régionale

La chaîne alpine d'Afrique du Nord est subdivisée en deux zones, les maghribides au Nord (Durant Delga ; 1980) et la chaîne atlasique au Sud.

Zone mobile à partir du trias, la chaîne alpine d'Afrique du Nord a subie une histoire liée à celle de la méditerranée occidentale.

La côte africaine de la Méditerranée est sensiblement parallèle, à petite échelle, à la chaîne Maghrébide. Dans le détail, la côte de la Méditerranée recoupe les différents ensembles constitutifs de cette chaîne alpine.

La chaîne est constituée de trois ensembles principaux:

- un domaine externe ou domaine tellien, constitué par un ensemble de nappes à vergence sud, formées dans des terrains sédimentaires surtout marneux et calcaires, principalement crétacés et paléogènes: en Algérie ce sont les unités telliennes sensu-stricto.
- des nappes pelliculaires de flyschs crétacés-paléogènes, largement chevauchantes sur les unités telliennes. Le substratum stratigraphique de ces dépôts profonds n'affleure que très localement et comporte des roches basiques et ultrabasiques jurassiques.

- un domaine interne qui comporte : des massifs de socle métamorphique, des terrains cambriens à carbonifère modérément métamorphisés et leur couverture mésozoïque et tertiaire formant la Dorsale calcaire.

Ces différents éléments structuraux résultent d'une évolution géodynamique comportant :

L'évolution ultérieure est contrôlée par la convergence Europe-Afrique à partir du Crétacé supérieur. La tectonisation des zones internes de la chaîne semble débiter à l'Eocène supérieur et se développer au cours de l'Oligocène. L'érosion de reliefs qui se forment dans le domaine du socle kabyle provoque une sédimentation détritique épaisse sur une partie de la Dorsale calcaire, en cours de structuration, et dans le domaine des flyschs (Durant Delga ; 1980).

II.3. Géologie locale

Les massifs de Bouzaréah et de Chenoua font partie des zones internes de la chaîne alpine tellienne. Il constituent respectivement les limites géologique Est et Ouest du littoral Ouest-Algérois, entre lesquels se situent le Sahel qui fait partie des zones externes (Fig n°11).

II.3.1. Le massif de Bouzaréah

C'est un élément du socle. Il est constitué par un complexe cristallophyllien de gneïss, schistes et micaschistes qui réapparaît à la presque île de Sidi-Fredj comme témoin de la nature du substratum marin dans la zone côtière.

Il est limité au sud par la faille de Bouzaréah qui le sépare des terrains constituant le Sahel, cette faille est de direction WNW-ESE.

Cet édifice constitue un pli de fond allongé Est-Ouest avec une structure écaillée conséquence d'un charriages vers le Nord supposé d'âge Alpin. (Saadallah, 1981)

II.3.2. Le Sahel

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

Le Sahel est formé par des terrains d'âge néogène et Quaternaire, il s'agit de marnes bleues ou grises recouvertes, par des couches gréseuses ou sableuses.

Il est séparé de la plaine Mitidja par la faille du Sahel et du massif Chenoua à l'Ouest par la faille de Tipaza. La faille du Sahel est inverse qui se prolonge probablement en mer.

Cet anticlinal est dissymétrique, avec un flanc Sud raide et mieux conservé et un flanc Nord complètement rongé par des érosions successives, liées en grande partie aux manifestations eustatiques pendant le pléistocène. (Betrouni, 1983).

II.3.2.1. Le pliocène

a) Le Plaisancien

Il est formé par une série de marnes bleues qui peut atteindre une épaisseur considérable de l'ordre de 1000 m (Saoudi, 1982). C'est un niveau particulièrement riche en microfaune et pauvre en macrofaune.

b) L'Astien

Une coupe réalisée par Saoudi aux environs d'Alger montre que l'Astien se caractérise par différents faciès avec à sa base un niveau à glauconie, marqueur de la coupure Plaisancien

Astien : faciès marno-sableux, faciès calcaro-gréseux, faciès mollassique et faciès gréseux et sableux.

II.3.2.2. Le quaternaire

a) Le Calabrien

Saoudi (1982) distingue deux-sous étages dans le Calabrien :

- Le Calabrien I, argilo-sableux, s'individualisant de l'Astien qu'il surmonte par l'apparition d'une faune froide représentée par *Cyprina islandica*.
- Le Calabrien II, correspond à une dalle lumachellique à gros Pectons, très massive et indurée, avec des intercalations de lits sableux à graviers et galets (fig n°8).

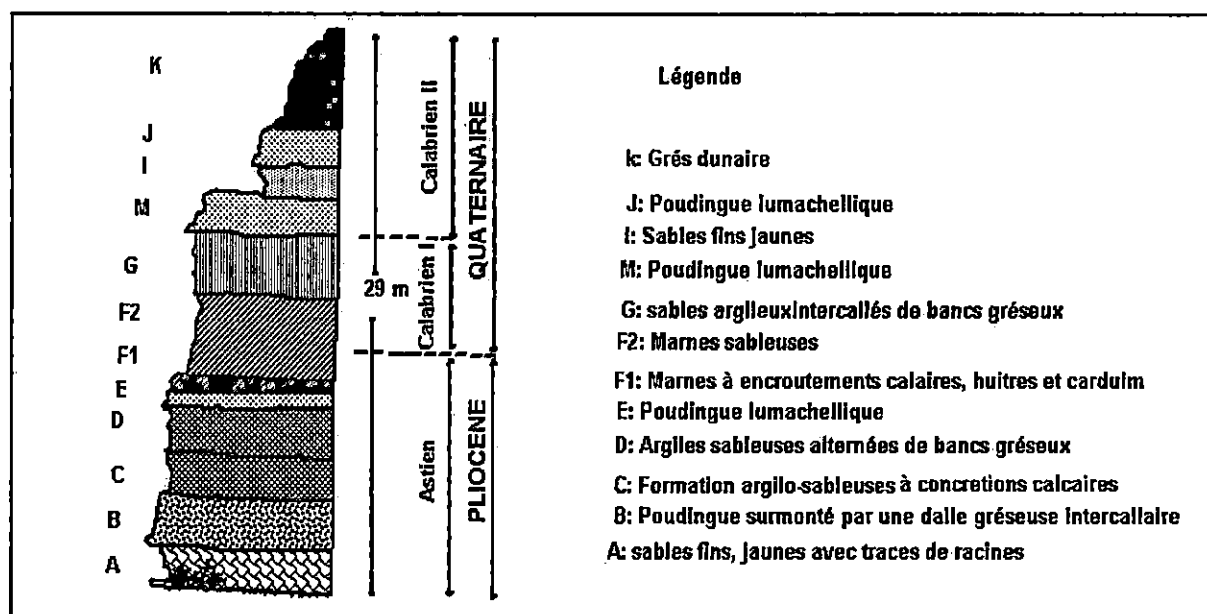


Fig n°08 : Coupe stratigraphique synthétique du Calabrien (Saoudi, 1982)

b) Le Sicilien

Le Sicilien se caractérise par une seconde apparition de faune froide dont *Cyprina islandica* et *Hyalinea baltica*.

Les séries marines siciliennes reposent, par endroit, en discordance sur les marnes bleu plaisanciennes. Elles sont surmontées par des formations continentales correspondant à des dépôts dunaires dans lesquels s'insèrent des niveaux intercalaires grésolimoneux (Fig n°9).

Les formations marines siciliennes se situent entre +60 et +160m d'altitude dans la partie orientale du Sahel, alors qu'elles s'observent au niveau zéro (actuel) dans la partie occidentale (Saoudi, 1982). Ces variations altitudinales résultent d'une tectonique encore active actuellement (dernier séisme de Tipaza de 1990) (Moulfi, 1995). La structure en marche d'escalier explique le rôle de l'érosion marine différentielle.

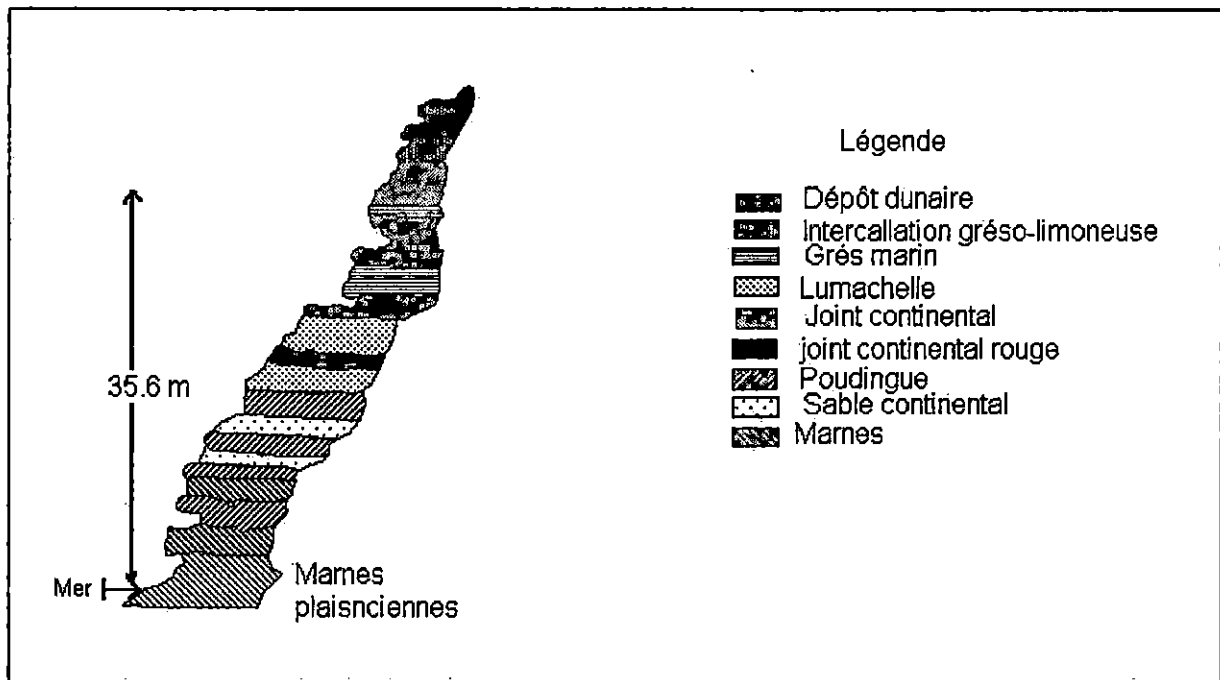


Fig n°09: Coupe stratigraphique synthétique du Sicilien (Saoudi, 1982).

c) Le Tyrrhénien

Il correspond à une lumachelle à Pétoncle (*Glycimeris glycimeris*) dont les couches à faune chaude, représentée par *Strombus bubonius*, présentent une épaisseur variable de 0.5 à 2 m (Betrouni, 1983).

Le Tyrrhénien est subdivisé en deux ensembles (Betrouni ; 1983) :

- Eutyrrhénien, correspond au poudingue marin de base de lumachelle, surmonté d'un grés coquillier.
- Néotyrrhénien, constitué à sa base par un ensemble inférieur marin à lumachelle à Pétoncle, surmonté par une unité continentale à séquences répétitives "grés dunaires-limons rouges".

Le cycle Tyrrhénien est encadré par deux régressions généralisées, avec un interstade Tyrrhénien (in Saoudi, 1982) (fig n°10).

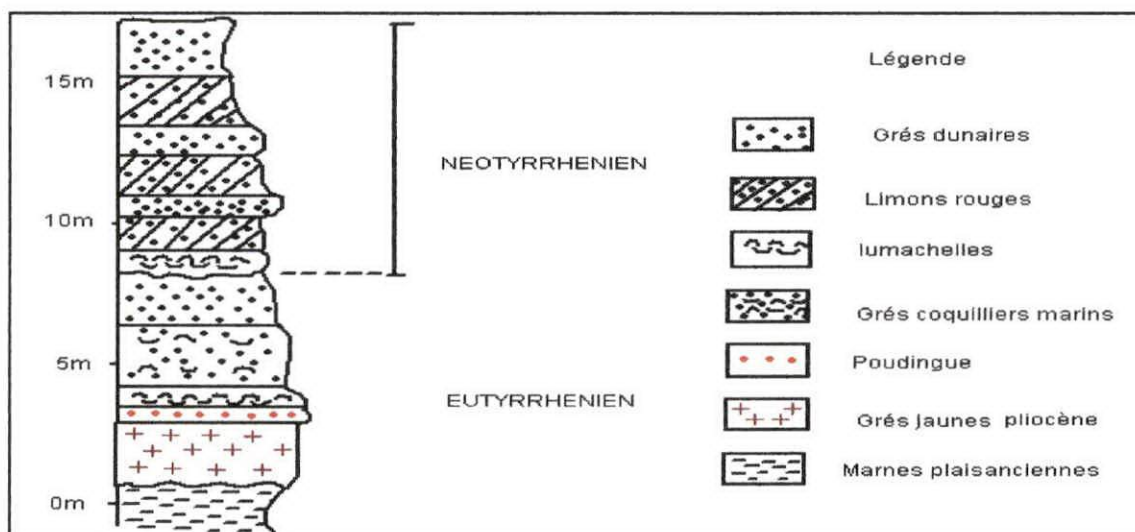


Fig n°10 : Coupe stratigraphique synthétique du Tyrrhénien (Betrouni, 1993).

II.3.3. Massif de Chenoua

Le massif Chenoua, fait partie des zones internes de chaîne magribide. Les unités géologiques définies au niveau du Chenoua sont du Nord au Sud :

- Le cristallin : le socle cristallophyllien, affleure au nord du Chenoua dans l'unité de Beris Shell, dont les faciès observés sont :
 - Des schistes graviteaux ; de chloro-schistes verdâtres satinés.
 - Des marnes bleutées.
 - Des quartzites arkosiques.

L'ensemble, est structuré en écailles avec des contacts cataclasiques d'âge éocène supérieur et miocène inférieur (Belhaï ; 1987).

- Le paléozoïque : il correspond à la couverture sédimentaire du socle cristallin ; il regroupe des formations sédimentaires d'âge dévonien et carbonifère, discordantes sur le socle cristallophyllien. (Belhaï ; 1987)

Il décrit les terrains du paléozoïque comme suit :

-Le dévonien : il correspond à des alternances de grés et des pélite à dévonien moyen, contenant des récurrences carbonatées à débris organiques, et se termine par une série de pélites vertes et des schistes noirs en alternance avec des calcaires fins sombres.

-Le carbonifère : il est représenté par un faciès de lydiennes au sien des quelles se trouvent des filons de roches vertes. Il se termine par des bancs gréseux et conglomératiques.

- La dorsale calcaire : affectée chaîne calcaire (Glangaud, 1932) puis dorsale Kabyle (Durant Delga ; 1969 in Moufï ; 1995)

Cette dorsale est constituée de terrains dont l'âge du trias à l'éocène en continuité stratigraphique avec le permo-trias. Elle est discordante sur le dévono-carbonifère et passe en continuité au trias-carbonaté de la dorsale calcaire.

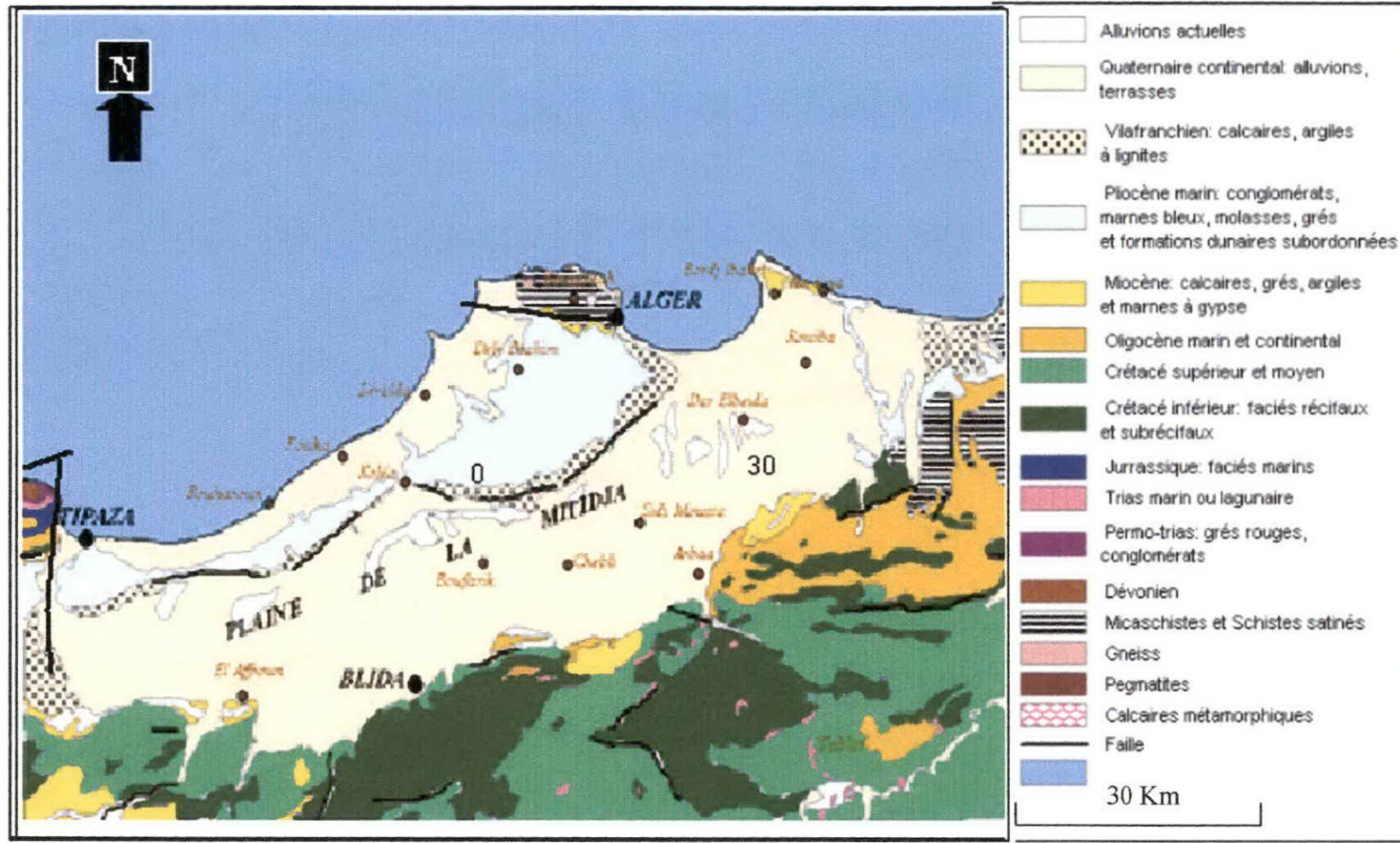


Fig n° 11 : Carte géologique de la région algéroise ; Extrait de la carte géologique d'Algérie 1/500000 ; N.Gouskouv et R.Laffite ; 1951.

II.3.4. Sédimentologie sous marine

Les travaux de Leclaire (1972) ont permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de la baie. Neuf faciès sont identifiés : les sables fins, les fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, les faciès rocheux. L'importance et la répartition de ces faciès n'est pas identique en tout point de la baie ; ainsi deux régions se distinguent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale.

II.4. Erosion différentielle

D'un point de vue lithologique, deux grandes unités pétrographiques affleurent dans notre zone d'étude.

-Les unités paléozoïque formées de gneiss, schistes, calcaire; correspondant à des roches métamorphiques essentiellement.

-les unités néogènes formées de grès, conglomérat ; correspondant essentiellement à des roches sédimentaires.

La morphologie de notre zone d'étude suggère que les deux ensembles lithologiques réagissent différemment à l'érosion côtière. En effet les roches métamorphiques résistent à ce phénomène tardif formant le massif de Chenoua et le massif de la Bouzaréah qui culminent respectivement à 905m et 407m.

Cependant les roches sédimentaires formant le Sahel sont relativement aplanis par l'érosion continentale et détruites par l'érosion marine formant la baie de Bou-Ismaïl.

La structure et les processus de formation de ces deux types de roches sédimentaires et métamorphiques semblent être à l'origine de caractère réfractaire ou pas à l'érosion.

Les roches sédimentaires sont formées par la consolidation de sédiments par diagenèse. Le degré de dureté des roches dépend du degré de compaction et de la nature du ciment qui relie les particules des sédiments dans la roche sédimentaire.

Lors du métamorphisme les roches changent de minéralogie des recristallisations se produisent à des grandes profondeurs et donc à hautes pressions et hautes températures, et en résulte des roches métamorphiques très compactes au sien de quelles les minéraux sont très solidaires entre eux.

Ce qui fait que les roches sédimentaires sont plus altérables que les roches métamorphiques. Cette érosion est provoquée par les failles qui assurent la surrection des deux massifs. L'ampleur de ces reliefs est probablement liée au jeu de ces failles.

On conclure que à l'échelle de notre région d'étude l'érosion différentielle opère une sélection entre les roches résistantes formant les massifs de Chenoua et Bouzaréah qu'elle laisse en relief et roches tendres formant le sahel qu'elle aplanie.

II.5. Analyse topographique

Après avoir définie les grands ensembles lithologiques qui constituent les trois grandes structures morphologiques de notre zone d'étude (Bouzaréah, Sahel et Chenoua), l'analyse topographique (basée sur les cartes topographiques au 1/50000) des zones de transition terre/mer, sujet de l'érosion marine, de notre zone d'étude nous permettra de faire ressortir les similitudes topographiques au dessus et dessous du niveau marin (0), de ce fait établir les relation entre les pentes et différents lithologie.

Cette étude nous permettra également de faire ressortir les structures morphologiques de la côte liée à l'effet de l'érosion continentales par les réseaux hydrographique.

II.5.1. Analyse des reliefs

1. Massif de la Bouzaréah

- Le continent : Il s'étend sur une longueur de 20 km suivant un axe Est-Ouest et sa largeur maximale est de 6 km. Sa topographie est très accidentée et son sommet qui culmine à 407 m constitue le point le plus haut de la région. Le massif de la Bouzaréah se termine avec de forte pente au bord de la mer.
- La côte : Les piémonts Nord de ce massif forment une côte abrupte et déchiquetée (falaises) dont la hauteur est d'une dizaines de mètre.
- La zone de transition terre / mer: la carte bathymétrique établit par Leclaire (1972) (fig n°12) montre une ligne de rivage orienté suivant une direction Est-Ouest

Les pentes sous marines sont très importantes ; profondeur de 20m à 125m de distance.

L'influence du continent sur la mer atteint l'isobathe 50 m qui est à 2000 m de distance, dont les isobathes 10 m, jusqu'au 50m sont parallèles et similaires à la ligne de rivages. Au delà de la courbe -50 m l'influence de continent s'estompe.

2. La baie de Bou-Ismaïl (le Sahel)

Au niveau de la baie de Bou-Ismaïl on peut distinguer :

- Le continent : du point de vue morphologique le Sahel correspond à deux ensembles ; des collines côtières dans la partie occidentale et des plaines littorales dans la partie orientale qui bordent au nord la plane de Mitidja.

Dans la partie occidentale de notre zone d'étude, le Sahel forme une montagne dissymétrique allongée Est-Ouest avec de fortes pentes sur le versant sud (Fouka-Marine à Tipaza). On distingue une ligne de crêtes principale bordée au Nord et au Sud (zone de Bérard) par deux lignes de crêtes secondaires.

La ligne principale du Sahel va de l'Ouest vers l'Est en passant par la colline du Tombeau de la Chrétienne, le point culminant à 274m aux coordonnées 2°34'E et 36°34'N.

La ligne de crête secondaire, au Nord du Sahel, elle est constituée d'un alignement de petites collines à sommets arrondis dont le flanc nord à pente douce d'abord, se termine en forte pente au bord de la mer. La forme en général est celle d'une grande marche d'escalier qui descend vers la mer.

Dans la partie orientale de notre zone d'étude, le Sahel forme une plaine littorale qui constitue des cordons littoraux parallèles à la côte dont les altitudes sont très faibles.

- La côte : elle montre un aspect déchiqueté avec des plages et des criques (anses) qui prolongent des talwegs dans la partie occidentale. On observe des abrupts sur la côte formant un promontoire discontinu à quelques mètres ou dizaines de mètres du bord de la mer. leur hauteur dépasse rarement 10 mètres, il s'agit de côte rocheuse.

Dans la partie orientale la côte montre un aspect rectiligne avec des plages très étendues où versent les oueds de Mazafran et Beni Messous.

- La zone de transition terre / mer: la carte bathymétrique établit par Leclaire (1972) (fig n°12) montre une ligne de rivage orienté suivant une direction ENE-WSW.

Entre 50 et 300 m de la côte l'isobathe de 10 m montre des courbures similaires à celle de la courbe 0m (trait de côte) ce qui suggère une influence continentales jusqu'à

cette distance. A environ 1000 m de la côte l'influence continentale s'estompe et cela se traduit par la régularité de la courbe (-20 m).

3. Massif de Chenoua

- Le continent : Il culmine à 905 m d'altitude, selon un axe Est-Ouest. Il est orienté vers le Nord-Est. Il se termine par une très forte pente vers la mer au niveau de Kef Lcourhene et pointe Chenoua sur la partie orientale (courbe de niveau très serrée). Sur le versant nord du massif on observe des courbes de niveau moins serrées que celles de la partie orientales, donc on peut dire que c'est une pente moyennement forte.
- La côte : la côte représente des falaises accidentées de grande hauteur (dizaines de mètres).
- La zone de transition terre / mer: vue la carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl (fig n°12) ; l'influence du continent sur la mer est enregistrée à l'isobathe 100 m qui est à environ 10500 m sur un axe NE-SW face à Ras El Amouche et la pointe Chenoua, sur la partie Nord du massif l'influence atteint l'isobathe 50 m.

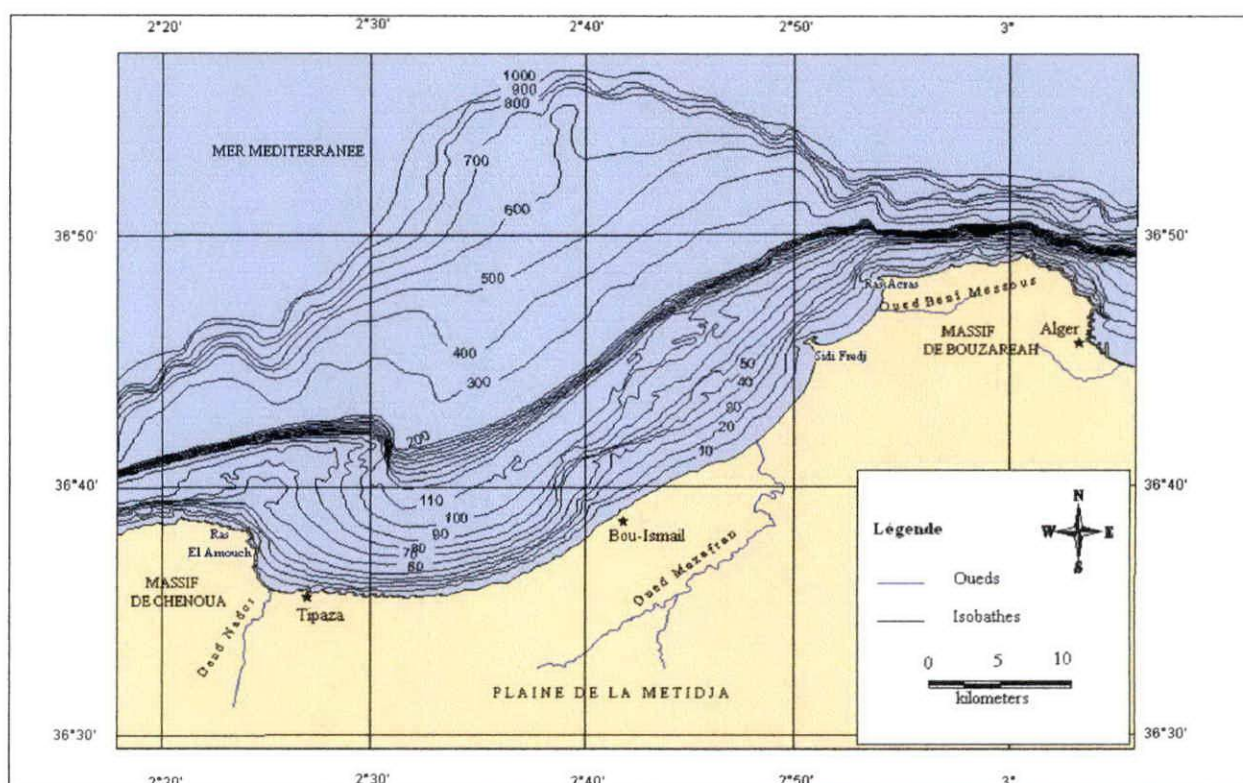


Fig n°12 : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire, 1972, modifiée).

Enfin on peut dire qu'il existe une similitude entre les pentes continentales et les pentes sous marines. La topographie sous marine représente une continuité de la topographie continentale.

II.5.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est un facteur qui influe sur la morphologie côtière, les plages sont alimentées par les grandes Oueds, et la formation des anses est liée au cours d'eaux qui se jettent dans notre zone d'étude.

Tous les oueds et leurs affluents dans la baie de Bou-Ismaïl sont des torrents et ont les mêmes caractéristiques des oueds du Maghreb.

Perpendiculairement à la côte, ils traversent la plaine de la Mitidja du Sud vers le Nord, contournant les obstacles qu'ils rencontrent avant de se jeter à la mer (fig n° 13).

Les deux oueds principaux issus de l'Atlas (Mazafran et Nador) traversent la plaine de la Mitidja et franchissent l'obstacle du Sahel.

Ils se déversent directement dans la mer avec des débits faibles, sauf en période de fortes pluies.

Ces oueds sont au nombre de trois, d'Est en Ouest :

a. Oued Beni Messous

Il prend naissance dans le massif de Bouzaréah, reçoit un grand nombre d'affluents et se jette dans la baie d'El Djamilia. Son bassin versant s'étend sur 33 Km², près de 7 Km², soit 21.2% de l'aire occupée par le bassin est perméable, 11 Km² (33.3%) semi-perméable et 15 Km² (45.5%) imperméable (M.A.DERGALI, 1998) (tableau n° 05).

Le sol du bassin versant de l'oued Beni Messous est considéré comme semi-perméable, avec une tendance imperméable. Ce caractère hydrologique limite l'infiltration et réduit l'importance des nappes phréatiques, ce qui favorise le lessivage du sol par les eaux de ruissellements.

En l'absence de données sur les débits liquides et solides au niveau de l'A.N.R.H. (agence nationale des ressources hydrauliques) nous avons pris en considération celui calculé par MAHOUT, 1989, in M.A.DERGALI, 1998) par la méthode du coefficient de ruissellement, il est de l'ordre de 245 l/s en moyenne.

Tableau n° 05 : Caractéristiques du bassin versant de l'oued Beni Messous (A.N.R.H.).

	Surface du bassin versant (Km ²)	Longueur (Km)	Pente (%)	Altitude		perméabilité		
				Min	Max	perméable	Semi-perméable	Imperméable
Oued Beni-Messous	33	11.50	3	00	360	7 Km ² 21.2%	11 Km ² 33.3%	15 Km ² 45.5%

b. Oued Mazafran

Cet oued tire son nom de la couleur de ses eaux : El Ma Essafra (eau jeune), il correspond au cours d'eau le plus important de la région. Il en résulte de la confluence de trois oueds importants : oued Djer, oued Bourroumi et oued Chiffa. Chaque année une grande masse de matériaux est arrachée à l'Atlas et charriée par l'oued Mazafran.

Le bilan des écoulements annuels moyen de cet oued est de 6.88 m³/s soit 216.9 hm²/s, cependant on note une diminution du débit de l'oued depuis 1977 (M.A.DERGALI, 1998), en raison d'un bassin versant très vaste pouvant être évalué à 185.000 hectares dont 110.000 hectares en montagnes.

En période de crues, cet oued recueille la moyenne parie des eaux de ruissellements des régions montagneuses à très forte pluviométrie, la pente presque nulle au niveau de la cluse, provoque des inondations qui sont souvent très importantes.

AIT KACI et PAUC, (1982, in M.A.DERGALI, 1998) note que la quantité d'apports en suspension transportée par l'oued Mazafran varie largement dans le temps de quelques mg/l à plus de 15 g/l en période de crue. Le régime hydraulique de l'oued Mazafran se caractérise

par un long étiage de six mois et des crues d'hiver et de printemps, soudaines, fortes et rapides.

c. Oued Nador

Situé sur la partie occidentale, ne prend sa naissance que dans la cluse de Tipasa avant de débouchement dans la baie de Chenoua. Son bassin versant est drainé par un réseau d'affluents : l'oued Bouyersen, l'oued Bouardoun, l'oued Meurad et l'oued Bourkika.

La surface de son bassin versant est de l'ordre de 230 Km², son écoulement moyen annuel est de l'ordre de 36.3 Km³/année.

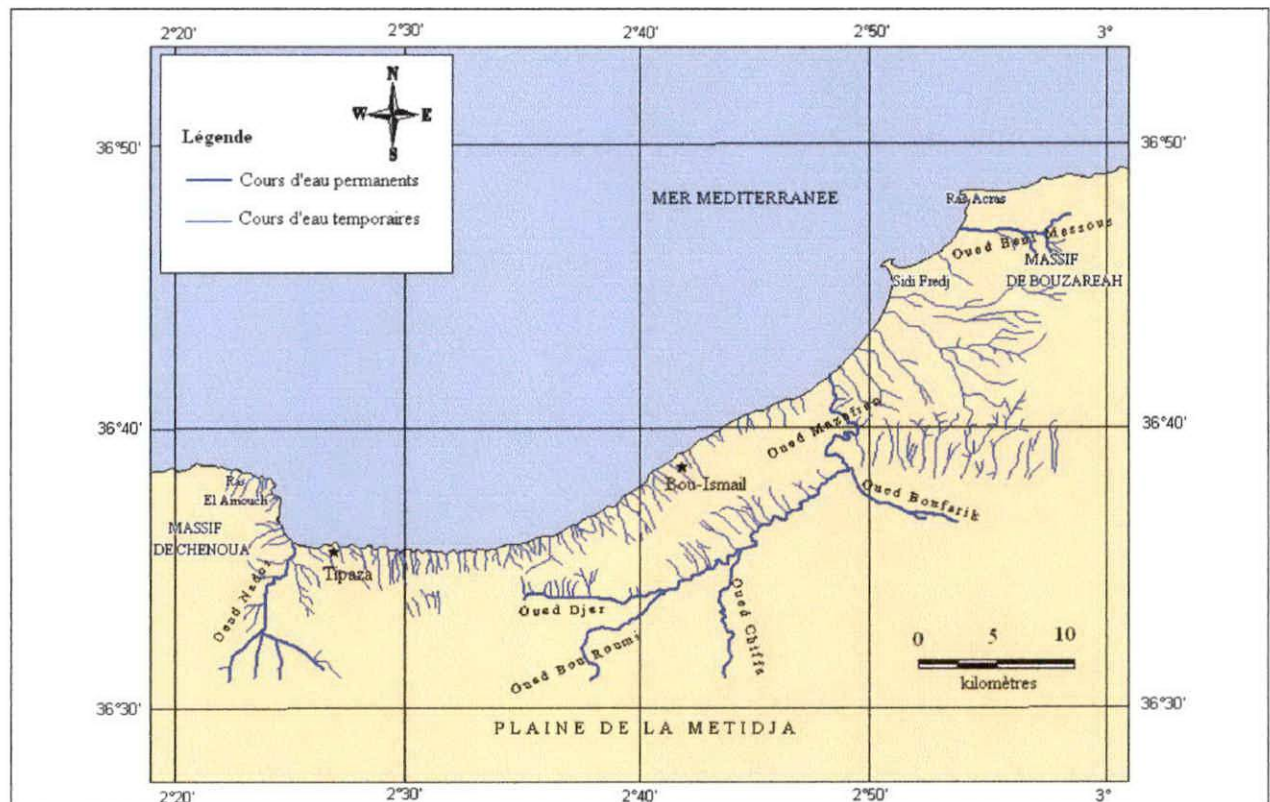


Fig n° 13 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl

Dans la baie de Bou-Ismaïl se jettent de nombreuses ravines et ravin, surtout au niveau du Sahel à cause de sa topographie. Ces ravines et ravin sont responsables à la formation des anses au niveau de la baie.

Chapitre III

Lithologie et érosion

III.1. Découpage des cartes

On a élaboré des cartes lithologiques, des pentes et des cartes de la longueur d'onde de la houle le long de notre zone d'étude à partir des cartes géologiques et topographiques au 1/50000 pour déterminer la relation existante entre la nature lithologique des côtes et l'érosion marine causée par l'hydrodynamisme marin.

Et pour cela on a découpé les cartes de Tipaza, Koléa et Chéraga de l'Ouest vers l'Est comme indique le tableau n° 06.

Tableau n° 06 : Localisation des zones des cartes de Tipaza, Koléa et Chéraga.

	Cartes établit	longitude	latitude
TIPAZA (feuille au 1/50000)	Tipaza A	2°20'13''E à 2°25'36''E	36°37'53''N à 36°43'18''N
	Tipaza B	2°20'13''E à 2°25'36''E	36°32'36''N à 36°37'53''N
	Tipaza C	2°25'36''E à 2°30'58''E	36°32'36''N à 36°37'53''N
	Tipaza D	2°30'58''E à 2°36'20''E	36°32'36''N à 36°37'53''N
	Tipaza E	2°36'20''E à 2°41'35''E	36°32'36''N à 36°37'53''N
	Tipaza F	2°36'20''E à 2°41'35''E	36°37'53''N à 36°43'18''N
KOLEA (Feuille au 1/50000)	Koléa A	2°41'35''E à 2°46'21''E	36°37'53''N à 36°43'18''N
	Koléa B	2°46'21''E à 2°51'15''E	36°37'53''N à 36°43'18''N
CHERAGA (Feuille au 1/50000)	Chéraga A	2°46'15''E à 2°51'36''E	36°43'18''N à 36°48'30''N
	Chéraga B	2°51'36''E à 2°56'56''E	36°48'30''N à 36°53'24''N

Pour mieux comprendre la lithologie côtière de notre site ainsi que leur comportement vis-à-vis de l'érosion marine, on a tracé des carreaux de 0.5cm de longueur sur la carte c'est-à-dire chaque 250m sur le terrain.

III.2. Réalisation des cartes lithologiques

A partir des cartes géologiques on a réalisé des cartes de la lithologie côtière en utilisant un logiciel de cartographie (MapInfo).

III.3. Réalisation des cartes des pentes

A partir des cartes topographiques, on a pu déterminer la distance entre le trait de côte et l'isobathe de 10m, distance est horizontale perpendiculairement au trait de côte, on a donc calculé la pente de chaque carreau (chaque 250m).

$$P(\%) = \frac{h(m)}{D(m)} \times 100$$

Avec :

P : La pente (%)

D : La distance perpendiculaire entre le trait de côte et isobathe de 10m.

h : La profondeur (isobathe 10m) = 10m.

Exemple :

Pour le carreau 1 du de la zone A de Chéraga :

$$D=850 \text{ m, donc la pente } P = \frac{10(m)}{850(m)} \times 100$$

$$P = 1.18 \%$$

Les résultats obtenus sont subdivisés en 3 classes :

- La première classe : 0 à 2%
- La deuxième classe : 2 à 4%
- La troisième classe : supérieur à 4%

Ces résultats nous ont permis d'élaborer des cartes des pentes.

III.4. Réalisation des cartes de longueur d'onde de la houle

Toujours à partir des cartes topographiques et à l'aide de tableau de WIEGEL [d'après BIESEL (1974)], on peut calculer la longueur d'onde des vagues sur une distance de 50m à partir du trait de côte.

D'abord on commence par le calcul de la profondeur à 50m du trait de côte :

$$d(m) = \frac{P(\%) \times 50(m)}{100}$$

Avec :

d : La profondeur (m)

P : La pente (%)

En suite on calcule la longueur d'onde pour chaque carreau :

On prend la longueur d'onde de la houle au large $L_0 = 50m$

D'après le tableau de WIEGEL, la relation existante entre $\frac{d}{L_0}$ et $\frac{d}{L}$, tel que L est la longueur d'onde (m) près de la côte.

Exemple :

Toujours pour le carreau 1 de la zone A de Chéraga :

$$P = 1.18 \% \Rightarrow d = \frac{1.18 \times 50}{100}$$

$$d = 0.59 m$$

$$\text{Donc ; } \frac{d}{L_0} = \frac{0.59}{50}$$

$$\frac{d}{L_0} = 0.0118$$

$$\frac{d}{L_0} = 0.0118 \Rightarrow \frac{d}{L} = 0.0403$$

$$\Rightarrow L = \frac{d}{0.0403}$$

$$\text{D'où : } d = 0.59 \text{ donc, } L = \frac{0.59}{0.0403}$$

$$L = 14.64m$$

Les résultats obtenus sont subdivisés en 3 classes :

- La première classe : 10 à 20 m
- La deuxième classe : 20 à 30 m
- La troisième classe : 30 à 40m

Ces résultats nous ont permis d'élaborer des cartes de la longueur d'onde de la houle.

III.5. Commentaire des cartes

III.5.1. Zone « A » de Chéraga

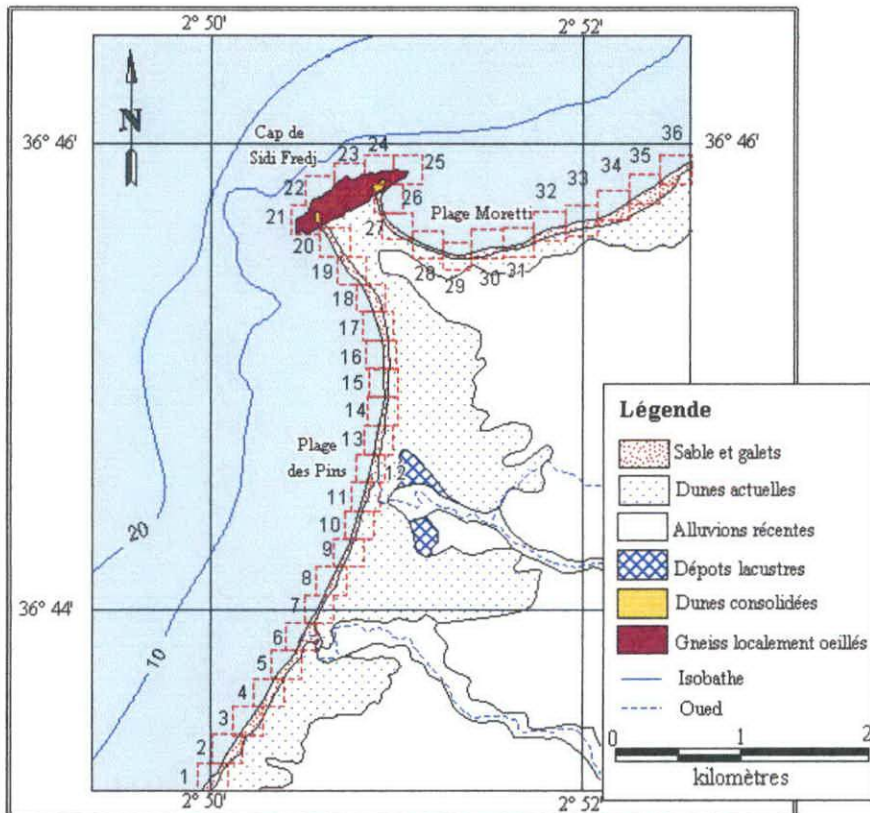


Fig. n°14 : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Chéraga.

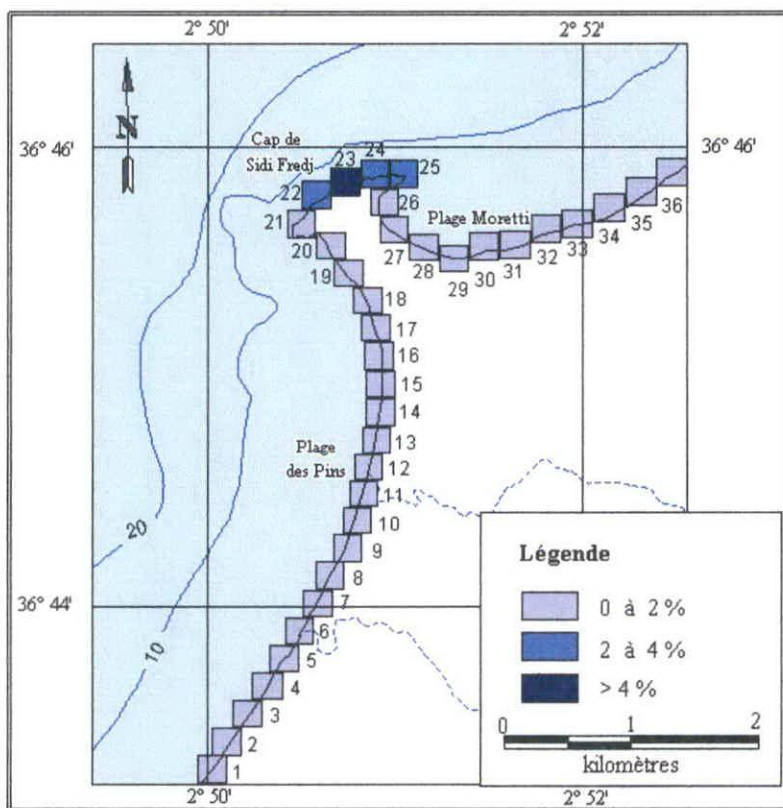


Fig. n° 15 : Carte des pentes de la zone « A » de Chéraga.

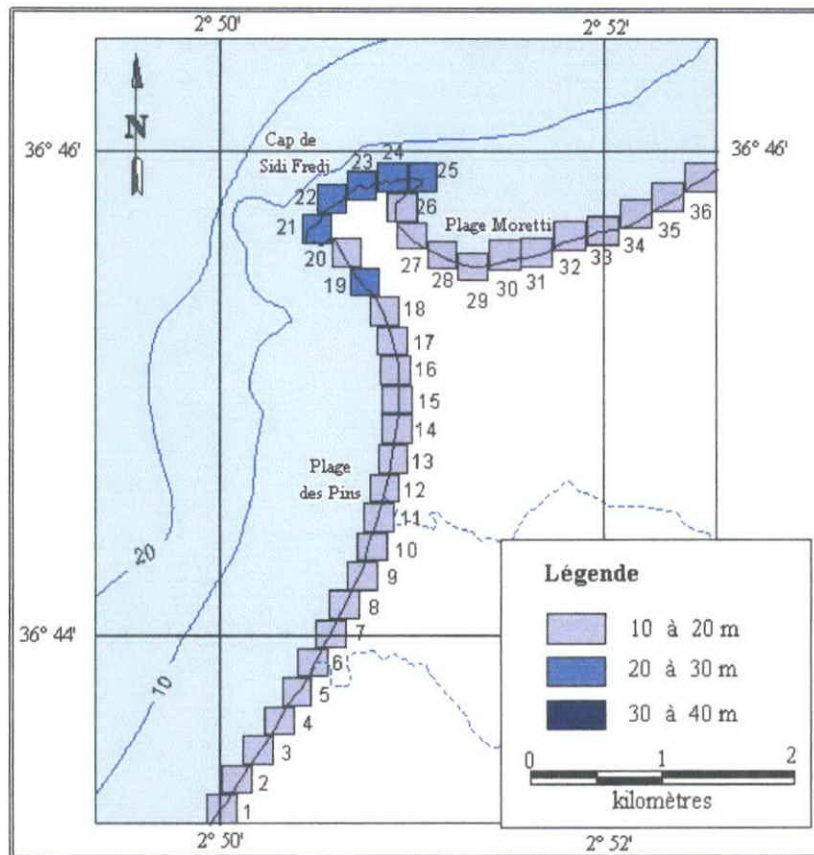


Fig. n° 16 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Chéraga.

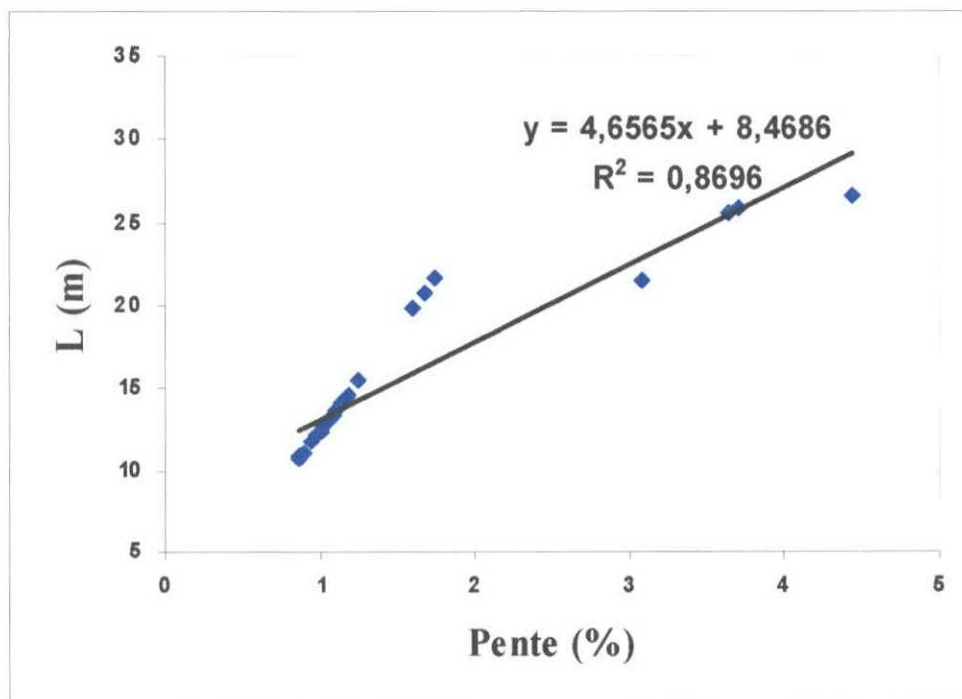


Fig. n° 17 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « A » de Chéraga.

La carte lithologique de Chéraga « A » montre l'existence de deux formes de la lithologie côtière ; des sables et galets qui sont des roches sédimentaires meubles, facile transportables par les courants et les vagues. Ces sables forment la plage Est et la plage Ouest de Sidi Fredj. A l'arrière de ces plage on trouve des dunes actuelles, ces ensembles sont alimentés par l'Oued Beni-Messous et celui du Mazafran.

Au niveau du cap de Sidi-Fredj, on observe l'affleurement d'un socle métamorphique à Gneiss d'origine profond. Ces gneiss se caractérisent par une dureté très élevée à cause de sa formation sous une haute pression et haute température. L'isobathe de 10m est très proche du trait de côte, en revanche, au niveau de la plage Est et la plage Ouest cet isobathe s'éloigne de rivage ce explique l'existence des fortes pentes face à la presqu'île de Sidi Fredj (des valeurs supérieurs à 4% sont enregistrées au carreau N°23)

Les faibles valeurs sont enregistrées au niveau des deux plages.

Les zones de fortes pentes se caractérisent par des houles avec des longueurs d'ondes très élevées donc elles subissent à une houle de forte énergie, au contraire les zones à faibles pentes (plages) sont face à une houle d'énergie moins importante à cause de l'amortissement de l'énergie de la houle par le fond.

La dureté du gneiss lui permet de résister à l'érosion causée par l'hydrodynamisme marin, par contre les sables des plages s'érodent facilement.

La plage Ouest est caractérisée par un degré d'érosion très élevé car elle est exposée à des houles les plus importantes et les plus violentes en période hivernal qui viennent de l'Ouest et Nord-Ouest, contrairement à la plage Est qui est à l'abri des houles violentes et exposé a des houles de direction Nord-Est.

Ceci se traduit par un coefficient de corrélation $R^2 = 0.8696$. Cependant, les points projetés dans le diagramme (Fig n° 17) correspondant aux différents points géographiques (carreaux sur cartes), selon lesquels ont été calculées les pentes, s'alignent selon deux droites regroupent les points géographiques de même lithologie. Ceci indique que pour même lithologie, l'érosion marine par la houle va dépendre de la pente du point géographique.

III.5.2. Zone « B » de Chéraga

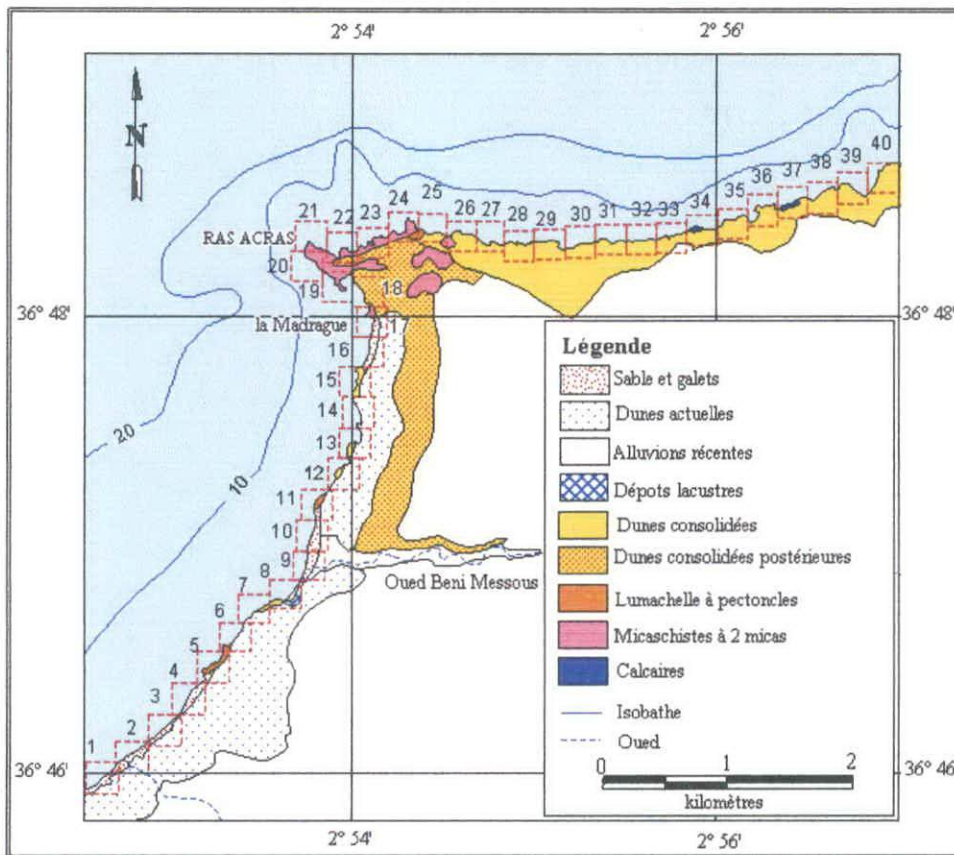


Fig. n°18 : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Chéraga.

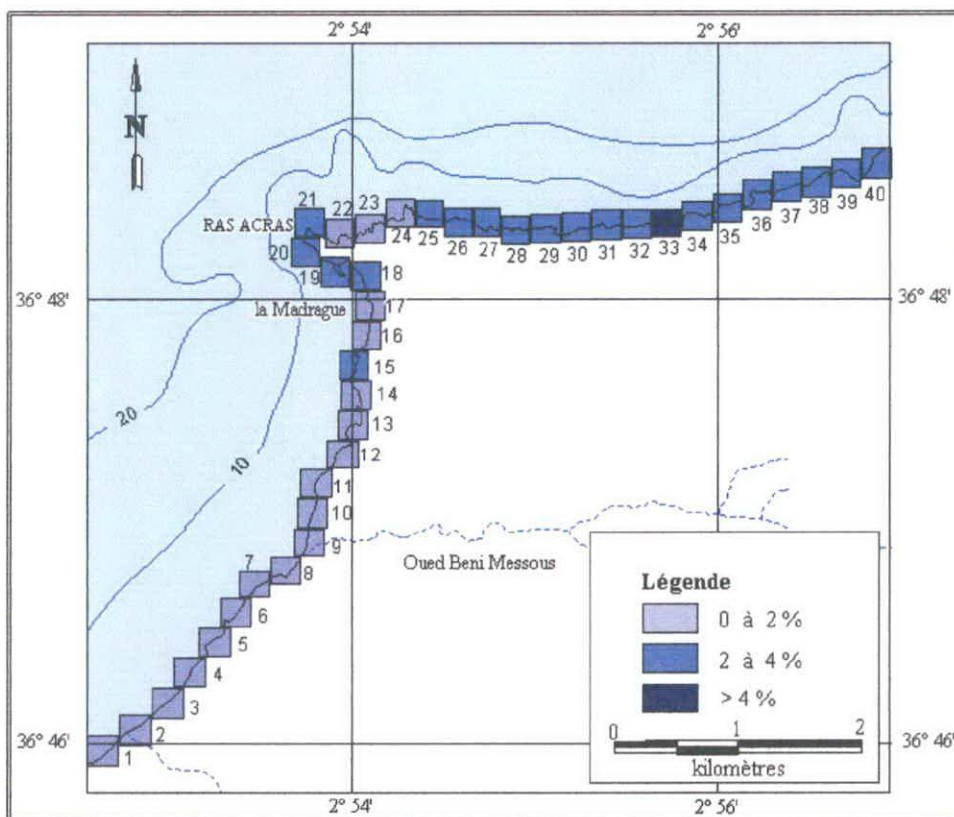


Fig. n° 19 : Carte des pentes de la zone « B » de Chéraga.

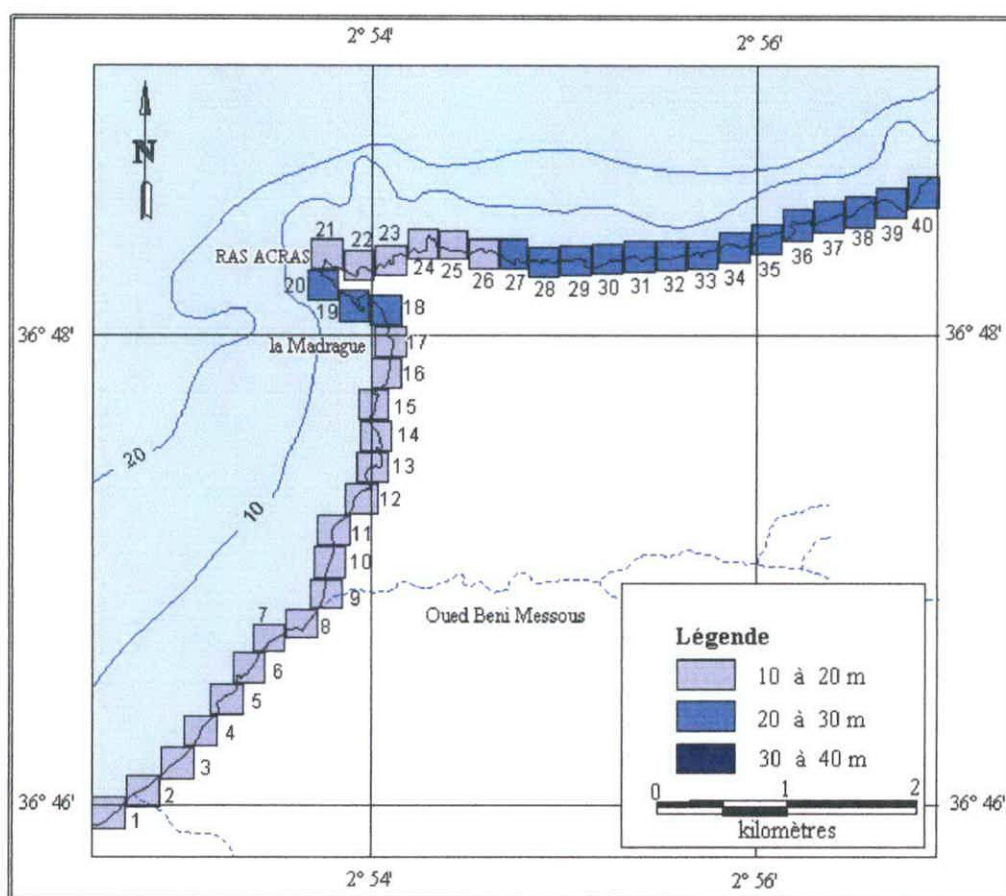


Fig. n° 20 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Chéraga

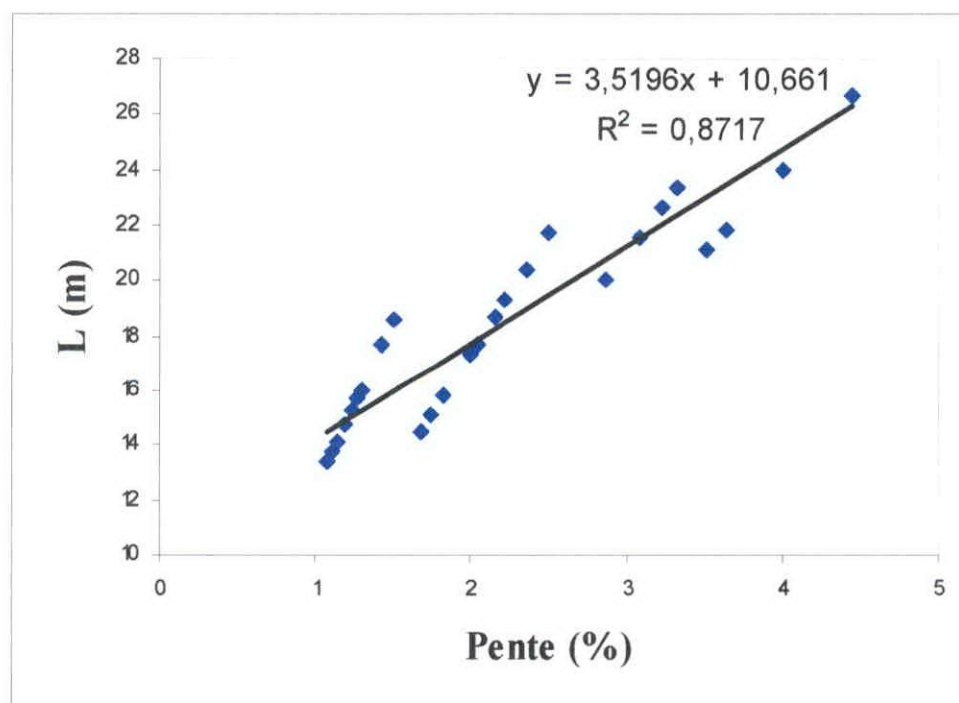


Fig. n° 21 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « B » de Chéraga.

D'après la carte lithologique de Chéraga « B », on distingue plusieurs formes de la lithologie côtière, à l'Ouest de Oued Beni Messous, on observe des sables et des galets (la continuité de la plage Est de Sidi-Fredj) ainsi qu'au niveau de l'embouchure de ce dernier. Entre ces deux plages, il existe des formations dunaires (dunes actuelles carreau n°6 et 7, dunes consolidées carreau n°8) et aussi l'apparition de lumachelles à peptoncles (carreau n°6). A l'Est de Oued Beni Messous, la côte est constituée essentiellement des dunes consolidées d'une nature gréseuse, avec l'apparition des dunes actuelles (carreau n°13 et 14) et des accumulations sableuses.

Au niveau du Ras Acras, on observe un affleurement métamorphique (Micaschiste à deux micas) qui a une dureté très élevée.

À l'Est de cet affleurement, on trouve des falaises formées par des dunes consolidées gréseuses avec quelques formations du calcaire.

La carte des pentes montre que les plus grandes valeurs des pentes se retrouvent entre Ras Acras et l'extrême Est-ce correspondant au caractère rocheux de cette zone. Les faibles pentes caractérisent la partie Ouest due à la présence de Oued Beni Messous.

Les houles où les longueurs sont importantes (20 à 30m) se retrouvent sur les zones à fortes pentes.

Donc on peut dire que les côtes rocheuses sont exposées à des houles de forte énergie, contrairement aux zones à faibles pentes qui sont exposées à une houle d'énergie moins importante.

Les micas schistes ont une dureté très élevée donc ils ont une résistivité importante à l'effet érosif de la houle, ce qui explique la forme d'un cap de cette zone.

Le test de corrélation entre la pente et la longueur d'onde de la houle correspondante donne un coefficient de corrélation $R^2 = 0,8717$ ce qui montre encore une fois l'existence d'un lien étroit entre ces deux paramètres.

Les points projetés dans le diagramme (Fig n° 21) s'alignent en quatre droites secondaires ce qui montre une différence de la lithologie au niveau de cette zone. Chaque droite regroupe les unités géographiques (carreaux) de même lithologie.

III.5.3. Zone « A » de Koléa

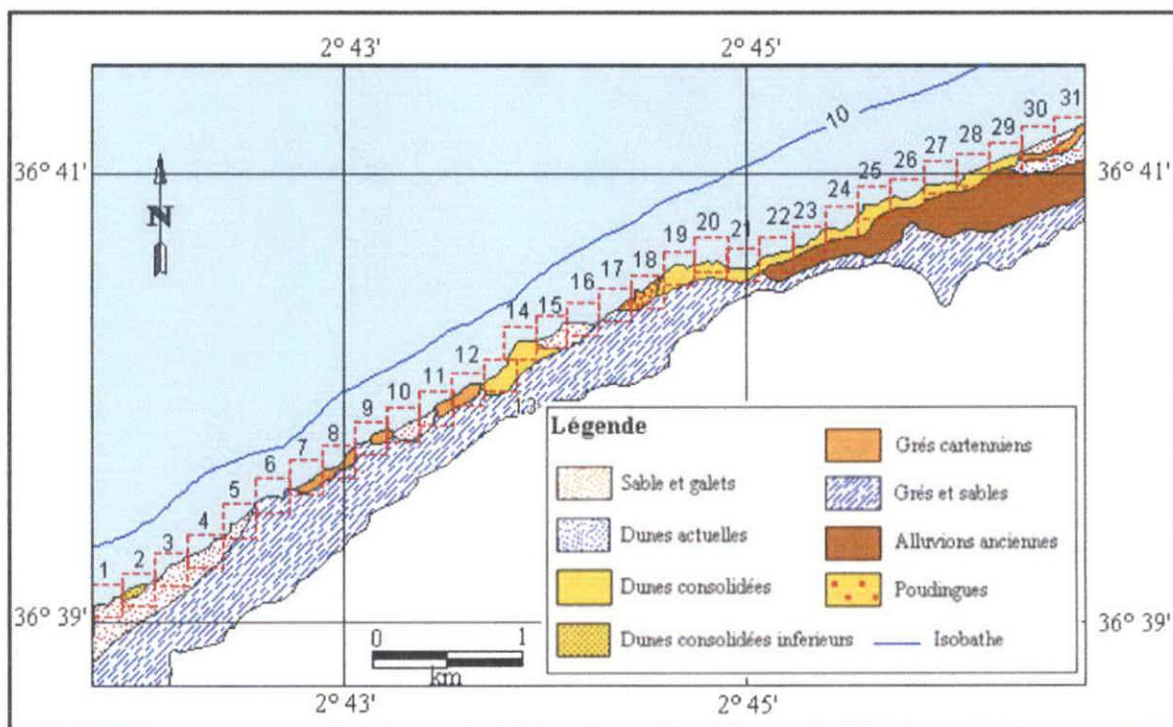


Fig. n°22 : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » du Koléa.

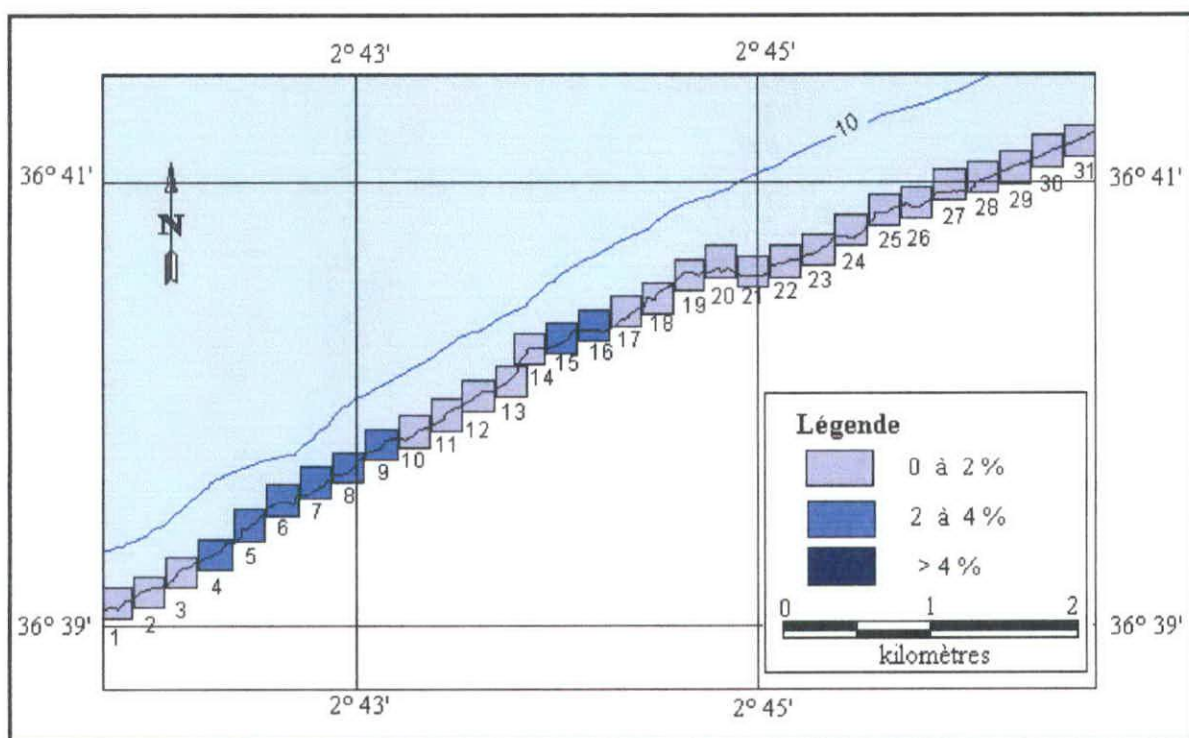


Fig. n°23 : Carte des pentes de la zone « A » du Koléa.

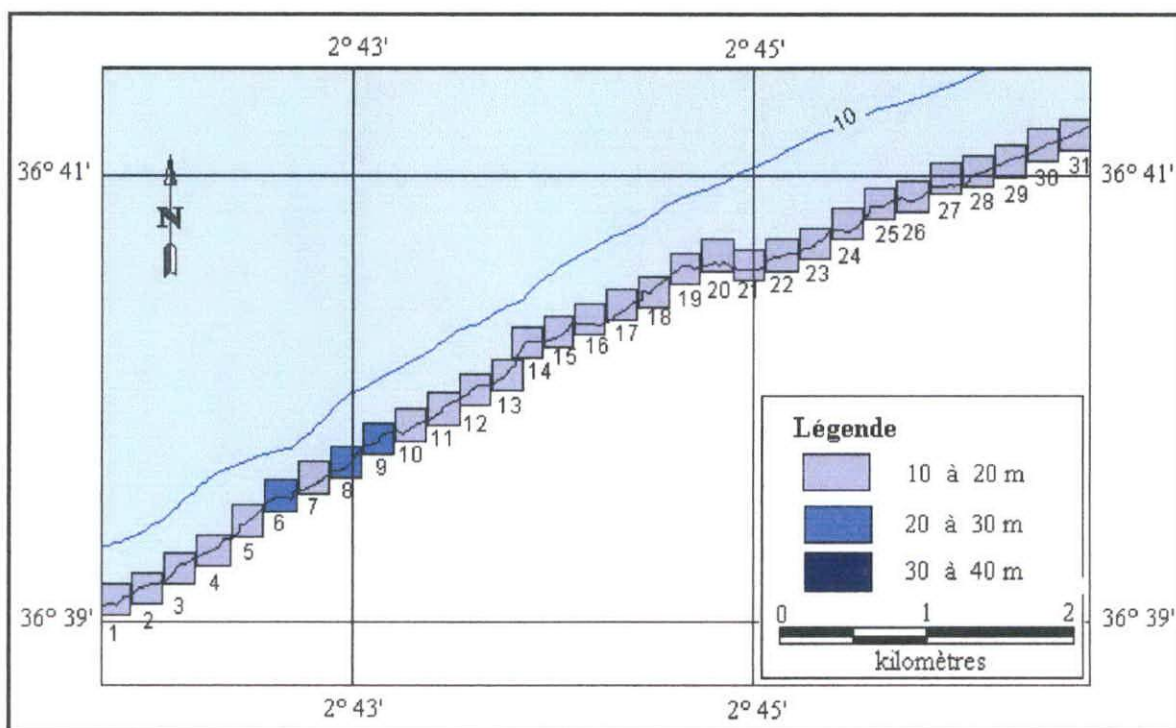


Fig. n° 24 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » du Koléa.

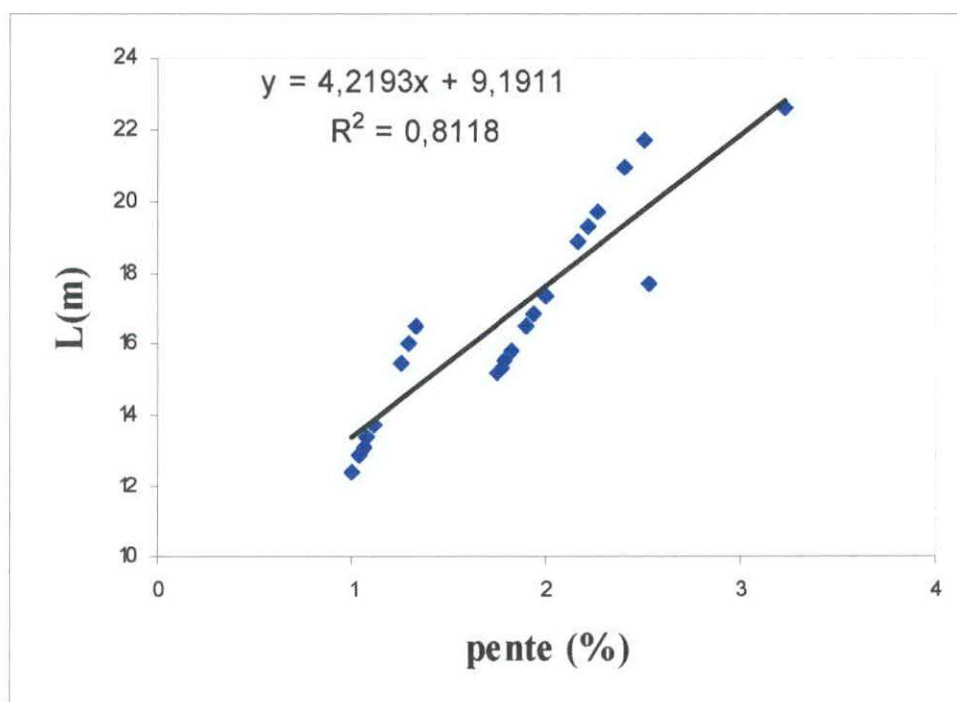


Fig n° 25 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « A » du Koléa.

La carte lithologique de Koléa « A » montre la présence de plusieurs formes lithologiques le long de la côte :

- les sables et des galets des plages sont observés à les extrêmes Est et Ouest, et au centre de la carte (carreaux 10, 11,15 et 16).
- Les dunes consolidées de nature gréseuse se localisent à l'Est et à Fouka Marine (carreau 13 et 14).
- Les poudingues se retrouvent à l'Est de Fouka Marine.
- Les grés carteniens se retrouvent à l'Ouest de Fouka Marine.

A l'Ouest de Fouka marine, au niveau des carreaux n°4 à 9, l'isobathe de 10m est très proche du rivage indiquant des valeurs élevées des pentes de l'ordre de 2 à 4%, ainsi que dans la partie Est de Fouka (carreaux n°15 et 16).

Le reste de la côte est caractérisé par des pentes variant entre 0 et 2%.

La zone représentée par les carreaux n°6 ,7 ,8 et 9 est caractérisée par une houle forte que le reste de la zone.

Les grés des dunes consolidées ne se comportent pas de la même façon à l'érosion marine à cause de la différence de degré de la consolidation (dureté).

Alors on peut dire que les zones où la pente est élevée, les houles présente des grandes valeurs de longueurs d'ondes donc une forte agitation.

Ceci se traduit aussi par un coefficient de corrélation $R^2 = 0.8118$. Les points projetés dans le diagramme montre une lithologie variée.

III.5.4. Zone « B » de Koléa

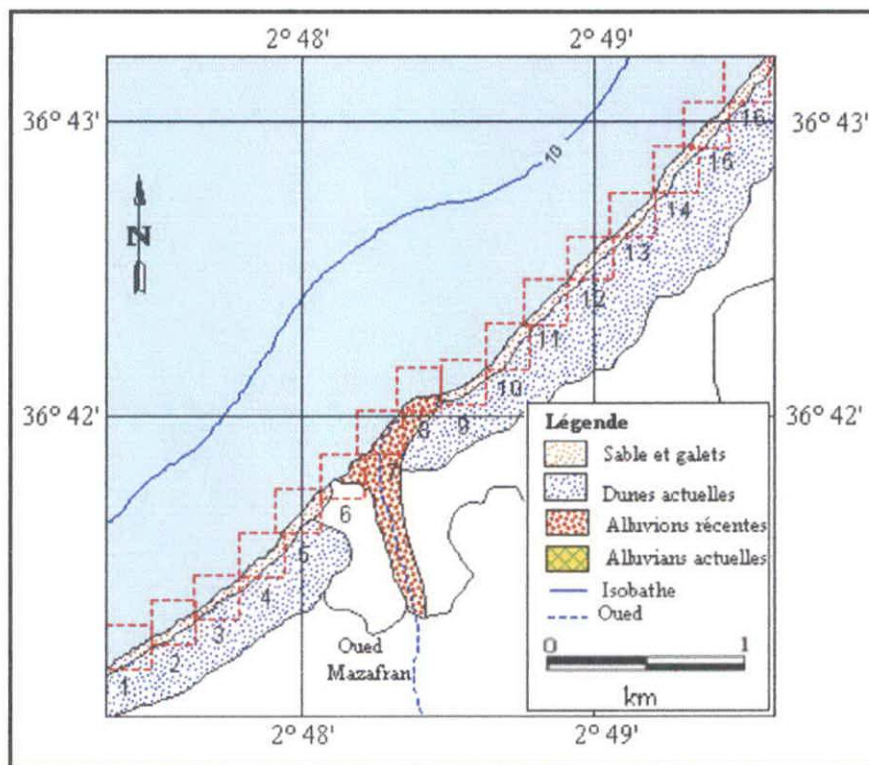


Fig. n°26 : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » du Koléa.

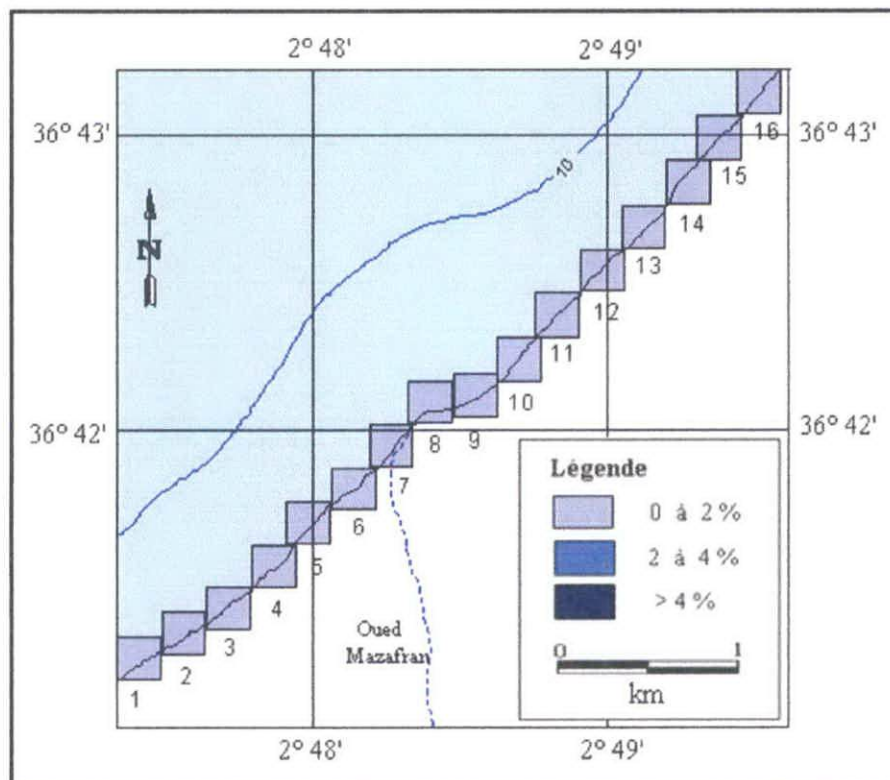


Fig. n°27 : Carte des pentes de la zone « B » du Koléa.

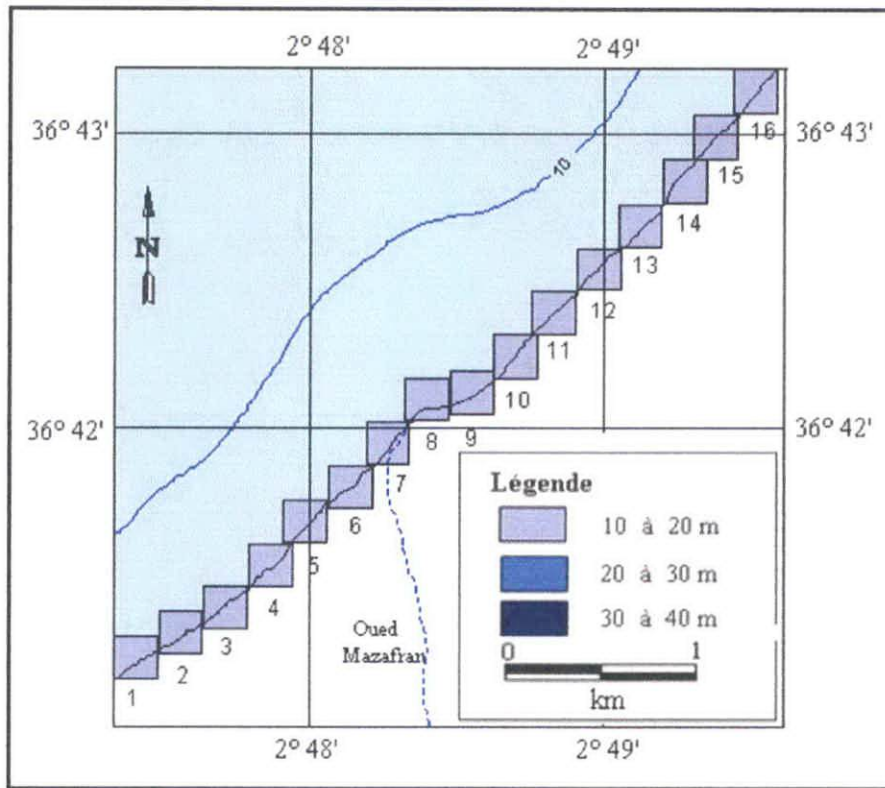


Fig. n° 28 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » du Koléa.

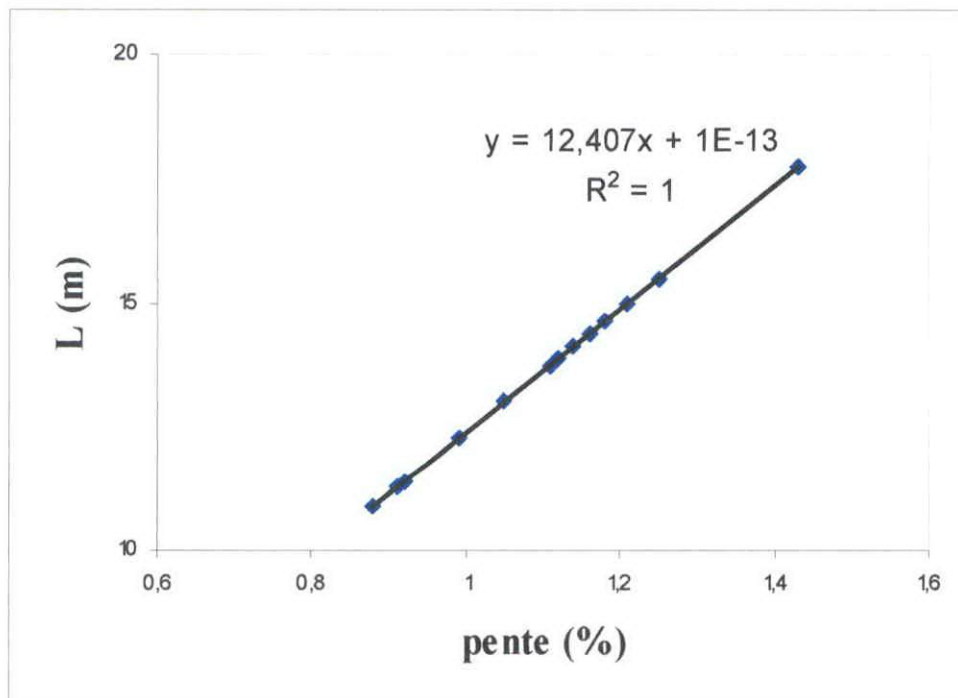


Fig n° 29 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « B » du Koléa.

La carte lithologique présente une plage extrêmement longue renfermant des dunes actuelles avec des alluvions actuelles d'origine terrigène autour de l'embouchure de l'Oued Mazafran. Les faibles valeurs de pente engendrent des houles de faible longueur d'onde, on confirme ces résultats par le test de corrélation qui donne un coefficient de corrélation égale à 1.

Donc en absence de l'influence de la lithologie (même roches affleurent sur toute la zone), les longueurs d'onde dépendent directement de la pente.

Fig. n°31 : Carte des pentes de la zone « A » de Tipaza.

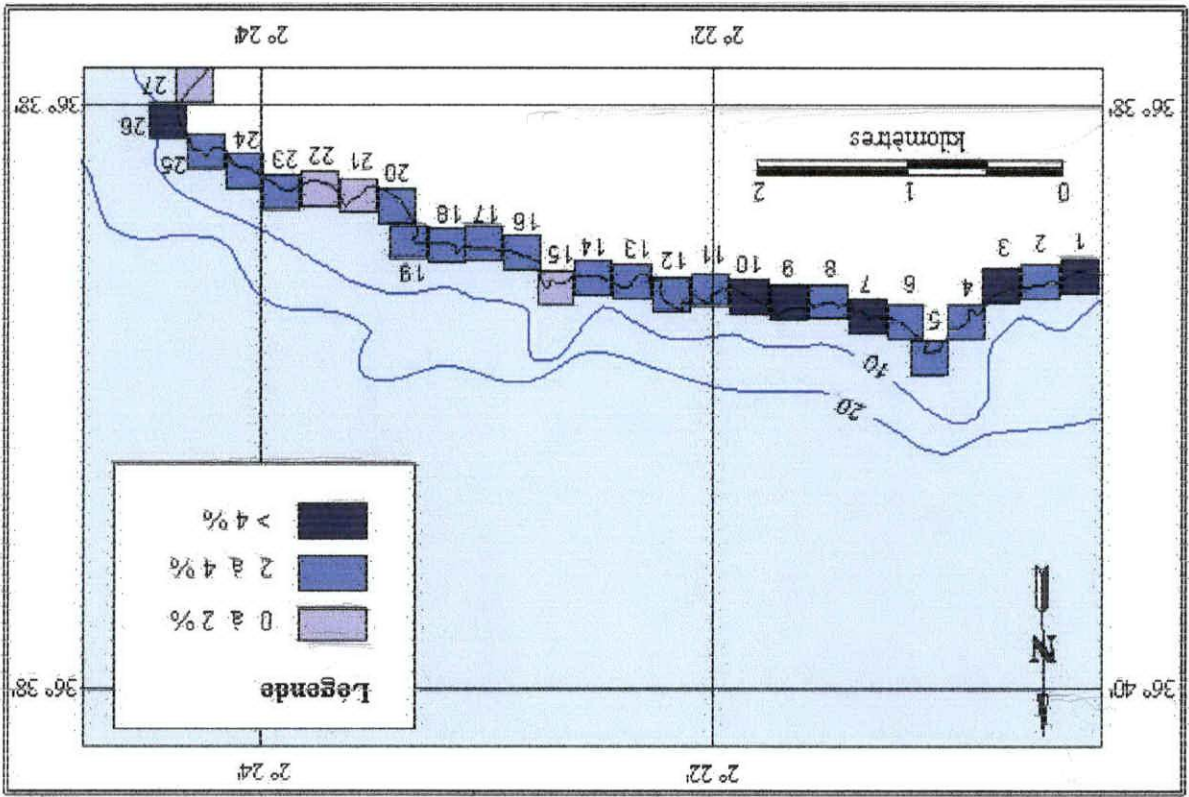
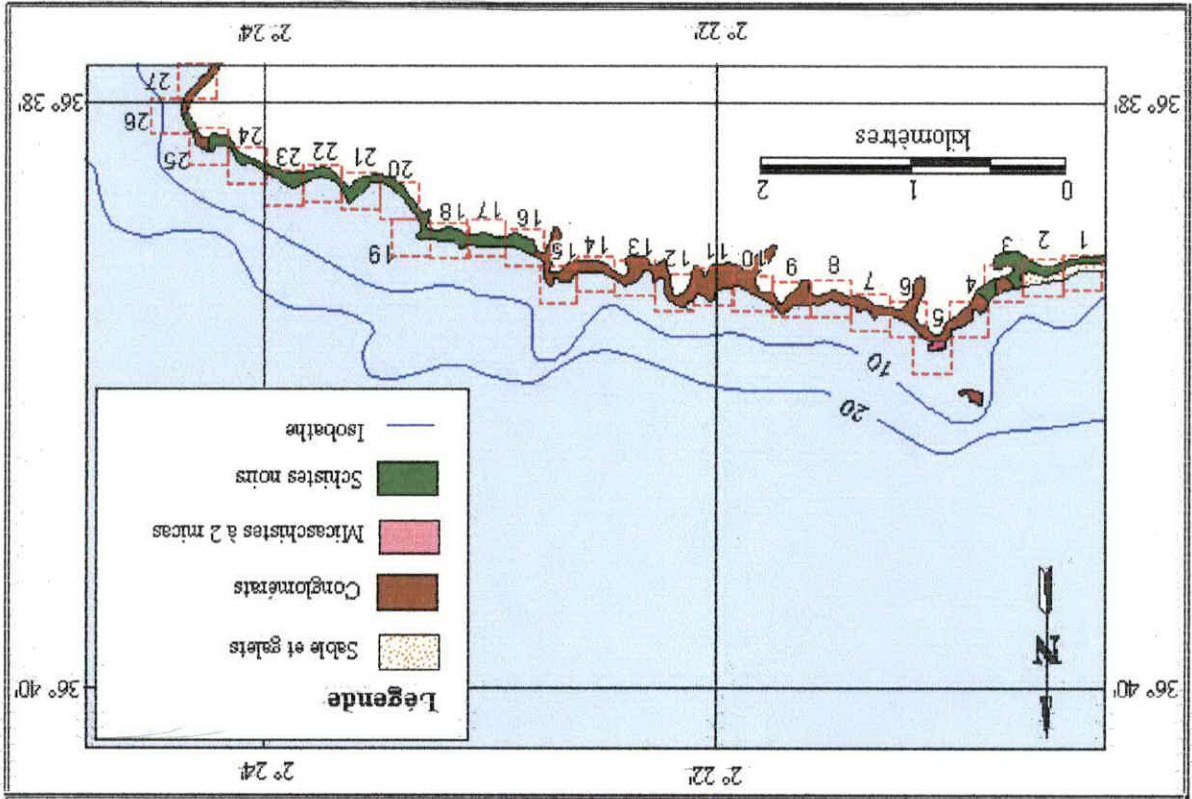


Fig. n°30 : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Tipaza.



III.5.5. Zone « A » de Tipaza

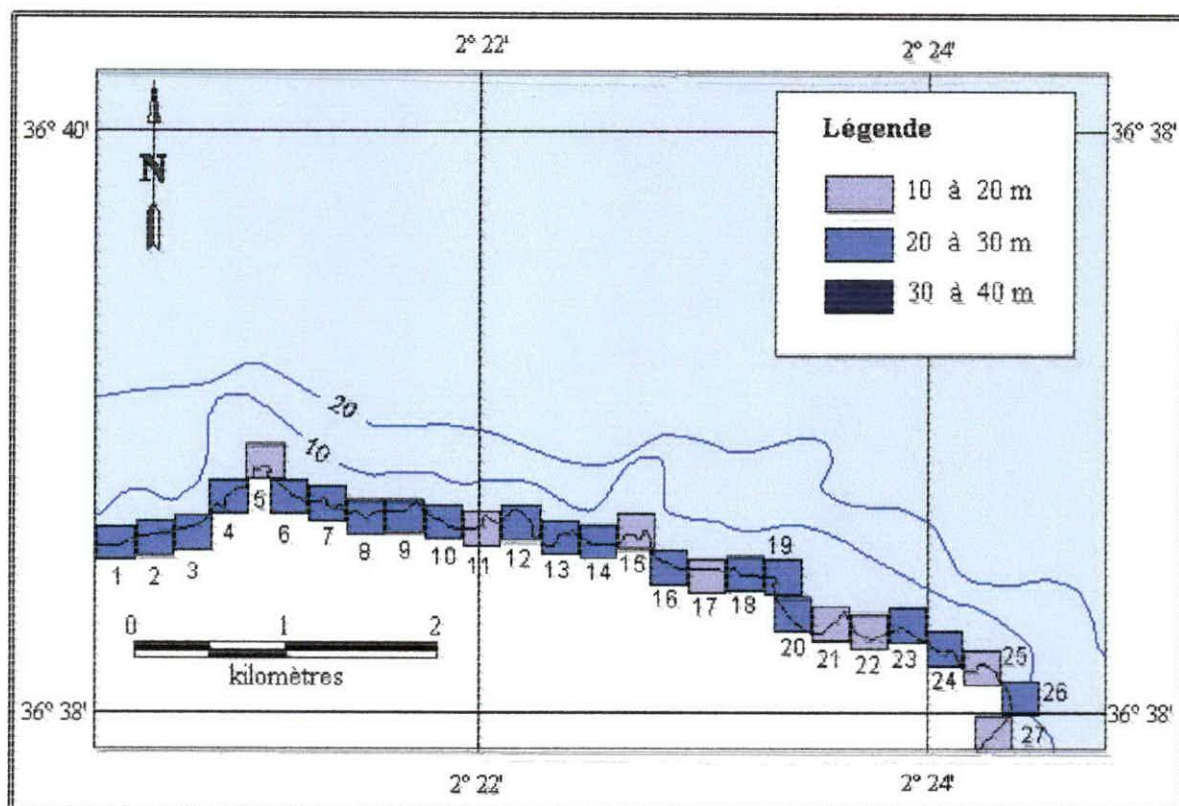


Fig. n° 32 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Tipaza.

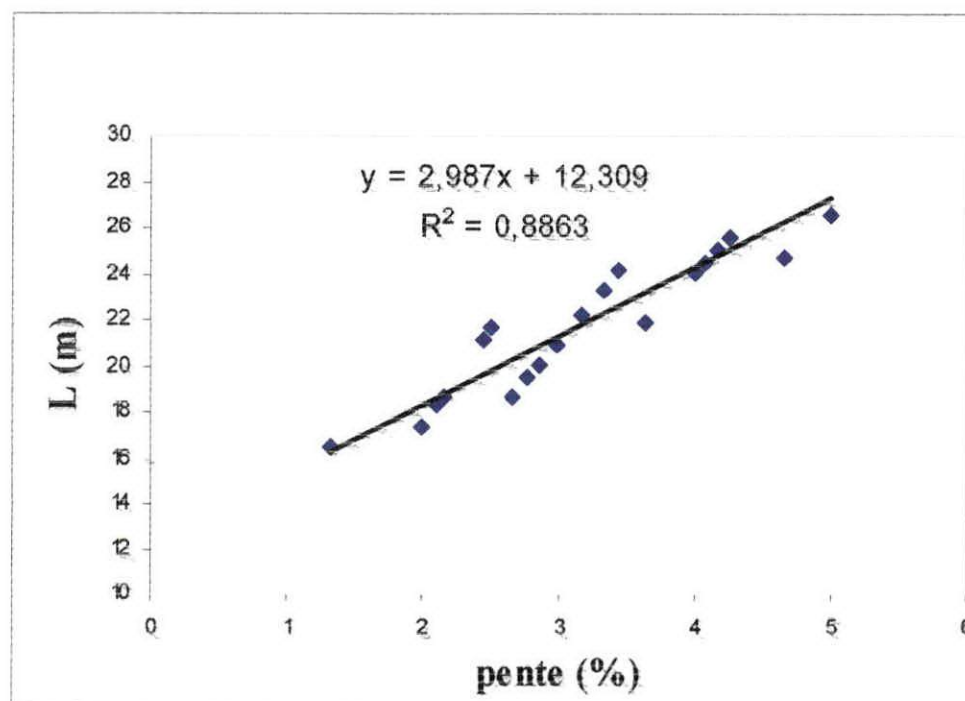


Fig. n° 33 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « A » de Tipaza.

La carte lithologique de Tipaza « A », les schistes affleurent à l'Est ainsi qu'à l'extrême Ouest. Ces schistes sont des roches métamorphiques de forte dureté (falaises abruptes non aplanies par l'érosion) ce qui explique les fortes pentes indiquées sur la carte. Les conglomérats occupent la partie centrale du massif de Chenoua traduisant toujours des pentes élevées. On remarque un affleurement de micaschiste au niveau de carreau n° 5 de dureté plus élevée que les roches décrites précédemment ce qui explique l'état non érodable de cette pointe vis-à-vis des autres. Ces affleurements métamorphiques sont dus à l'activité tectonique (faille de Chenoua).

Le degré de l'érosion se manifeste différemment même pour une telle lithologie. Plusieurs facteurs tels que la tectonique, la pente, le degré de fracturation, l'amplitude de la houle... etc, interviennent pour déterminer ce degré.

Le diagramme de corrélation ($R^2 = 0.8863$) indique une lithologie variée le long de la zone. Cette variabilité est montrée par la distribution des points en cinq droites secondaires.

III.5.6. Zone « B » de Tipaza

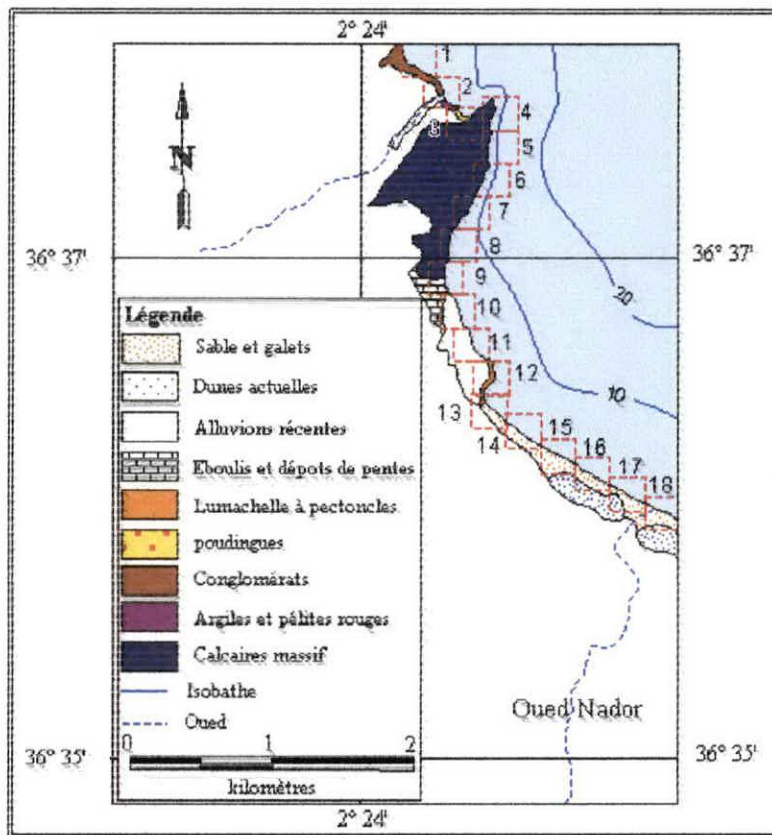


Fig. n°34 : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Tipaza.

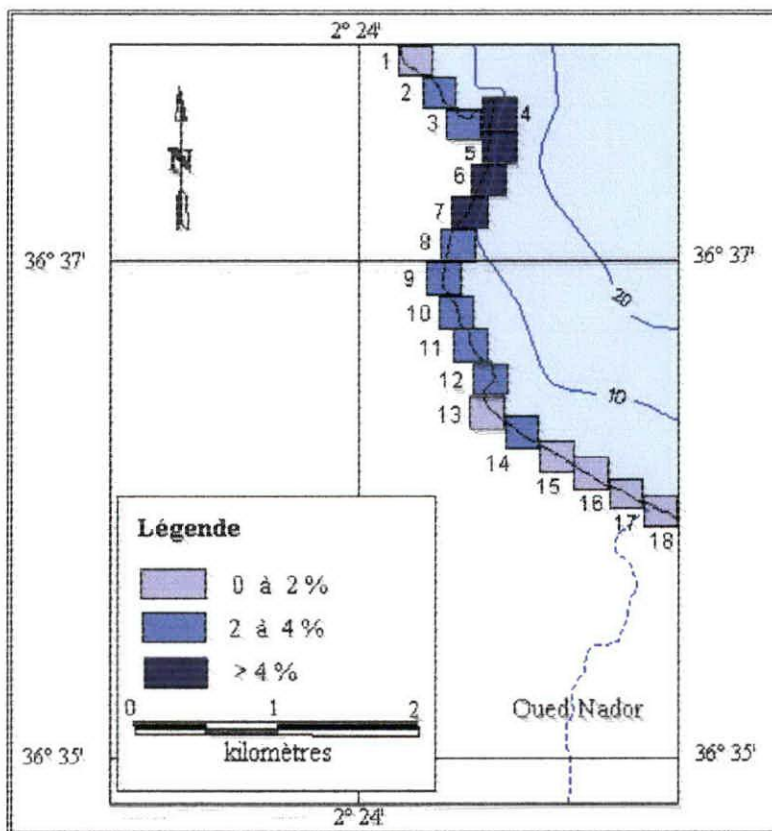


Fig. n°35 : Carte des pentes de la zone « B » de Tipaza.

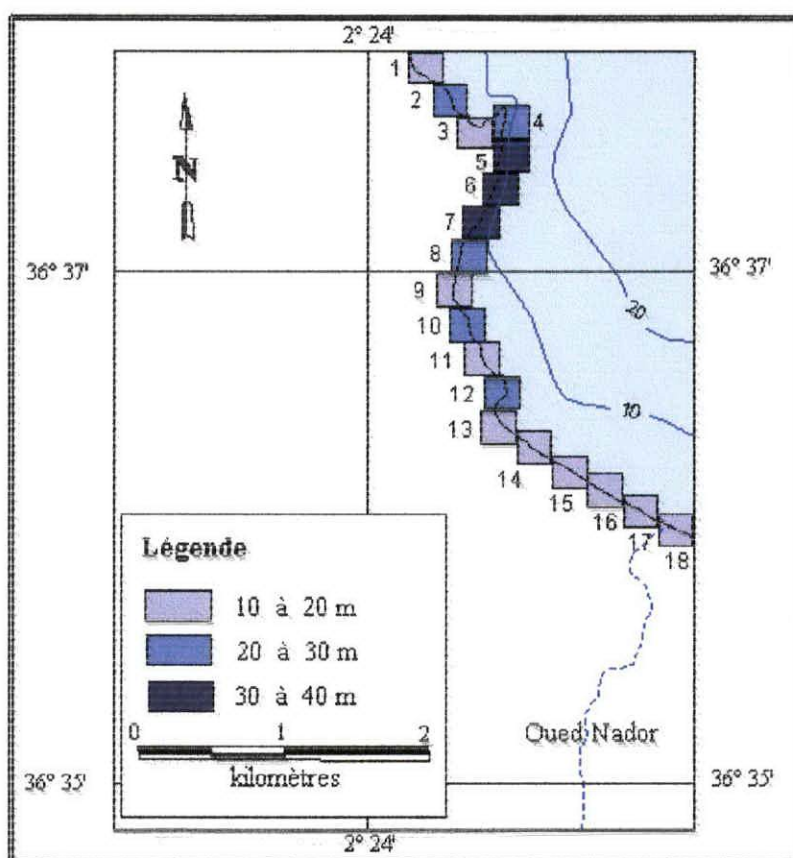


Fig. n° 36 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Tipaza.

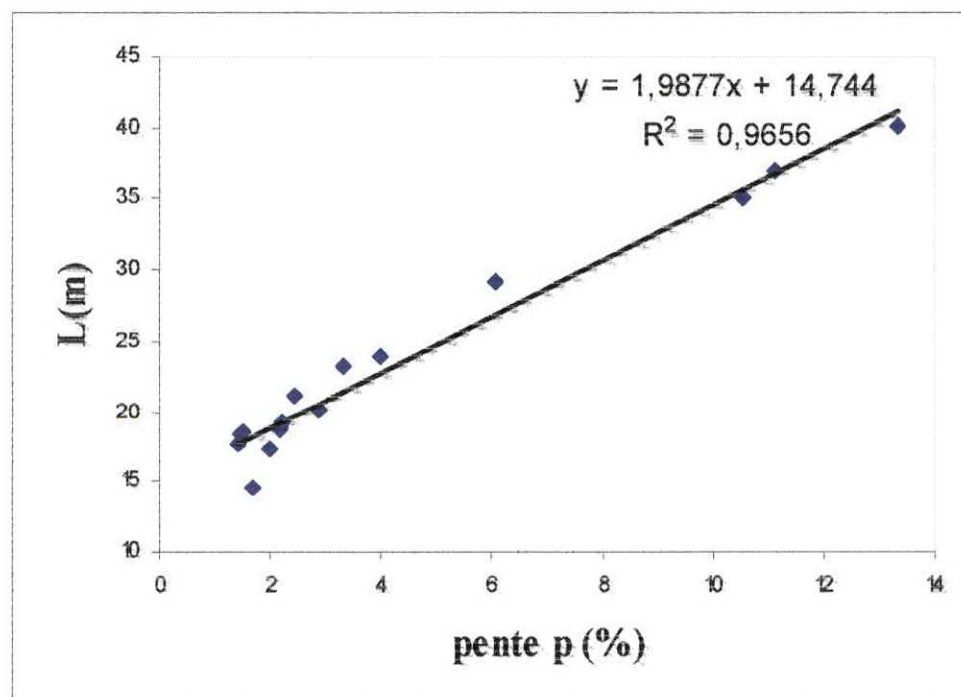


Fig. n° 37 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « B » de Tipaza.

La carte Tipaza « B » montre une structure lithologique complexe présentant plusieurs formations, une formation de conglomérats à l'extrême ouest suivi par des massifs calcaires au niveau de la pointe Chenoua. Par la suite viennent les alluvions récentes, les sables qui favorisent la formation d'une plage assez longue avec des dépôts dunaires importants dont l'Oued Nador est le premier fournisseur de cette accumulation.

Sur la carte des pentes, on observe de fortes valeurs des pentes au niveau de la pointe du Chenoua, où se localise le massif calcaire qui est semble être une roche particulièrement très dure. Vers l'Est, l'isobathe de 10 m s'éloigne de plus en plus du rivage et les pentes commencent à s'adoucir, et les faibles valeurs sont enregistrées à l'embouchure de Oued Nador.

Le massif calcaire (pointe du Chenoua) est exposé à la houle la plus fréquente avec des longueurs d'onde variant entre 30 à 40m, et grâce à sa forte dureté il résiste à l'effet érosif des vagues. Les houles de Chenoua plage sont de faible amplitude.

Le test de corrélation entre la pente et la longueur d'onde de la houle correspondante donne un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9656$ ce qui montre l'existence d'un lien étroit entre ces deux paramètres dans cette zone.

Le diagramme représente une distribution des points en plusieurs droites secondaires (différents types de la lithologie). Ce qui montre l'influence de la lithologie au niveau de cette zone.

III.5.7. Zone « C » de Tipaza

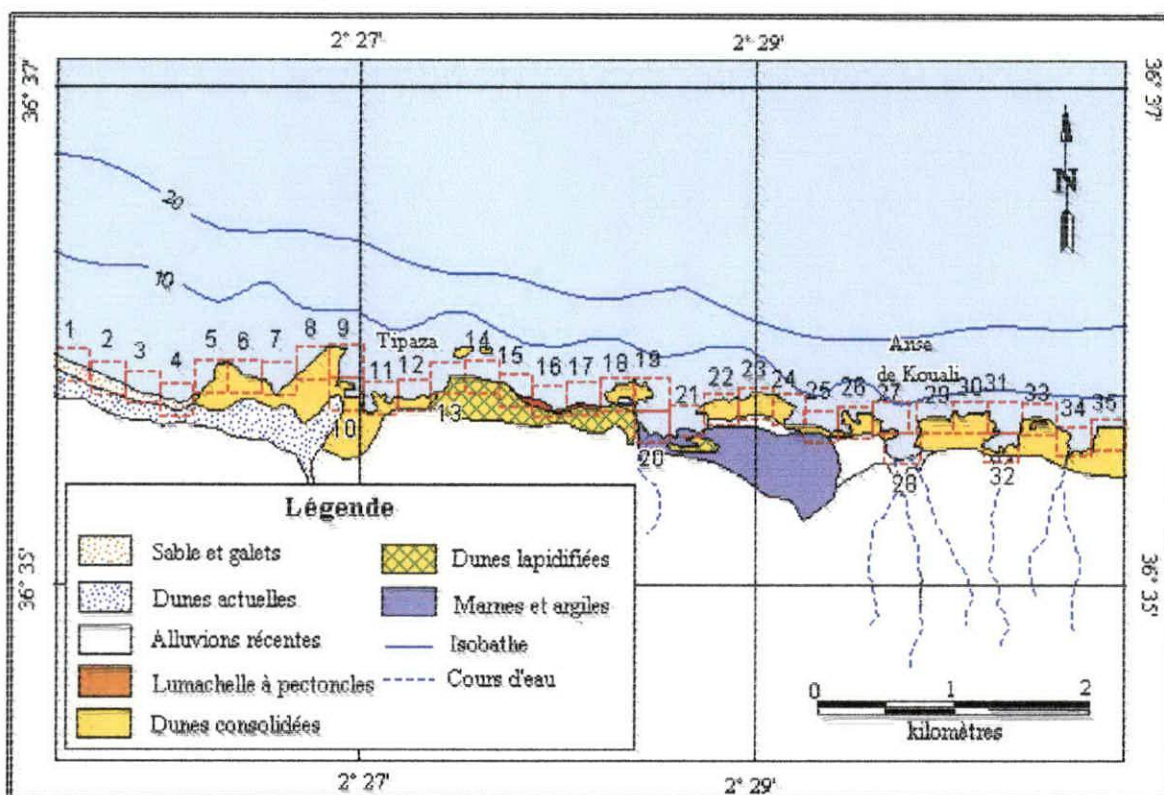


Fig. n°38 : Carte de la lithologie côtière de la zone « C » de Tipaza.

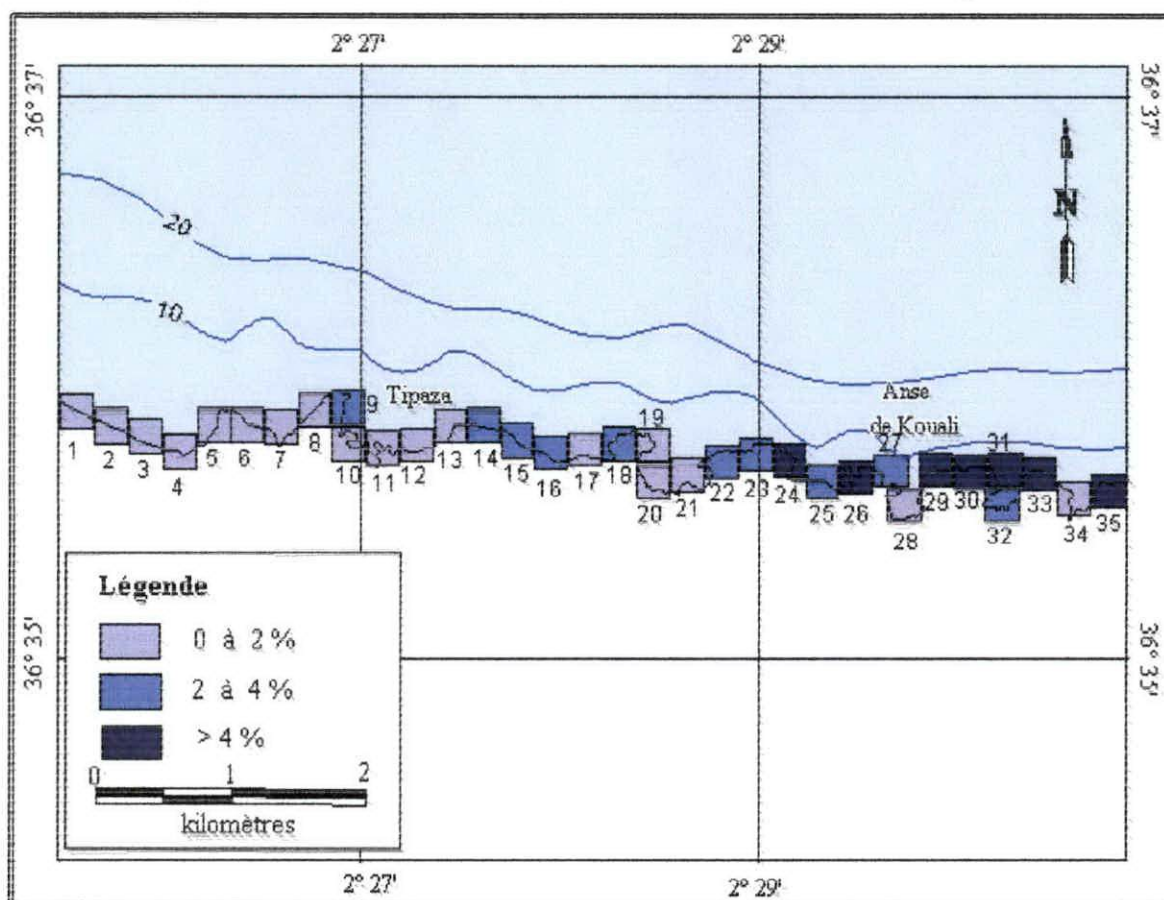


Fig. n°39 : Carte des pentes de la zone « C » de Tipaza.

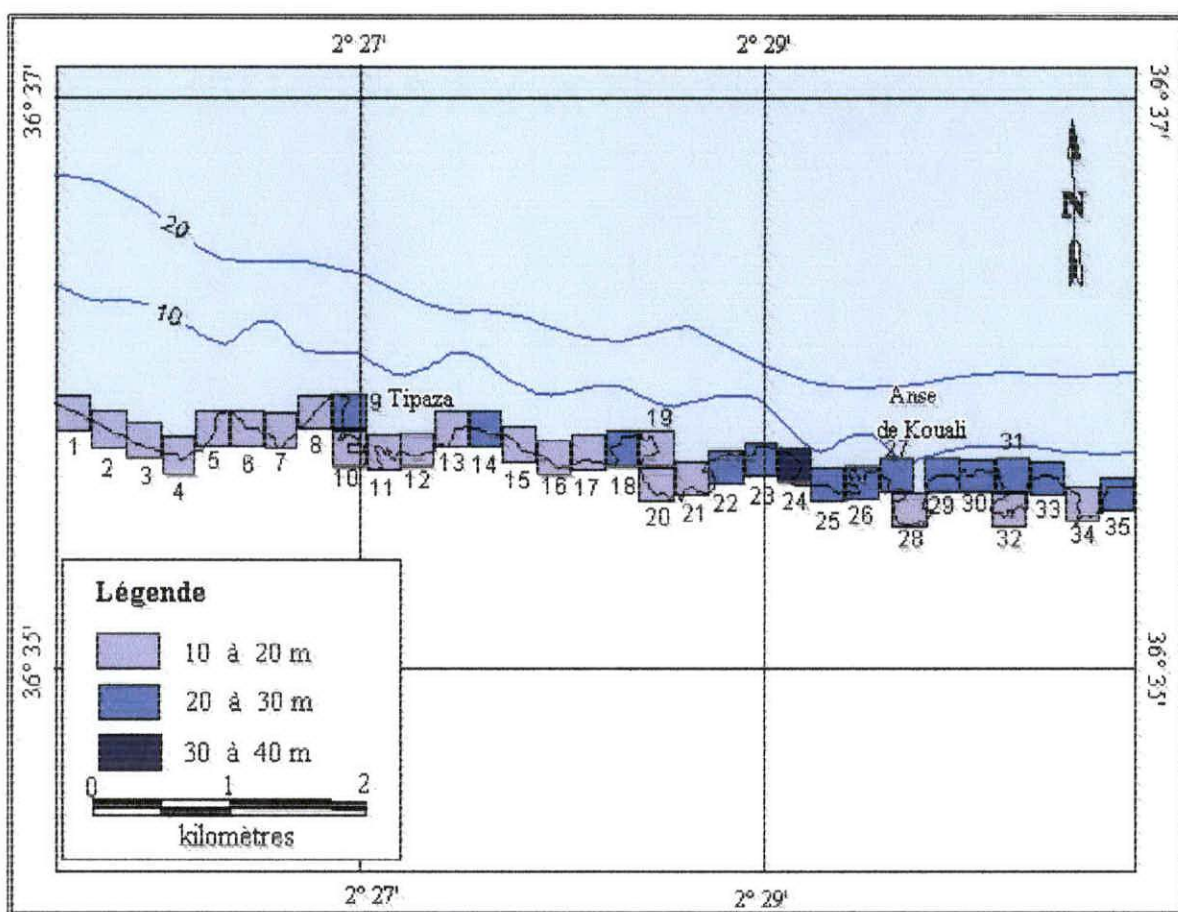


Fig. n° 40 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « C » de Tipaza.

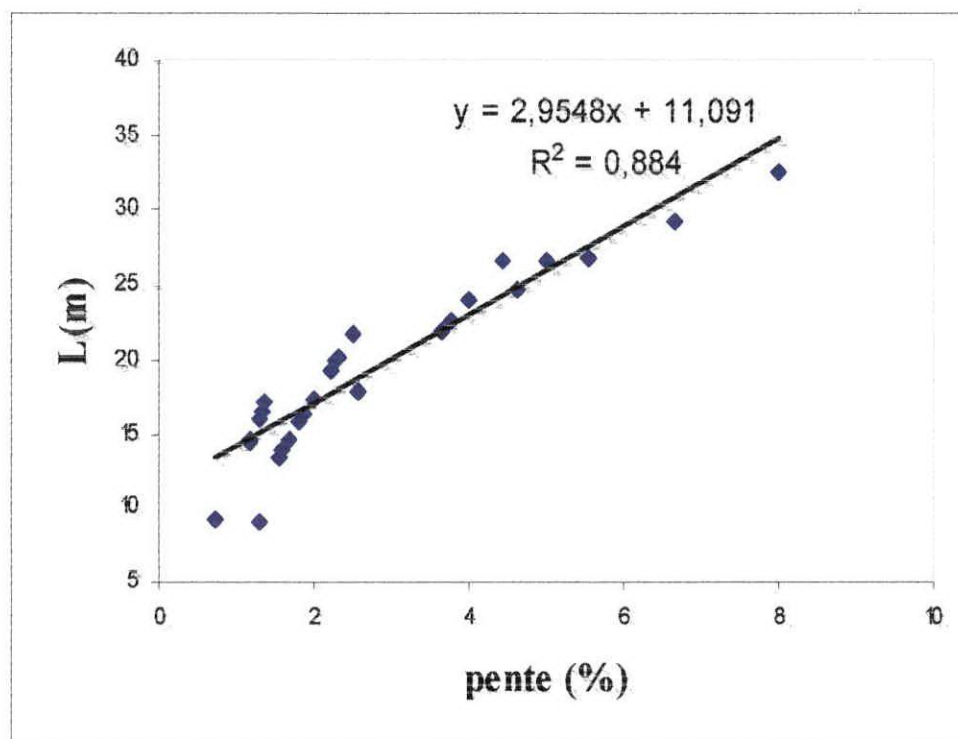


Fig. n° 41 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « C » de Tipaza.

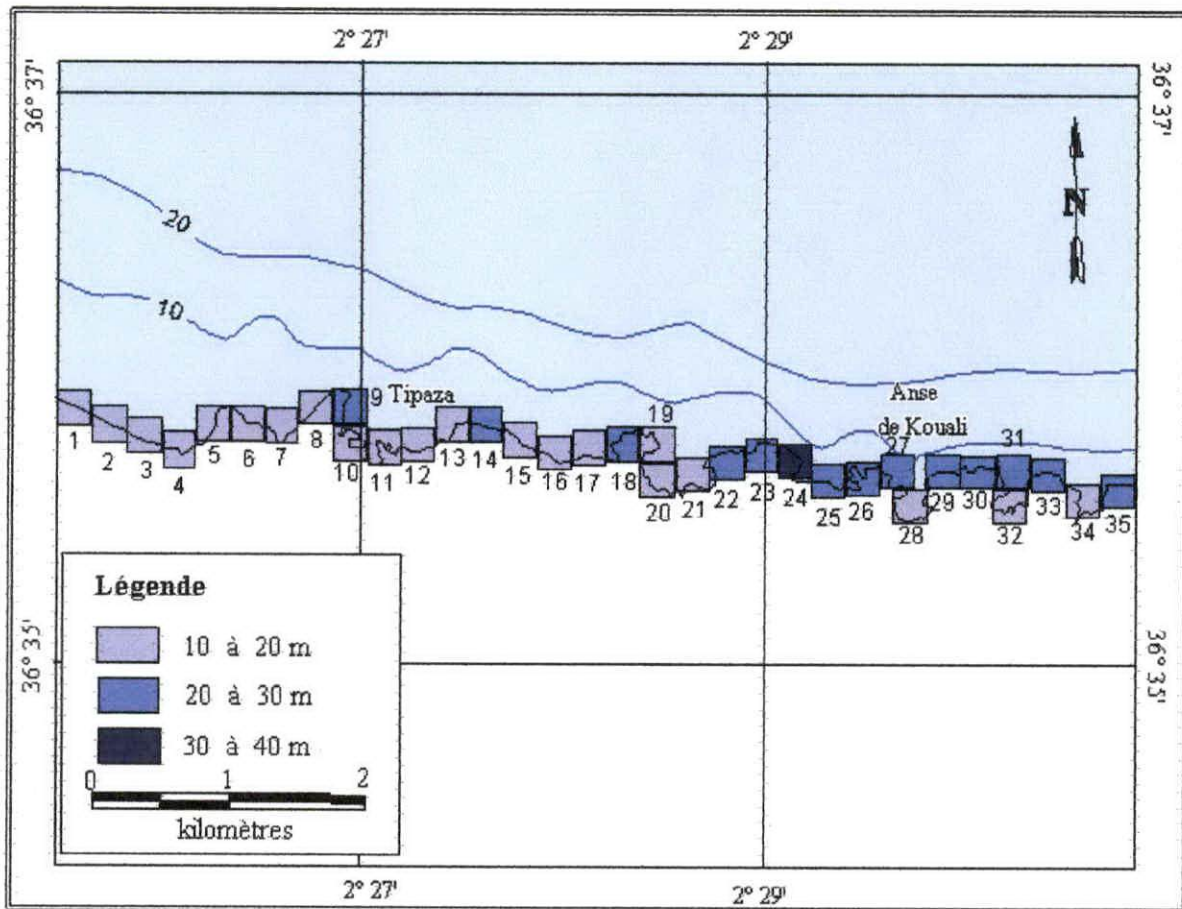


Fig. n° 40 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « C » de Tipaza.

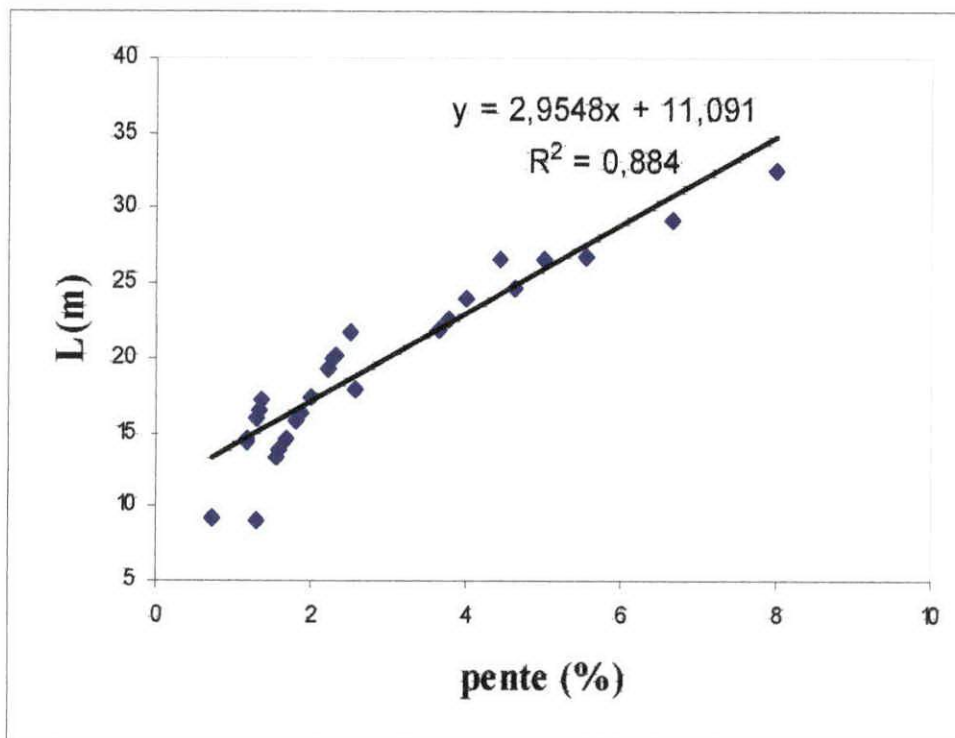


Fig. n° 41 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « C » de Tipaza.

La carte Tipaza « C » montre une structure lithologique assez uniforme représentée essentiellement par dépôts dunaires à savoir des dunes lapidifiées et dunes consolidées ainsi que les sables et les galets avec la présence dans la partie centrale d'une formation des marnes et d'argiles et une formation d'alluvions récentes au niveau de l'anse de Kouali. La morphologie du site indique une alternance de caps et d'anses. Ces anses ont pour origine d'érosion continentale par les ravins et les ravines du Sahel.

Les faibles valeurs de pentes se retrouvent dans la partie Ouest (plages) et au niveau des anses. Au niveau des caps, les valeurs de pentes augmentent.

Pour les longueurs d'onde de la houle on observe les faibles valeurs au niveau des plages et des anses tandis que les fortes houles agissent sur les côtes de dunes anciennes. La houle au niveau des anses est amortie par présence de platiers, qui sont des formes d'érosion.

Le test de corrélation entre la pente et la longueur d'onde de la houle correspondante donne un coefficient de corrélation $R^2 = 0,884$ ce qui montre l'existence d'un lien étroit entre ces deux paramètres.

III.5.8. Zone « D » de Tipaza

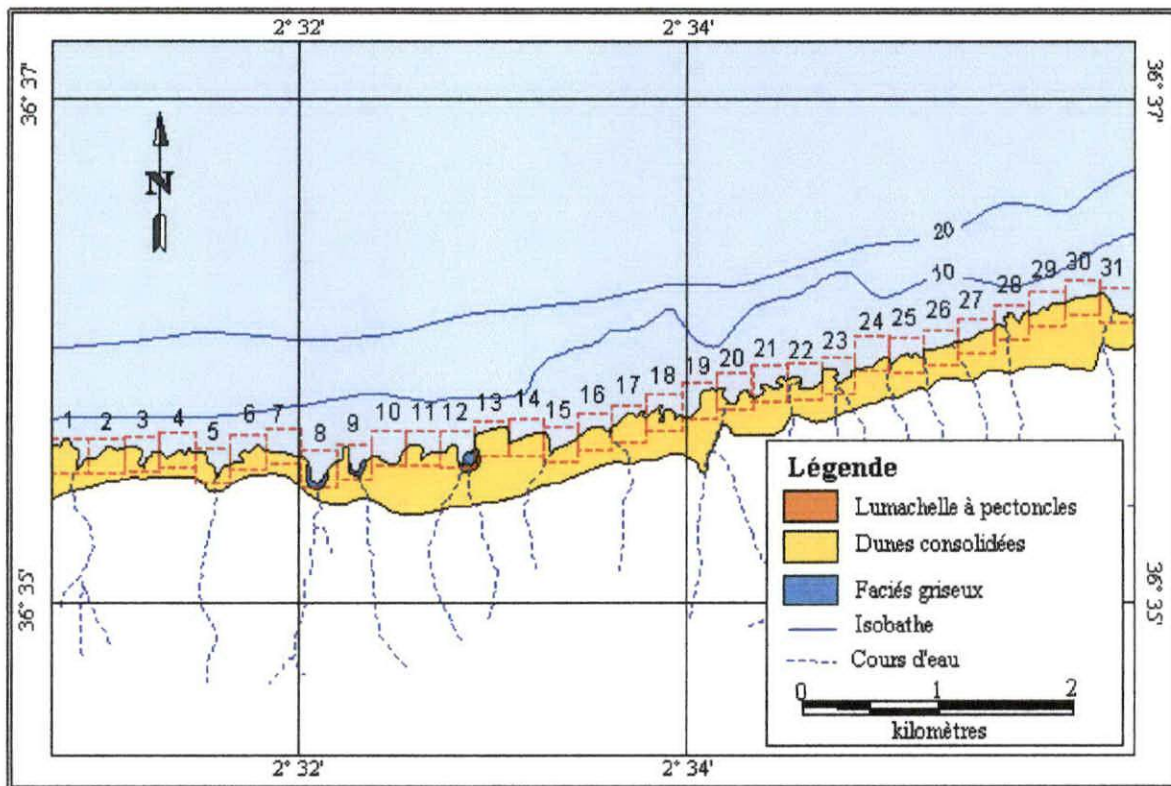


Fig. n°42: Carte de la lithologie côtière de la zone « D » de Tipaza.

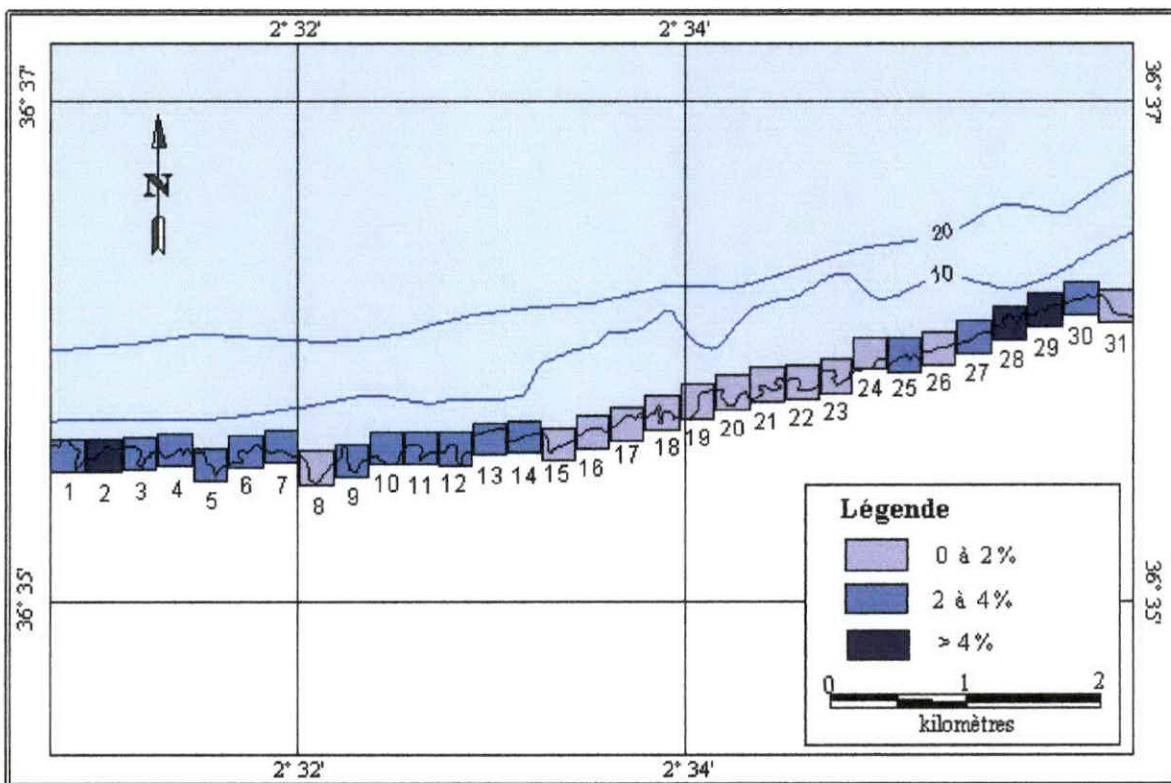


Fig. n°43 : Carte des pentes de la zone « D » de Tipaza

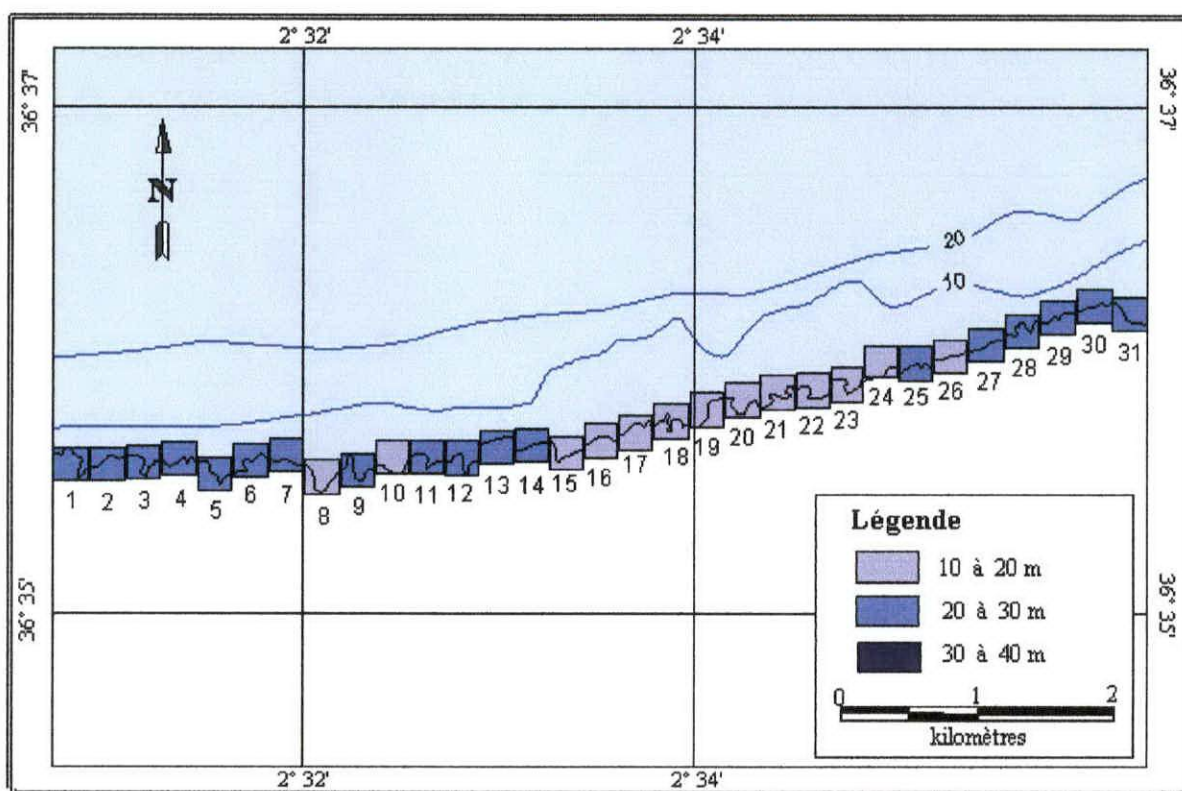


Fig. n° 44 : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « D » de Tipaza.

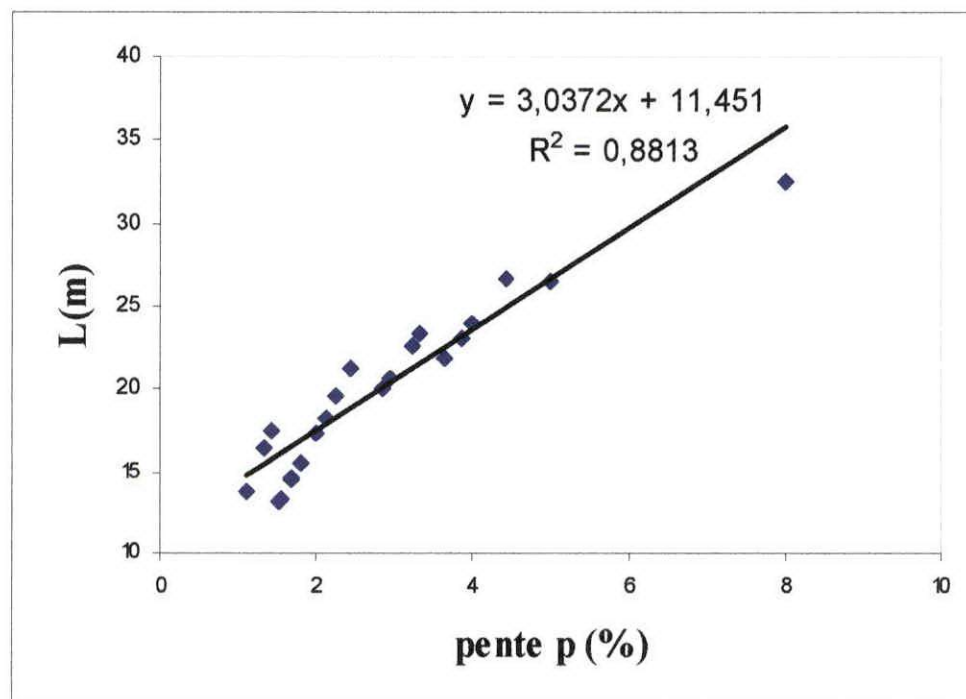


Fig. n° 45 : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « D » de Tipaza.

D'après la carte lithologique de Tipaza «D » le long de la côte de cette zone est constitué des dunes consolidées avec la présence des faciès gréseux au niveau des carreaux n°8, 9 et 12. On observe toujours une alternance des caps et anses. Ces formations dunaires sont des falaises rocheuses

Les pentes de fortes valeurs se manifeste à l'Ouest et à l'extrême Est. Les faibles pentes se repartissent dans la partie centrale de la carte où l'isobathe s'éloigne du rivage.

La distribution des longueurs d'onde de la houle est presque similaire à celle des pentes c'est-à-dire la où la pente est forte donc l'énergie de la houle est importante.

Le test de corrélation entre la pente et la longueur d'onde de la houle correspondante donne un coefficient de corrélation $R^2 = 0,8813$ ce qui montre l'existence d'un lien étroit entre ces deux paramètres.

La présence des anses (origine de l'érosion continentale) explique la variation des pentes pour la même lithologie (présence des platiers et sédiments d'origine continentale).

III.5.9. Zone « E » de Tipaza

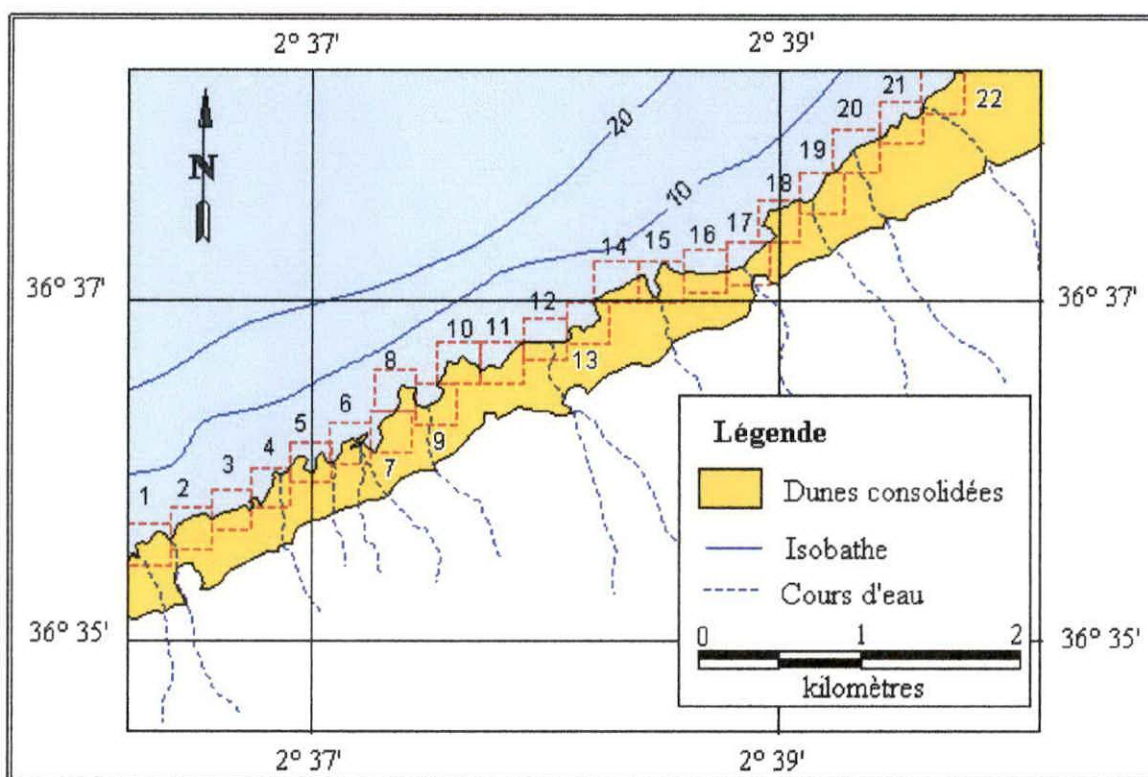


Fig. n°46: Carte de la lithologie côtière de la zone « E » de Tipaza

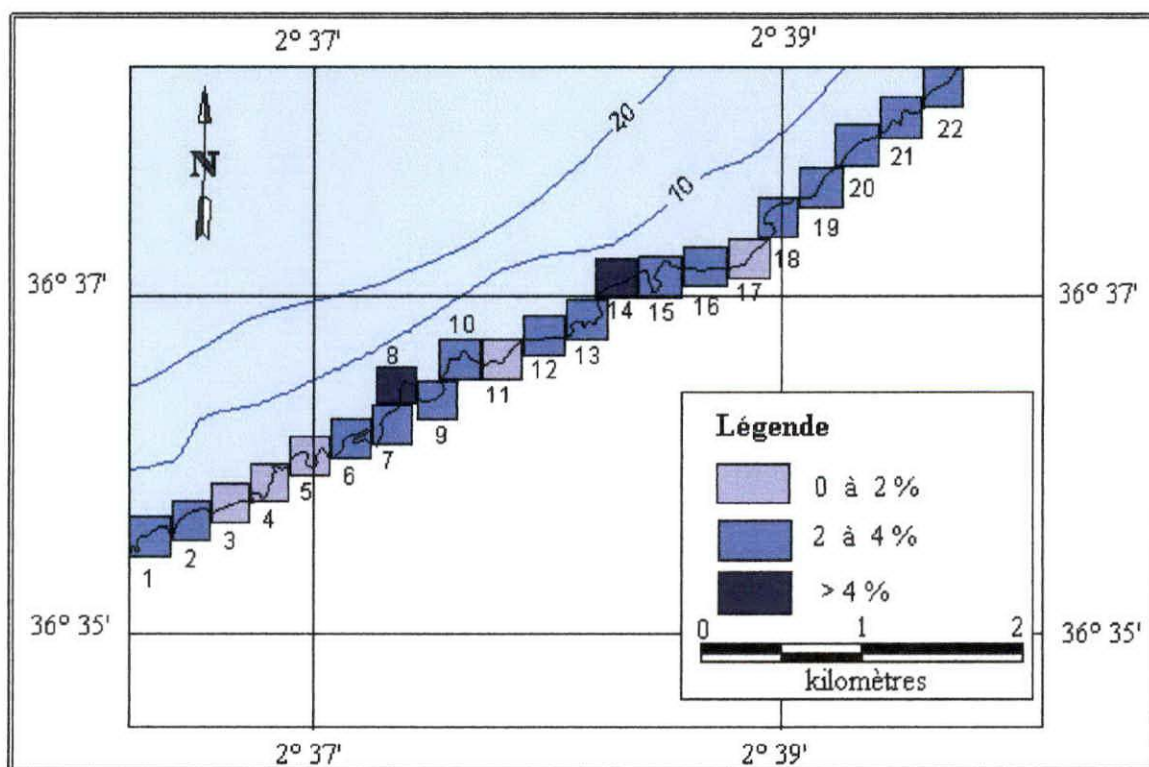


Fig. n°47: Carte des pentes de la zone « E » de Tipaza

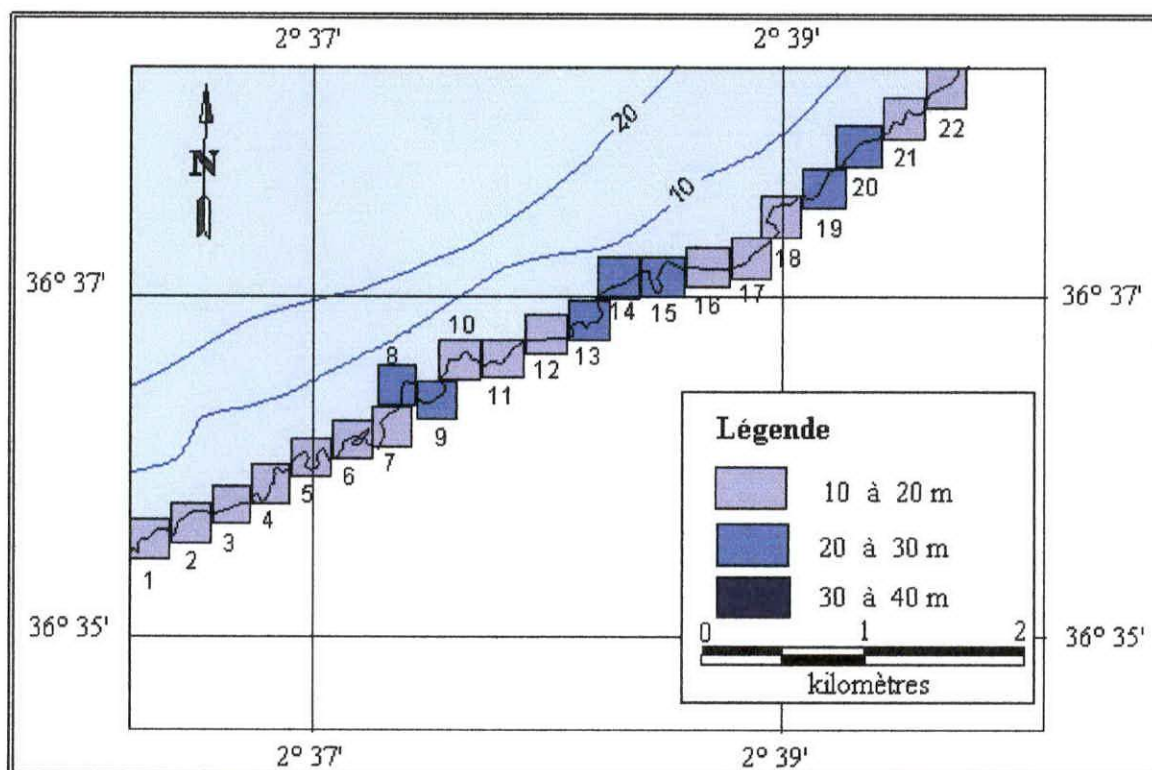


Fig. n° 48: Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « E » de Tipaza.

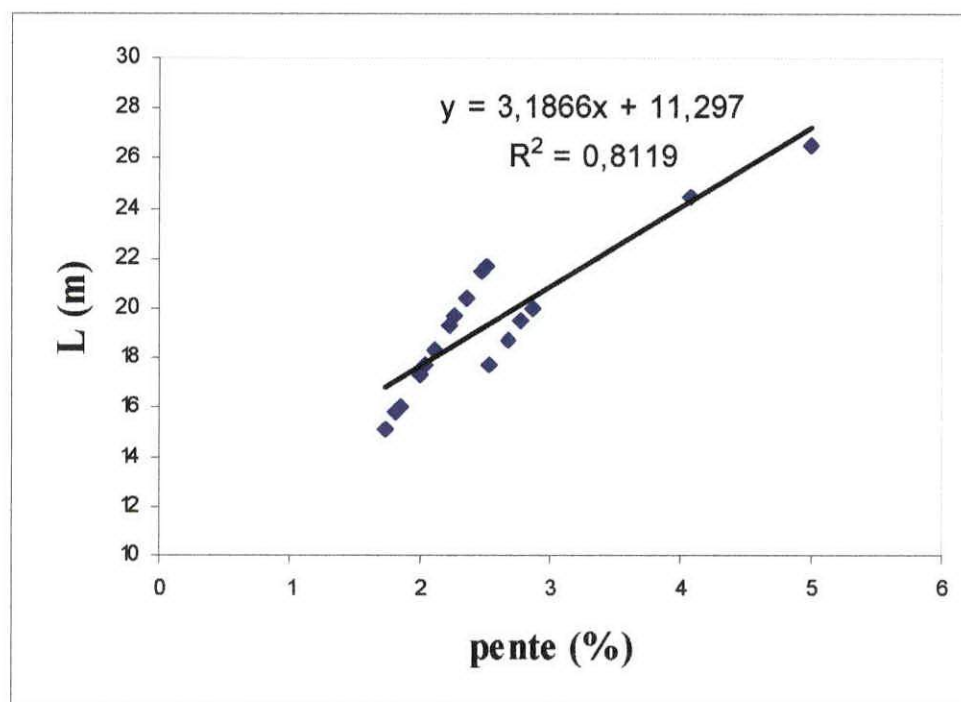


Fig. n° 49: Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « E » de Tipaza.

La lithologie côtière de la zone de Tipaza « E » montre une homogénéité de la répartition. Des dunes consolidées couvrant toute la côte, ces dunes gréseuses forment des falaises, avec existence d'anses.

On observe que la lithologie dans cette portion du littoral est identique mais l'effet de la houle sur la côte n'est pas le même et cette différence peut être due au degrés de consolidation des roches.

Les faibles pentes sont observées au niveau des anses tandis que les fortes pentes sont localisées au niveau des caps où l'isobathe de 10m est très proche du rivage.

Des longueurs d'onde de l'ordre de 20 à 30m se manifestant au niveau des carreaux n° 8, 9, 13, 14, 15, 19 et 20. Le reste de la zone présente des valeurs de l'ordre de 10 à 20m de longueur d'onde.

L'alternance de plages et d'anses à l'origine de l'érosion continentale (les ravins et les ravines), explique les différentes pentes pour la même lithologie.

III.5.10. Zone « F » de Tipaza

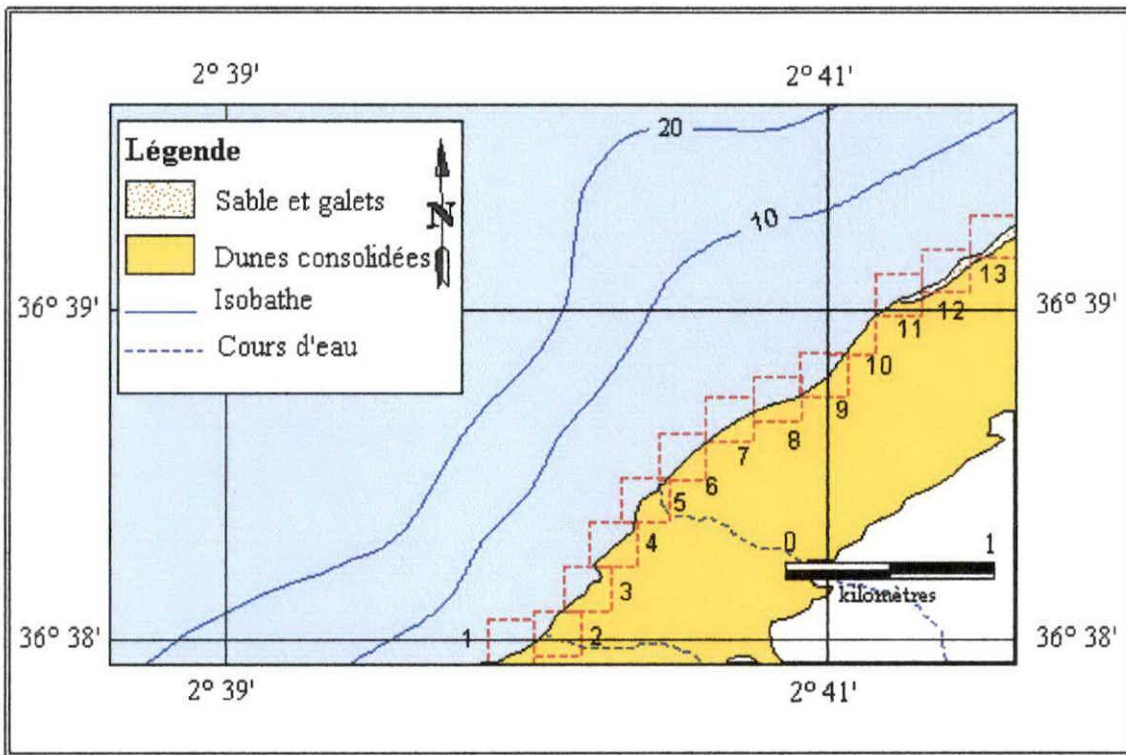


Fig. n°50: Carte de la lithologie côtière de la zone « F » de Tipaza

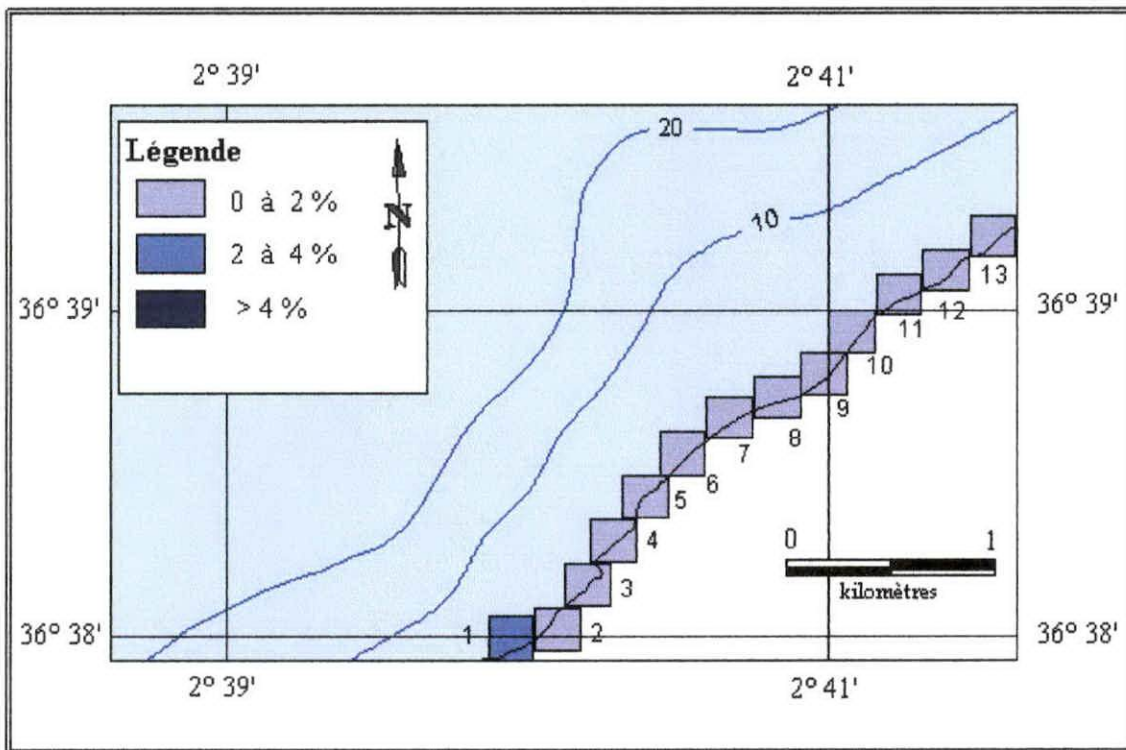


Fig. n°51: Carte des pentes de la zone « F » de Tipaza

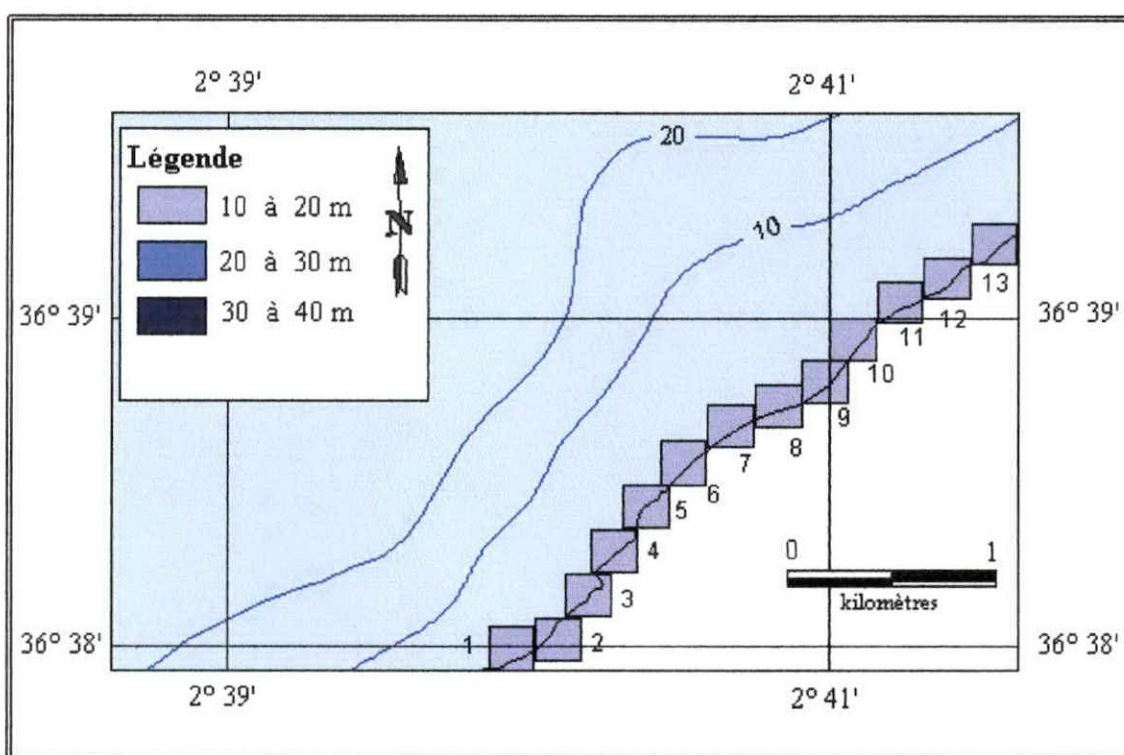


Fig. n° 52: Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « F » de Tipaza.

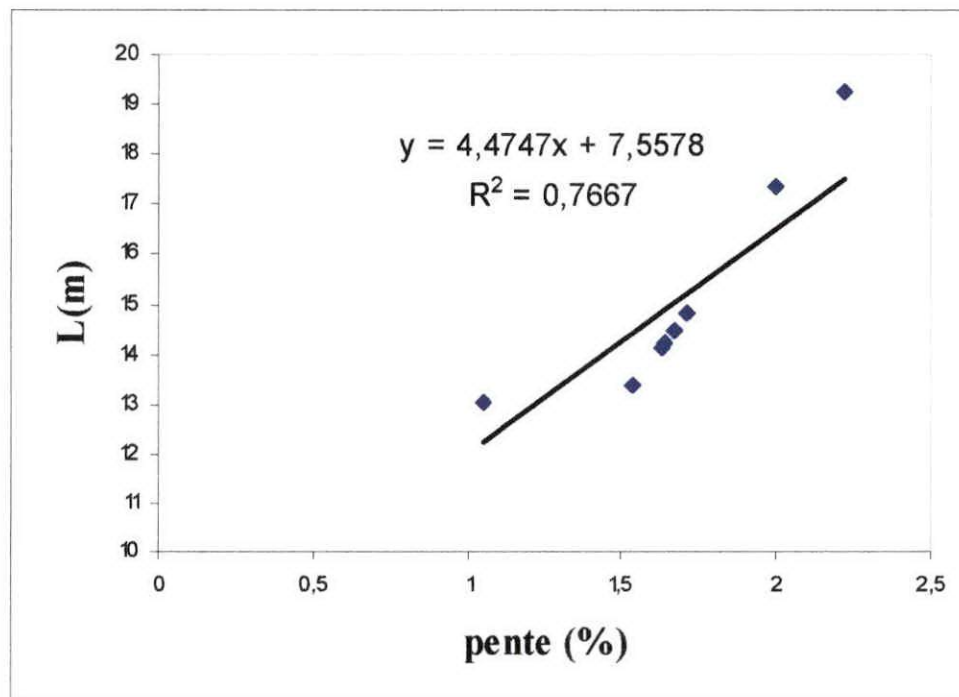


Fig. n° 53: Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « F » de Tipaza.

La lithologie côtière de la zone de Tipaza « F » montre une homogénéité des dunes consolidées gréseuse est observée le long de la côte qui forme des falaises, à l'extrême Est on rencontre des sables des plages.

Les pentes sont de même classe tout le long de la côte entre (0 à 2%).

Les houles qui agissent sur cette côte ont des longueurs d'onde qui se regroupent dans la même classe (10 à 20 m).

Le test de corrélation dans cette zone donne un $R^2 = 0.7667$ relativement moins bon, comparé à ceux des zones plus à l'Ouest (> 0.8) bien que la lithologie est assez homogène.

Dans ce secteur, la dérive était importante, donc les transferts sédimentaires sont plus importants, ceci explique la faible relation entre la pente et la lithologie.

Chapitre **IV**

Lutte contre l'érosion marine

Dans le but de préserver le milieu côtier naturel on dégage certaines mesures qui peuvent servir à minimiser le risque de l'érosion marine.

IV.1. lutte contre l'érosion des falaises

- Reprofilage du versant pour affaiblir la valeur de sa pente, par conséquent, pour améliorer sa stabilité.
- Edification d'un mur de soutènement au pied de la falaise pour contenir sa poussée et la mettre à l'abri du sapement par le déferlement des vagues.
- Accumulation, en avant d'un mur de soutènement, de volumineux blocs de roches dense ou de béton pour dissiper l'énergie des vagues ; le même résultat est obtenu par la construction d'une brise-lame précédant le rivage, mais le procédé est plus coûteux ; l'attaque marine est alors enrayée.
- Création d'une plage par l'aménagement d'épis qui obligent le transfert côtier à se délester d'une partie de sa charge ; un effet équivalent dérive d'apport de matériaux déposer directement au pied de la falaise de la dérive littorale par déversement dans la mer, du haut de l'escarpement, juste en amont du secteur que l'on veut protéger ; sur une plage, le jet de rive s'épuise par infiltration et frottement, ce qui attribue à stabiliser l'abrupt situé en arrière.

IV.2. Lutte contre l'érosion des plages

IV.2.1. Système de défense lourd

Basé sur la construction d'ouvrages lourds en mer ou sur le rivage. Ces ouvrages demandent un investissement plus élevé que les solutions qui composent avec le milieu, mais leur coût d'entretien est plus faible.

- Les ouvrages longitudinaux de haut plage (perrés, digues, murs) ; ils sont construits entre la plage et les aménagements situés immédiatement en arrière (maisons, promenade de front de mer, routes littorales), ils sont souvent le dernier rempart à l'invasion de la mer. Mais ces défenses n'assurent pas la protection des zones voisines à l'amont et à l'aval. Par ailleurs, elles favorisent une érosion accrue de la plage à leur pied. Des mesures de rechargement doivent être prises pour diminuer ces effets.

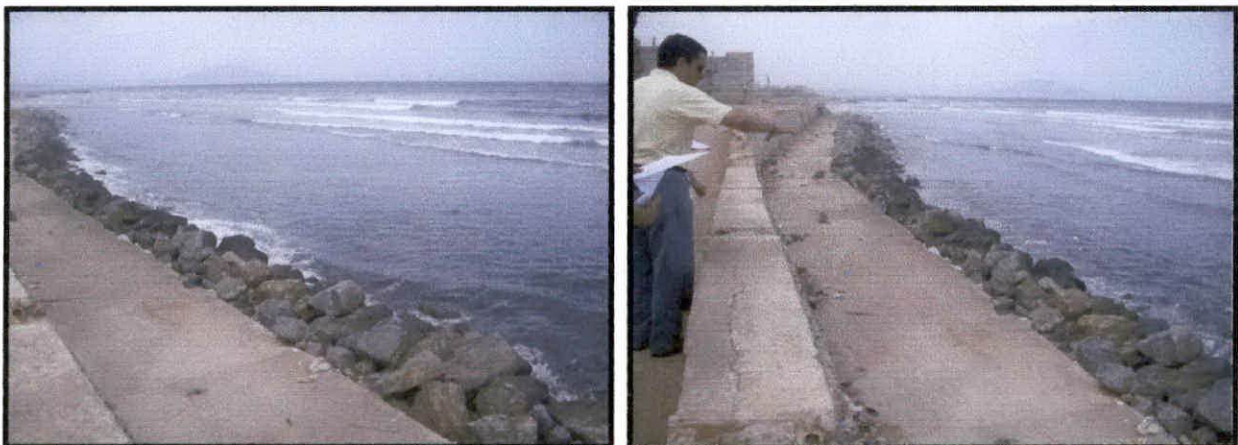


Photo n°1 : Dignes en enrochements à Bou-Ismaïl. Photo n°2 : Protection du front de mer de Bou-Ismaïl par des enrochements.

- Les ouvrages longitudinaux de bas de plage et de petits fonds ; ces ouvrages de type brise-lames, émergents ou submersibles, créent une zone abritée favorisant l'engraissement de la plage et empêchant les sables de se déplacer vers le large. Mais ils favorisent un recul du rivage entre deux ouvrages voisins et parfois à l'aval dans le sens du transit littoral. Leur impact sur le paysage littoral est très fort

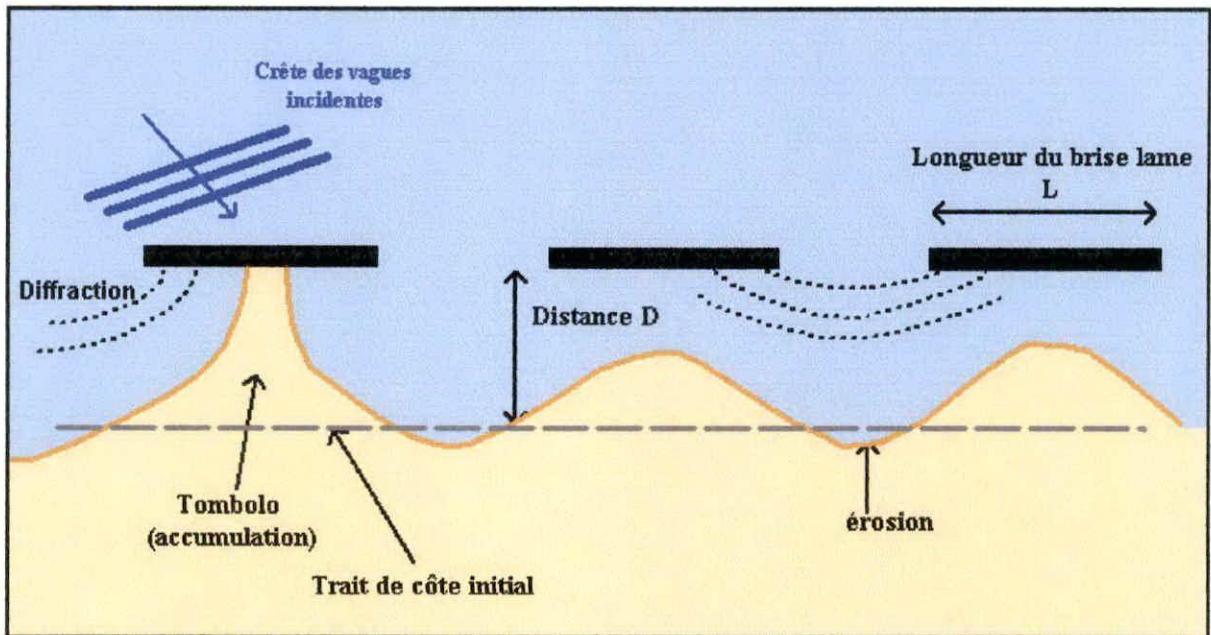


Fig n° 54 : Effet d'une brise lame sur l'état d'une plage.

- Les ouvrages transversaux ou épis ; ces ouvrages réduisent les volumes de sable transportés parallèlement à la côte, mais mal dimensionnés, ils peuvent entraîner des érosions au-delà de l'épi situé le plus à l'aval dans le sens prédominant du transit littoral. Ils n'interrompent pas les transports perpendiculaires à la côte.



Photo n°3 : Epis de protection à Bou-Ismaïl.



Fig n°55 : Epis de protection à Sidi Fredj.

IV.2.2. Système de défense léger

Utilisant et agissant sur les matériaux naturels. Ces méthodes sont plus généralement appelées méthodes "douces". Ces techniques sont utilisés de préférence à des ouvrages lourds, car d'une part leur impacts sur l'environnement sont sans comparaison avec des ouvrages lourds et d'autre part, ils sont moins onéreux à l'investissement, mais coûtent plus chers à l'entretien.

- Remodelage de l'estran: le principe consiste en le reprofilage mécanique du haut de plage, à l'aide de bulldozers par exemple.
- Le rechargement de l'estran par un apport artificiel de sables: l'objet est de reconstituer une plage en régression ou même de créer une nouvelle plage. Cette technique nécessite de renouveler périodiquement les rechargements.

IV.2.3. Système de défense avec les géotubes :

Un géotube est un tube qui a une coupe ovale (sous forme d'ellipse) faite en géotextile dont la hauteur et la largeur selon le cas d'aménagement qui est caractérisé par :

- La résistance aux basses et fortes températures.
- La résistance élevée aux endommagements et aux sollicitations mécaniques.
- Perméable à l'eau.
- La résistance aux rayons du soleil (UV).
- Le géotube est non toxique et non polluant.

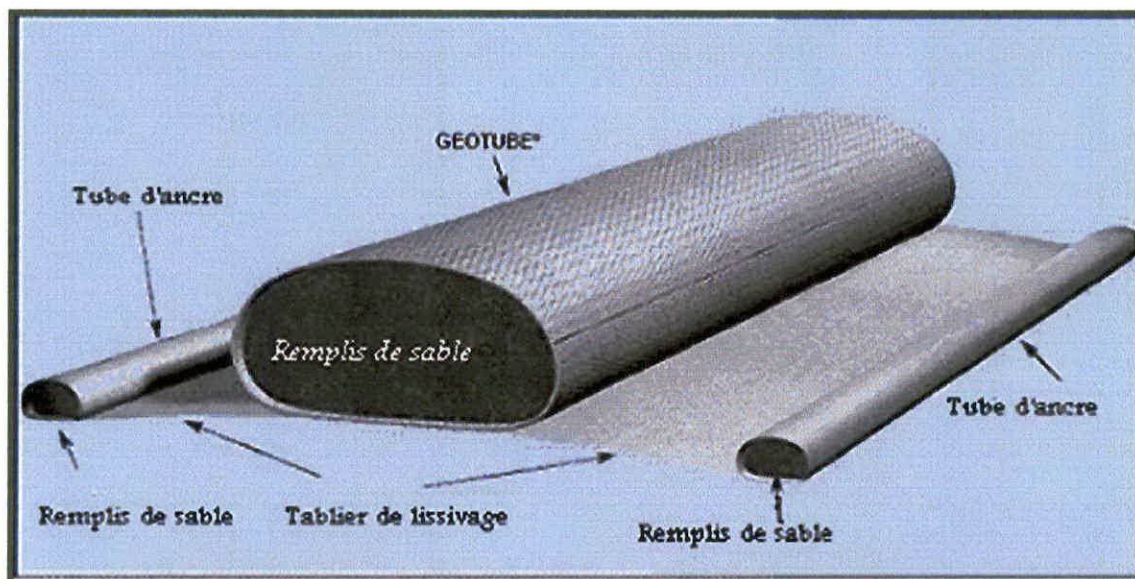


Fig n°56 : Schéma d'un géotube

Pour protéger la plage contre l'action de la mer les géotubes auraient pu être utilisées, selon deux configurations :

- **Protection frontale**

Les géotubes auraient eu pour effet, diminution de l'action des vagues sur les plages, comme l'ouvrage en construction.

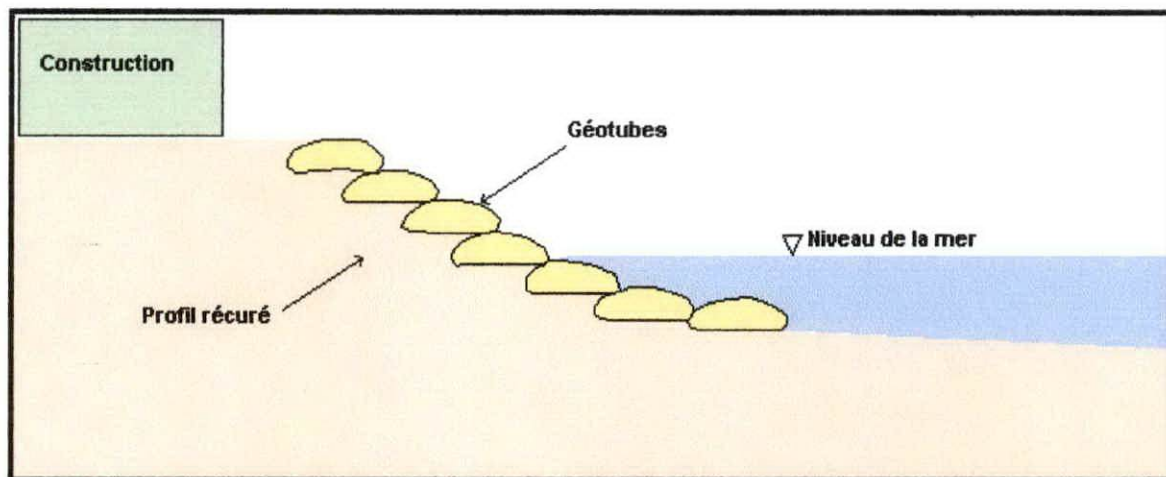


Fig n°57 : Protection frontale d'une côte par géotubes.

- **Brise lame**

En effet, un espace additionnel à la plage aurait pu être créé favorisée par l'accumulation par l'accumulation des sédiments dans la zone calme, et par conséquent l'avancement du trait de côte. Par contre ; la protection frontale qui a tendance à le fixer selon l'axe de l'ouvrage. Les géotubes peuvent être utilisés dans la conception des brises lames (immergés ou émergés), en remplaçant du noyau de ces derniers ou carrément des profils complets de l'ouvrages.

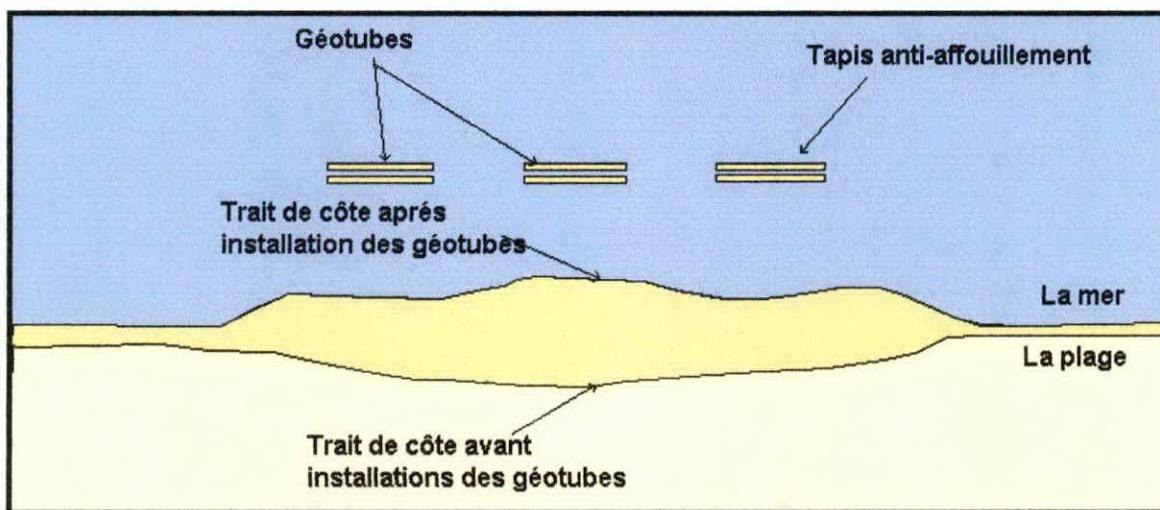


Fig n°58 : Vue en plan des brises lames immergés.

Conclusion générale

Conclusion générale

La baie de Bou-Ismaïl se caractérise par deux types de formes géographiques distinctes. Une forme aplanie par laquelle s'individualise le Sahel et des formes en reliefs montagneuses au niveau des deux massifs ; Chenoua et Bouzaréah, qui délimitent la baie respectivement à l'Ouest et à l'Est.

Cette morphologie est due à l'érosion marine différentielle liée au comportement dicté par la dureté des roches, des différentes lithologies qui affleurent dans cette zone vis -à- vis de ce phénomène toujours actif.

En effet les massifs de Chenoua et de Bouzaréah sont formés de roches paléozoïques essentiellement métamorphiques qui semblent être très résistantes à l'érosion marine. Cependant, le Sahel est formé de roches sédimentaires plus récentes, d'âge néogène et quaternaire, relativement tendres et donc facilement destructibles par l'érosion marine, comparées aux roches métamorphiques qui forment les deux massifs en relief. La résistance de ces roches sédimentaires (dureté) est liée au degré de consolidation et la nature de la roche (minéralogie), (A noter que les dunes consolidées sont plus résistantes que les formations sableuses).

Notre zone d'étude nous a permis de constater que la morphologie côtière irrégulière de la baie de Bou-Ismaïl est intimement liée à l'érosion continentale.

La zone d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières et violentes ainsi que par irrégularité de la température ce qui favorise l'altération mécanique des roches. Cette forme d'érosion se manifeste par la présence d'un réseau hydrographique dense (ravins et ravines), dans le Sahel où les roches sont tendres, ces derniers jouent un rôle important pour déterminer la géomorphologie côtière en creusant les dunes gréseuses et former ce qu'on appelle les anses. Ces ravins sont responsables à l'apparition des petites plages au niveau de ces côtes rocheuses.

Par définition l'énergie de la houle est liée directement à la profondeur. Notre étude montre que aux grandes profondeurs près des côtes, agissent les houles agressives. Ces actions sur la côte impliquent des zones côtières à roches dures, puisque les roches tendres ont été érodées durant le quaternaire. Les parties engraisées des côtes correspondant aux zones où la profondeur est moins importante. Il existe néanmoins des zones rocheuses où les profondeurs sont moins importantes. Ceci s'explique par le transfert sédimentaire qu'il diminue la profondeur.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABDELHAK K., CHABOU S. (2001).** Aspect morphologique et sédimentologique de Matares plage (Tipaza), mémoire DEUA. ISMAL
- AUBY CLUS CHRISTINE. (2003).** la gestion de l'érosion des côtes ; l'exemple aquitain. PU de Bordeaux, France ; 256 pages
- AYME A., MOUSSU H.** Notice explicative de la carte géologique Chéraga 20
- BELHAI D. (1987).** Massif Chenoua (Algérie); mise en place des flyschs en relation avec un cisaillement "transcurrent" Est-Ouest ; responsable de la structure éventail, Thèse Magister USTHB
- BELHAI D. (1996).** Evolution tectonique de la zone Ouest-Algéroise (Tenes-Chenoua) ; approche stratigraphique et structurale, Thèse Doctorat USTHB
- BENALLAL K., OURABIA K. (1989).** Monographie géologique et géotechnique de la région d'Alger, édition OPU, 109 pages
- BENHOUHOU K. (2006).** Etude géologique d'un socle d'Alger (Zone de Baïnem), mémoire d'ingénieur. IST/USTHB
- BETROUNI M. (1983).** Le pléistocène supérieur du littoral Ouest Algérois, Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Fac des sciences de Luminy, Aix Marseille II
- CHARAKDJI F., DJENIDI R., IFAIDI F. (2006).** Etat du littoral de l'Est algérois Bordj El Kiffan et Bordj El Bahri (Causes et conséquences de l'érosion), mémoire d'ingénieur ISMAL
- DELGA D. (1980).** Le cadre structural de méditerranée occidentale, rapport BRGM n°115. Orléans.
- DERGALI MA. (1998).** Contribution à la reconnaissance de la plage de Palm Beach (baie de Bou-Ismaïl) ; Données morphologiques ; Bathymétriques et sédimentologique, mémoire d'ingénieur ISMAL
- FICHEUR E.** Notice explicative de la carte géologique Koléa 41
- GLANGEAUD L. (1932).** Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Bull. serv. carte. géologique. Algérie. 2^{ème} série n°8, 608p.
- LARID M. (1992).** Cours d'aménagement du littoral, ISMAL
- LECLAIRE L. (1972).** La sédimentation halocène sur le versant méditerranéen du bassin Algero-Baléares (précontinent Algérien), Thèse doctorat 3^{ème} cycle. USTHB
- MAUCHE S. (2002).** Etude sismotectonique de l'algérois et des zones limitrophes de Cherchell – gouraya, thèse de magister. IST/USTHB
- OTTOMAN F. (1965).** Introduction à la géologie marine et littorale, Edition Masson

PASKOFF R. (1985). Les littoraux ; impact des aménagements sur leur évolution ; collection géographie, Edition Masson, 257 pages

PASKOFF R. (1993). Côtes en danger, Edition Masson, 250 pages

RAHAL MW. (1988). Contribution à l'étude de l'érosion marine dans la zone de Fouka-Marine, mémoire D.E.S ISMAL

SAADALLAH A. (1981). Le massif crisatlophilien d'Alger (Algérie) ; évolution d'une charriage à vergence Nord dans les Internides des Maghrébides, Thèse Doctorat 3^{ème} cycle USTHB

SAOUDI N. (1982). Pliocène et pléistocène inférieur et moyen du sahel occidental d'Alger, Thèse de doctorat de 2^{ème} cycle, université d'Aix Marseille II, faculté des sciences et techniques de luminy. Vol I. III. 202

Cartes utilisées.

Cartes géologiques.

Chéraga 20 au 1/50000 (A.AYME 1960)

Koléa 41 au 1/50000 (L. GLANGEAUD 1927)

Tipaza 40 au 1/5000 (A. et J.M AYME 1960)

Cartes topographiques.

Chéraga 20 au 1/50000. IGN (Paris 1954)

Koléa 41 au 1/50000. IGN (Paris 1954)

Tipaza 40 au 1/50000.IGN (paris 1954)

Liste des figures

- Figure n°1** : Carte de la situation géographique de la zone d'étude.
- Figure n°2** : Image satellitaire représentant la situation géographique de la zone d'étude.
- Figure n°3** : Diagramme ombrothermique (station de BOUHAROUN ; 2001-2006).
- Figure n°4** : Rose des directions des vents sur 5 années 2001-2006 période hivernale (Station Bou-Haroun).
- Figure n°5** : Rose des directions des vents sur 5 années 2001-2006 période estivale (Station Bou-Haroun).
- Figure n°6** : Rose de la fréquence moyenne hivernale (Octobre-Mars) des houles par direction dans la baie de Bou-Ismaïl.
- Figure n°7** : Rose de la fréquence moyenne estivale (Octobre-Mars) des houles par direction dans la baie de Bou-Ismaïl.
- Figure n°8** : Coup stratigraphique synthétique du Calabrien.
- Figure n°9** : Coup stratigraphique synthétique du Sicilien.
- Figure n°10** : Coup stratigraphique synthétique du Tyrrhénien.
- Figure n°11** : Carte géologique de la région algéroise ; Extrait de la carte Géologique d'Algérie 1/50000 ; N.Gouskouv et R.Laffite ; 1951.
- Figure n°12** : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl (leclaire, 1972, modifiée)
- Figure n°13** : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl
- Figure n°14** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Chéraga.
- Figure n°15** : Carte des pentes de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°16** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°17** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°18** : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°19** : Carte des pentes de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°20** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°21** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°22** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°23** : Carte des pentes de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°24** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°25** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «A » de Koléa.
- Figure n°26** : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°27** : Carte des pentes de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°28** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°29** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «B » de Koléa.
- Figure n°30** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Tipaza.
- Figure n°31** : Carte des pentes de la zone « A » de Tipaza.
- Figure n°32** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone «A » de Tipaza.
- Figure n°33** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «A » de Tipaza.

- Figure n°34** : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Tipaza.
- Figure n°35** : Carte des pentes de la zone « B » de Tipaza.
- Figure n°36** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Tipaza.
- Figure n°37** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «B » de Tipaza.
- Figure n°38** : Carte de la lithologie côtière de la zone « C » de Tipaza.
- Figure n°39** : Carte des pentes de la zone « C » de Tipaza.
- Figure n°40** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « C » de Tipaza.
- Figure n°41** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «C » de Tipaza.
- Figure n°42** : Carte de la lithologie côtière de la zone « D » de Tipaza.
- Figure n°43** : Carte des pentes de la zone « D » de Tipaza.
- Figure n°44** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « D » de Tipaza.
- Figure n°45** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «D » de Tipaza.
- Figure n°46** : Carte de la lithologie côtière de la zone « E » de Tipaza.
- Figure n°47** : Carte des pentes de la zone « E » de Tipaza.
- Figure n°48** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « E » de Tipaza.
- Figure n°49** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «E » de Tipaza.
- Figure n°50** : Carte de la lithologie côtière de la zone « F » de Tipaza.
- Figure n°51** : Carte des pentes de la zone « F » de Tipaza.
- Figure n°52** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « F » de Tipaza.
- Figure n°53** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «F » de Tipaza.
- Figure n°54** : effet d'un brise lame sur l'état d'une plage.
- Figure n°55** : Schéma d'un géotube.
- Figure n°55** : Epis de protection à Sidi Fredj.
- Figure n°57** : Protection frontale d'une côte par géotubes.
- Figure n°58** : vue en plan des brises lames immergés.

Liste des figures

- Figure n°1** : Carte de la situation géographique de la zone d'étude.
- Figure n°2** : Image satellitaire représentant la situation géographique de la zone d'étude.
- Figure n°3** : Diagramme ombrothermique (station de BOUHAROUN ; 2001-2006).
- Figure n°4** : Rose des directions des vents sur 5 années 2001-2006 période hivernale (Station Bou-Haroun).
- Figure n°5** : Rose des directions des vents sur 5 années 2001-2006 période estivale (Station Bou-Haroun).
- Figure n°6** : Rose de la fréquence moyenne hivernale (Octobre-Mars) des houles par direction dans la baie de Bou-Ismaïl.
- Figure n°7** : Rose de la fréquence moyenne estivale (Octobre-Mars) des houles par direction dans la baie de Bou-Ismaïl.
- Figure n°8** : Coup stratigraphique synthétique du Calabrien.
- Figure n°9** : Coup stratigraphique synthétique du Sicilien.
- Figure n°10** : Coup stratigraphique synthétique du Tyrrhénien.
- Figure n°11** : Carte géologique de la région algéroise ; Extrait de la carte Géologique d'Algérie 1/50000 ; N.Gouskouv et R.Laffite ; 1951.
- Figure n°12** : Carte bathymétrique de la baie de Bou-Ismaïl (leclaire, 1972, modifiée)
- Figure n°13** : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl
- Figure n°14** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Chéraga.
- Figure n°15** : Carte des pentes de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°16** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°17** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « A » de Chéraga
- Figure n°18** : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°19** : Carte des pentes de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°20** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°21** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone « B » de Chéraga.
- Figure n°22** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°23** : Carte des pentes de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°24** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « A » de Koléa.
- Figure n°25** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «A » de Koléa.
- Figure n°26** : Carte de la lithologie côtière de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°27** : Carte des pentes de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°28** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone « B » de Koléa.
- Figure n°29** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «B » de Koléa.
- Figure n°30** : Carte de la lithologie côtière de la zone « A » de Tipaza.
- Figure n°31** : Carte des pentes de la zone « A » de Tipaza.
- Figure n°32** : Carte des longueurs d'onde de la houle de la zone «A » de Tipaza.
- Figure n°33** : Diagramme de corrélation entre la longueur d'onde et la pente de la zone «A » de Tipaza.

Listes des tableaux

Tableau n°1 : Moyennes mensuelles des températures et précipitation pour la période 2001-2006 (station Bou-Haroun).

Tableau n°2 : Fréquence mensuelle de la houle au large de la baie de Bou-Ismaïl par direction.

Tableau n°3 : Caractéristiques des degrés de l'état de la mer.

Tableau n°4 : Fréquence par direction des différents états de la mer au large.

Tableau n°5 : Caractéristiques du bassin versant de l'Oued Beni Messous.

Tableau n°6 : Localisation des zones de chaque carte.

Liste des Photos

Photo n°1 : Dignes en enrochements à Bou-Ismaïl.

Photo n°2 : Protection du front de mer de Bou- Ismaïl par des enrochements.

Photo n°3 : Epis de protection à Bou-Ismaïl.

Annexe

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	kd	$\tanh kd$	$\sinh kd$	$\cosh kd$	$\frac{2kd}{\sinh 2kd}$	$\frac{H}{H_0}$
0,00	0,0000	0,000	0,000	0,000	1,00	1,000	—
0,01	0,0403	0,253	0,248	0,256	1,03	0,958	1,44 ←
0,02	0,0576	0,362	0,347	0,370	1,07	0,918	1,23
0,03	0,0714	0,418	0,420	0,463	1,10	0,877	1,12
0,04	0,0833	0,523	0,480	0,548	1,14	0,839	1,06
0,05	0,0942	0,592	0,531	0,627	1,18	0,800	1,02
0,06	0,104	0,655	0,575	0,703	1,22	0,763	0,993
0,07	0,114	0,716	0,614	0,778	1,27	0,725	0,971
0,08	0,123	0,774	0,649	0,854	1,31	0,690	0,955
0,09	0,132	0,831	0,681	0,930	1,36	0,654	0,942
0,10	0,141	0,886	0,709	1,01	1,42	0,621	0,933
0,11	0,150	0,940	0,735	1,08	1,48	0,587	0,926
0,12	0,158	0,994	0,759	1,16	1,54	0,555	0,920
0,13	0,166	1,05	0,780	1,25	1,60	0,524	0,917
0,14	0,175	1,10	0,800	1,33	1,67	0,494	0,915
0,15	0,183	1,15	0,818	1,42	1,74	0,465	0,913
0,16	0,192	1,20	0,835	1,52	1,82	0,437	0,913
0,17	0,200	1,26	0,850	1,61	1,90	0,410	0,913
0,18	0,208	1,31	0,864	1,72	1,99	0,384	0,914
0,19	0,217	1,36	0,877	1,82	2,08	0,359	0,916
0,20	0,225	1,41	0,888	1,94	2,18	0,335	0,918
0,21	0,234	1,47	0,899	2,06	2,28	0,313	0,920
0,22	0,242	1,52	0,909	2,18	2,40	0,291	0,923
0,23	0,251	1,58	0,918	2,31	2,52	0,270	0,926
0,24	0,259	1,63	0,926	2,45	2,65	0,251	0,929
0,25	0,268	1,68	0,933	2,60	2,78	0,233	0,932
0,26	0,277	1,74	0,940	2,76	2,93	0,215	0,936
0,27	0,285	1,79	0,946	2,92	3,09	0,199	0,939
0,28	0,294	1,85	0,952	3,10	3,25	0,183	0,942
0,29	0,303	1,90	0,957	3,28	3,43	0,169	0,946
0,30	0,312	1,96	0,961	3,48	3,62	0,155	0,949
0,31	0,321	2,02	0,965	3,69	3,83	0,143	0,952
0,32	0,330	2,08	0,969	3,92	4,04	0,131	0,955
0,33	0,339	2,13	0,972	4,16	4,28	0,120	0,958
0,34	0,349	2,19	0,975	4,41	4,52	0,110	0,961
0,35	0,358	2,25	0,978	4,68	4,79	0,100	0,964
0,36	0,367	2,31	0,980	4,97	5,07	0,091	0,967
0,37	0,377	2,37	0,982	5,28	5,37	0,083	0,969
0,38	0,386	2,42	0,984	5,61	5,70	0,076	0,972
0,39	0,396	2,48	0,986	5,96	6,04	0,069	0,974
0,40	0,405	2,54	0,988	6,33	6,41	0,063	0,976
0,41	0,414	2,60	0,989	6,72	6,80	0,057	0,978
0,42	0,424	2,66	0,990	7,15	7,22	0,052	0,980
0,43	0,434	2,72	0,991	7,60	7,66	0,047	0,982
0,44	0,443	2,79	0,992	8,08	8,14	0,042	0,983
0,45	0,453	2,85	0,993	8,58	8,64	0,038	0,985
0,46	0,463	2,91	0,994	9,13	9,19	0,035	0,986
0,47	0,472	2,97	0,995	9,71	9,76	0,031	0,987
0,48	0,482	3,03	0,995	10,30	10,40	0,028	0,988
0,49	0,492	3,09	0,996	11,00	11,00	0,026	0,990

Tableau I — Table de Wiegel [d'après BIESEL (1974)]

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « A » de Chéraga.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
CA1	2,8334° E	36,7219° N	1,18	14,64	Sables et galets des plages
CA2	2,8349° E	36,7239° N	1,14	14,14	Sables et galets des plages
CA3	2,8367° E	36,7259° N	1,12	13,90	Sables et galets des plages
CA4	2,8384° E	36,7279° N	1,14	14,14	Sables et galets des plages
CA5	2,8398° E	36,7299° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA6	2,8413° E	36,7318° N	1,04	12,90	Sables et galets des plages
CA7	2,8427° E	36,7338° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA8	2,8439° E	36,7357° N	1,06	13,15	Sables et galets des plages
CA9	2,8451° E	36,7378° N	1,04	12,90	Sables et galets des plages
CA10	2,8460° E	36,7398° N	1,01	12,53	Sables et galets des plages
CA11	2,8468° E	36,7417° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA12	2,8475° E	36,7437° N	1,00	12,41	Sables et galets des plages
CA13	2,8480° E	36,7458° N	1,00	12,41	Sables et galets des plages
CA14	2,8484° E	36,7478° N	0,95	11,79	Sables et galets des plages
CA15	2,8486° E	36,7499° N	0,87	10,79	Sables et galets des plages
CA16	2,8486° E	36,7518° N	0,95	11,79	Sables et galets des plages
CA17	2,8480° E	36,7538° N	0,89	11,04	Sables et galets des plages
CA18	2,8473° E	36,7559° N	0,86	10,67	Sables et galets des plages
CA19	2,8455° E	36,7577° N	1,67	20,72	Sables et galets des plages
CA20	2,8439° E	36,7597° N	1,60	19,85	Sables et galets des plages
CA21	2,8411° E	36,7617° N	1,74	21,59	Gneiss localement oeillés
CA22	2,8434° E	36,7633° N	3,64	25,49	Gneiss localement oeillés
CA23	2,8456° E	36,7645° N	4,44	26,65	Gneiss localement oeillés
CA24	2,8481° E	36,7648° N	3,70	25,91	Gneiss localement oeillés
CA25	2,8506° E	36,7649° N	3,08	21,57	Gneiss localement oeillés
CA26	2,8484° E	36,7631° N	1,11	13,77	Sables et galets des plages
CA27	2,8497° E	36,7608° N	1,11	13,77	Sables et galets des plages
CA28	2,8524° E	36,7596° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA29	2,8550° E	36,7588° N	1,03	12,78	Sables et galets des plages
CA30	2,8579° E	36,7593° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA31	2,8604° E	36,7595° N	0,98	12,16	Sables et galets des plages
CA32	2,8634° E	36,7606° N	1,05	13,03	Sables et galets des plages
CA33	2,8661° E	36,7612° N	1,11	13,77	Sables et galets des plages
CA34	2,8691° E	36,7617° N	1,08	13,40	Sables et galets des plages
CA35	2,8719° E	36,7631° N	1,18	14,64	Sables et galets des plages
CA36	2,8747° E	36,7647° N	1,25	15,51	Sables et galets des plages

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « B » de Chéraga.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
CB1	2,8776° E	36,7660° N	1,27	15,76	Sables et galets de plages
CB2	2,8802° E	36,7678° N	1,29	16,00	Sables et galets de plages
CB3	2,8832° E	36,7697° N	1,14	14,14	Sables et galets de plages
CB4	2,8854° E	36,7718° N	1,08	13,40	Sables et galets de plages
CB5	2,8873° E	36,7742° N	1,23	15,26	Lumachelles à pectoncles
CB6	2,8898° E	36,7762° N	1,29	16,00	Dunes actuelles
CB7	2,8916° E	36,7781° N	1,19	14,76	Dunes actuelles Dunes consolidées
CB8	2,8945° E	36,7791° N	1,11	13,77	Dunes consolidées Sables et galets de plages
CB9	2,8961° E	36,7814° N	1,14	14,14	Sables et galets de plages
CB10	2,8965° E	36,7833° N	1,27	15,76	Sables et galets de plages
CB11	2,8968° E	36,7858° N	1,67	14,50	Lumachelles à pectoncles Sables et galets de plages
CB12	2,8988° E	36,7881° N	1,67	14,50	Dunes consolidées Dunes actuelles
CB13	2,9001° E	36,7902° N	1,50	18,61	Dunes consolidées Dunes actuelles
CB14	2,9009° E	36,7925° N	1,43	17,74	Dunes consolidées dunes actuelles
CB15	2,9005° E	36,7946° N	2,04	17,71	Dunes consolidées
CB16	2,9018° E	36,7968° N	1,74	15,10	Sables et galets des plages
CB17	2,9021° E	36,7990° N	1,82	15,80	Sables et galets des plages Micaschistes à deux micas
CB18	2,9012° E	36,8013° N	2,86	20,03	Dunes consolidées postérieures
CB19	2,8989° E	36,8017° N	2,86	20,03	Micaschistes à deux micas
CB20	2,8967° E	36,8035° N	3,51	21,07	Micaschistes à deux micas
CB21	2,8963° E	36,8048° N	2,00	17,36	Micaschistes à deux micas
CB22	2,8995° E	36,8044° N	1,11	13,77	Micaschistes à deux micas
CB23	2,9022° E	36,8050° N	1,67	14,50	Micaschistes à deux micas Lumachelles à pectoncles
CB24	2,9051° E	36,8059° N	1,11	13,77	Lumachelles à pectoncles Dunes consolidées
CB25	2,9073° E	36,8053° N	2,15	18,66	Dunes consolidées
CB26	2,9101° E	36,8054° N	2,22	19,27	Dunes consolidées
CB27	2,9128° E	36,8046° N	2,35	20,40	Dunes consolidées
CB28	2,9152° E	36,8046° N	2,35	20,40	Dunes consolidées
CB29	2,9180° E	36,8046° N	2,50	21,70	Dunes consolidées
CB30	2,9208° E	36,8044° N	2,50	21,70	Dunes consolidées
CB31	2,9235° E	36,8046° N	3,23	22,62	Dunes consolidées
CB32	2,9262° E	36,8046° N	4,00	24,01	Dunes consolidées
CB33	2,9290° E	36,8049° N	4,44	26,65	Dunes consolidées
CB34	2,9317° E	36,8055° N	3,64	21,85	Calcaires Dunes consolidées
CB35	2,9345° E	36,8061° N	3,08	21,57	Dunes consolidées
CB36	2,9372° EV	36,8069° N	3,33	23,32	Dunes consolidées
CB37	2,9400° E	36,8072° N	3,23	22,62	Calcaires
CB38	2,9426° E	36,8078° N	3,64	21,85	Dunes consolidées
CB39	2,9453° E	36,8083° N	3,33	23,32	Dunes consolidées
CB40	2,9477° E	36,8092° N	2,35	20,40	Dunes consolidées

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « A » de Koléa.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
KA 1	2,6944 E	36,6527 N	1,82	15,80	Sables et galets de plages
KA 2	2,6974 E	36,6537 N	1,94	16,84	Dunes consolidée
KA 3	2,7009 E	36,6550 N	2	17,36	Sables et galets de plages
KA 4	2,7042 E	36,6564 N	2,22	19,27	Sables et galets de plages
KA 5	2,7074 E	36,6584 N	2,53	17,72	Sables et galets de plages
KA 6	2,7101 E	36,6605 N	3,23	22,62	Grés et sables
KA 7	2,7131 E	36,6611 N	2,27	19,70	Grés carteniens
KA 8	2,7163 E	36,6626 N	2,41	20,92	Grés carteniens
KA 9	2,7197 E	36,6644 N	2,5	21,70	Grés et sables Grés carteniens
KA 10	2,7228 E	36,6652 N	2	17,36	Sables et galets de plages
KA 11	2,7257 E	36,6663 N	1,9	16,49	Sables et galets de plages Grés carteniens
KA 12	2,7283 E	36,6676 N	1,79	15,54	Grés carteniens
KA 13	2,7319 E	36,6688 N	1,79	15,54	Dunes consolidée
KA 14	2,7337 E	36,6713 N	2	17,36	Dunes consolidée
KA 15	2,7365 E	36,6714 N	2,22	19,27	Sables et galets de plages
KA 16	2,7400 E	36,6729 N	2,17	18,84	Sables et galets de plages
KA 17	2,7433 E	36,6735 N	1,75	15,19	Grés et sables Poudingues
KA 18	2,7467 E	36,6754 N	1,77	15,36	Poudingues
KA 19	2,7493 E	36,6770 N	1,9	16,49	Dunes consolidée
KA 20	2,7522 E	36,6772 N	1,33	16,50	Dunes consolidée
KA 21	2,7546 E	36,6763 N	1,11	13,77	Dunes consolidée
KA 22	2,7572 E	36,6775 N	1,25	15,51	Dunes consolidée
KA 23	2,7609 E	36,6785 N	1,33	16,50	Dunes consolidée
KA 24	2,7657 E	36,6795 N	1,25	15,51	Dunes consolidée
KA 25	2,7686 E	36,6813 N	1,33	16,50	Dunes consolidée
KA 26	2,7714 E	36,6815 N	1	12,41	Dunes consolidée
KA 27	2,7741 E	36,6824 N	1	12,41	Dunes consolidée
KA 28	2,7765 E	36,6826 N	1,04	12,90	Dunes consolidée
KA 29	2,7788 E	36,6839 N	1,06	13,15	Dunes consolidée
KA 30	2,7821 E	36,6848 N	1,08	13,40	Sables et galets de plages
KA 31	2,7856 E	36,6876 N	1,29	16,00	Sables et galets de plages

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « B » de Koléa.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
KB1	2,7874 E	36,6875 N	1,25	15,51	Sables et galets de plages
KB2	2,7902 E	36,6890 N	1,43	17,74	Sables et galets de plages
KB3	2,7933 E	36,6904 N	1,16	14,39	Sables et galets de plages
KB4	2,7963 E	36,6922 N	1,18	14,64	Sables et galets de plages
KB5	2,7990 E	36,6942 N	1,21	15,01	Sables et galets de plages
KB6	2,8019 E	36,6970 N	1,18	14,64	Sables et galets de plages Alluvions récentes Alluvions actuelles
KB7	2,8053 E	36,6991 N	1,05	13,03	Alluvions actuelles
KB8	2,8084 E	36,7016 N	0,92	11,41	Alluvions actuelles
KB9	2,8123 E	36,7025 N	0,88	10,92	Sables et galets de plages
KB10	2,8147 E	36,7044 N	0,91	11,29	Sables et galets de plages
KB11	2,8168 E	36,7065 N	0,99	12,28	Sables et galets de plages
KB12	2,8196 E	36,7086 N	1,11	13,77	Sables et galets de plages
KB13	2,8226 E	36,7110 N	1,14	14,14	Sables et galets de plages
KB14	2,8252 E	36,7135 N	1,14	14,14	Sables et galets de plages
KB15	2,8277 E	36,7156 N	1,12	13,90	Sables et galets de plages
KB16	2,8304 E	36,7181 N	1,12	13,90	Sables et galets de plages

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « A » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TA 1	2,3398 E	36,6428 N	4,65	24,68	Sables et galets des plages
TA 2	2,3428 E	36,6436 N	3,33	23,32	Sables et galets des plages
TA 3	2,345 E	36,6440 N	5,00	26,54	Sables et galets des plages Schistes noirs Conglomérats
TA 4	2,3482 E	36,6459 N	3,33	23,32	Conglomérats
TA 5	2,3506 E	36,6475 N	2,15	18,66	Micaschistes à deux micas
TA 6	2,3526 E	36,6460 N	2,99	20,94	Conglomérats
TA 7	2,3557 E	36,6453 N	4,08	24,49	Conglomérats
TA 8	2,3584 E	36,6447 N	3,33	23,32	Conglomérats
TA 9	2,3612 E	36,6450 N	4,17	25,03	Conglomérats
TA 10	2,3642 E	36,6444 N	4,17	25,03	Conglomérats
TA 11	2,3669 E	36,6445 N	2,11	18,32	Conglomérats
TA 12	2,3700 E	36,6449 N	3,64	21,84	Conglomérats
TA 13	2,3728 E	36,6438 N	3,17	22,20	Conglomérats
TA 14	2,3757 E	36,6432 N	4,00	24,01	Conglomérats
TA 15	2,3783 E	36,6437 N	2,00	17,36	Conglomérats
TA 16	2,3808 E	36,6421 N	3,17	22,20	Schistes noirs
TA 17	2,3836 E	36,6418 N	2,67	18,70	Schistes noirs
TA 18	2,3866 E	36,6415 N	3,45	24,16	Schistes noirs
TA 19	2,3888 E	36,6412 N	2,44	21,18	Schistes noirs
TA 20	2,3896 E	36,6392 N	2,86	20,03	Schistes noirs
TA 21	2,3928 E	36,6388 N	1,33	16,50	Schistes noirs
TA 22	2,3959 E	36,6379 N	2,00	17,36	Schistes noirs
TA 23	2,3984 E	36,6384 N	2,50	21,70	Schistes noirs
TA 24	2,4014 E	36,6372 N	3,17	22,20	Schistes noirs
TA 25	2,4040 E	36,6365 N	2,78	19,47	Schistes noirs Conglomérats
TA 26	2,4060 E	36,6345 N	4,26	25,57	Schistes noirs
TA 27	2,4048 E	36,6325 N	2,00	17,36	Conglomérats

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « B » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TB1	2,4039 E	36,6299 N	2,00	17,36	Conglomérats
TB2	2,4066 E	36,6281 N	3,33	23,32	Conglomérats Alluvions récentes Argiles et pélites rouges
TB3	2,4086 E	36,6263 N	2,22	19,27	Poudingues Calcaires massifs
TB4	2,4107 E	36,6271 N	6,06	29,13	Calcaires massifs
TB5	2,4102 E	36,6245 N	10,53	35,10	Calcaires massifs
TB6	2,4097 E	36,6222 N	13,33	40,15	Calcaires massifs
TB7	2,4085 E	36,6200 N	11,11	37,03	Calcaires massifs
TB8	2,4069 E	36,6178 N	4,00	24,01	Calcaires massifs
TB9	2,4064 E	36,6157 N	2,17	18,84	Calcaires massifs Eboulis et dépôts de pentes
TB10	2,4075 E	36,6134 N	2,44	21,18	Alluvions récentes
TB11	2,4084 E	36,6113 N	2,15	18,66	Alluvions récentes
TB12	2,4102 E	36,6090 N	2,86	20,03	Lumachelles à pectoncles
TB13	2,4100 E	36,6068 N	2,00	17,36	Lumachelles à pectoncles Sables et galets de plages
TB14	2,4122 E	36,6053 N	2,17	18,84	Sables et galets de plages
TB15	2,4150 E	36,6039 N	1,67	14,50	Sables et galets de plages
TB16	2,4175 E	36,6025 N	1,49	18,49	Sables et galets de plages
TB17	2,4204 E	36,6012 N	1,43	17,74	Sables et galets de plages Alluvions récentes
TB18	2,4231 E	36,6001 N	1,48	18,36	Sables et galets de plages

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « C » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TC1	2,4269 E	36,5984 N	1,16	14,39	Sables et galets de plages
TC2	2,4297 E	36,5974 N	1,16	14,39	Sables et galets de plages
TC3	2,4325 E	36,5964 N	1,18	14,64	Sables et galets de plages
TC4	2,4355 E	36,5957 N	1,29	16,00	Sables et galets de plages
TC5	2,4385 E	36,5973 N	0,74	9,18	Dunes consolidées
TC6	2,4410 E	36,5974 N	1,54	13,37	Dunes consolidées
TC7	2,4440 E	36,5964 N	1,33	16,50	Dunes consolidées
TC8	2,4467 E	36,5983 N	1,38	17,12	Dunes consolidées
TC9	2,4490 E	36,5984 N	3,64	21,85	Dunes consolidées
TC10	2,4493 E	36,5962 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TC11	2,4521 E	36,5961 N	1,82	15,80	Dunes consolidées
TC12	2,4552 E	36,5958 N	1,87	16,23	Dunes consolidées
TC13	2,4581 E	36,5973 N	2,00	17,36	Dunes lapidifiées
TC14	2,4607 E	36,5972 N	2,50	21,70	Dunes lapidifiées
TC15	2,4634 E	36,5964 N	2,56	17,93	Dunes lapidifiées Lumachelle à pectoncles
TC16	2,4661 E	36,5953 N	2,22	19,27	Lumachelle à pectoncles
TC17	2,4690 E	36,5955 N	2,00	17,36	Lumachelle à pectoncles
TC18	2,4716 E	36,5964 N	2,33	20,23	Dunes consolidées
TC19	2,4744 E	36,5965 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TC20	2,4741 E	36,5937 N	1,29	9,03	Dunes lapidifiées Marnes et argiles
TC21	2,4776 E	36,5938 N	1,60	13,89	Marnes et argiles
TC22	2,4803 E	36,5956 N	2,50	21,70	Dunes consolidées
TC23	2,4830 E	36,5962 N	3,64	21,85	Dunes consolidées
TC24	2,4865 E	36,5952 N	8,00	32,52	Dunes consolidées
TC25	2,4887 E	36,5938 N	3,77	22,63	Dunes consolidées
TC26	2,4917 E	36,5944 N	4,44	26,65	Dunes consolidées
TC27	2,4936 E	36,5941 N	4,00	24,01	Dunes consolidées
TC28	2,4951 E	36,5916 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TC29	2,4981 E	36,5944 N	6,67	29,25	Dunes consolidées
TC30	2,5010 E	36,5947 N	5,56	26,73	Dunes consolidées
TC31	2,5029 E	36,5940 N	6,67	29,25	Dunes consolidées
TC32	2,5034 E	36,5923 N	2,30	19,97	Dunes consolidées
TC33	2,5064 E	36,5944 N	5,00	26,54	Dunes consolidées
TC34	2,5091 E	36,5923 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TC35	2,5121 E	36,5937 N	4,44	26,65	Dunes consolidées

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « D » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TD1	2,5165 E	36,5939 N	2,44	21,18	Dunes consolidées
TD2	2,5188 E	36,5936 N	4,44	26,65	Dunes consolidées
TD3	2,5219 E	36,5937 N	3,33	23,32	Dunes consolidées
TD4	2,5252 E	36,5937 N	4,00	24,01	Dunes consolidées
TD5	2,5278 E	36,5927 N	2,44	21,18	Dunes consolidées
TD6	2,5304 E	36,5936 N	3,85	23,11	Dunes consolidées
TD7	2,5337 E	36,5935 N	3,23	22,62	Dunes consolidées
TD8	2,5363 E	36,5914 N	1,79	15,54	Faciès gréseux
TD9	2,5397 E	36,5921 N	2,86	20,03	Faciès gréseux Dunes consolidées
TD10	2,5427 E	36,5926 N	2,25	19,53	Dunes consolidées
TD11	2,5452 E	36,5936 N	3,33	23,32	Dunes consolidées
TD12	2,5481 E	36,5936 N	2,94	20,59	Dunes consolidées Faciès gréseux
TD13	2,5510 E	36,5948 N	3,64	21,85	Dunes consolidées
TD14	2,5540 E	36,5944 N	3,23	22,62	Dunes consolidées
TD15	2,5571 E	36,5938 N	1,41	17,49	Dunes consolidées
TD16	2,5592 E	36,5949 N	1,69	14,67	Dunes consolidées
TD17	2,5621 E	36,5958 N	1,54	13,37	Dunes consolidées
TD18	2,5653 E	36,5959 N	1,52	13,19	Dunes consolidées
TD19	2,5680 E	36,5971 N	1,11	13,77	Dunes consolidées
TD20	2,5709 E	36,5963 N	1,33	16,50	Dunes consolidées
TD21	2,5739 E	36,5975 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TD22	2,5767 E	36,5974 N	1,54	13,37	Dunes consolidées
TD23	2,5796 E	36,5977 N	1,33	16,50	Dunes consolidées
TD24	2,5825 E	36,5989 N	1,33	16,50	Dunes consolidées
TD25	2,5850 E	36,5995 N	2,15	18,66	Dunes consolidées
TD26	2,5877 E	36,6000 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TD27	2,5908 E	36,6007 N	2,11	18,32	Dunes consolidées
TD28	2,5935 E	36,6022 N	5,00	26,54	Dunes consolidées
TD29	2,5965 E	36,6025 N	5,00	26,54	Dunes consolidées
TD30	2,5995 E	36,6033 N	3,23	22,62	Dunes consolidées
TD31	2,6021 E	36,6023 N	1,69	14,67	Dunes consolidées

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « E » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TE1	2,6073 E	36,6045 N	2,78	19,47	Dunes consolidées
TE2	2,6101 E	36,6058 N	2,67	18,70	Dunes consolidées
TE3	2,6130 E	36,6062 N	1,85	16,06	Dunes consolidées
TE4	2,6157 E	36,6075 N	1,74	15,10	Dunes consolidées
TE5	2,6185 E	36,6083 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TE6	2,6211 E	36,6100 N	2,04	17,71	Dunes consolidées
TE7	2,6234 E	36,6111 N	2,53	17,72	Dunes consolidées
TE8	2,6245 E	36,6128 N	4,08	24,49	Dunes consolidées
TE9	2,6269 E	36,6121 N	2,47	21,44	Dunes consolidées
TE10	2,6285 E	36,6142 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TE11	2,6316 E	36,6143 N	2,00	17,36	Dunes consolidées
TE12	2,6344 E	36,6154 N	2,11	18,32	Dunes consolidées
TE13	2,6375 E	36,6163 N	2,35	20,40	Dunes consolidées
TE14	2,6395 E	36,6184 N	5,00	26,54	Dunes consolidées
TE15	2,6420 E	36,6189 N	2,86	20,03	Dunes consolidées
TE16	2,6455 E	36,6192 N	2,11	18,32	Dunes consolidées
TE17	2,6485 E	36,6201 N	1,82	15,80	Dunes consolidées
TE18	2,6498 E	36,6225 N	2,22	19,27	Dunes consolidées
TE19	2,6532 E	36,6238 N	2,50	21,70	Dunes consolidées
TE20	2,6555 E	36,6259 N	2,86	20,03	Dunes consolidées
TE21	2,6587 E	36,6273 N	2,22	19,27	Dunes consolidées
TE22	2,6615 E	36,6291 N	2,27	19,70	Dunes consolidées

Tableau récapitulatif des données sur la pente, la longueur d'onde et la lithologie dans la zone « F » de Tipaza.

Zone	Coordonnées		Pente (%)	L (m)	Lithologie
	X	Y			
TF1	2,6653 E	36,6309 N	2,22	19,27	Dunes consolidées
TF2	2,6672 E	36,6320 N	2	17,36	Dunes consolidées
TF3	2,6692 E	36,6338 N	1,71	14,84	Dunes consolidées
TF4	2,6708 E	36,6358 N	1,64	14,24	Dunes consolidées
TF5	2,6723 E	36,6382 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TF6	2,6749 E	36,6401 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TF7	2,6775 E	36,6419 N	1,67	14,50	Dunes consolidées
TF8	2,6798 E	36,6426 N	1,05	13,03	Dunes consolidées
TF9	2,6826 E	36,6437 N	1,05	13,03	Dunes consolidées
TF10	2,6845 E	36,6459 N	1,05	13,03	Dunes consolidées
TF11	2,6867 E	36,6475 N	1,67	14,50	Dunes consolidées, Sables et galets de plages
TF12	2,6893 E	36,6486 N	1,54	13,37	Sables et galets de plages
TF13	2,6921 E	36,6502 N	1,63	14,15	Sables et galets de plages