

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Minister de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

## Etude de protection du rivage de Fouka Marine

Présenté par:

- Guebbabi Ismail
- Salem Walid

Soutenu le 03/07/2012 à 13 :30h devant le jury suivant :

<b>M<sup>me</sup> Bachari-Houma. F</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
<b>M<sup>me</sup> Amara. Z</b>	(LEM)	<b>Promotrice</b>
<b>M<sup>me</sup> Fissah. A</b>	(LEM)	<b>Co-promotrice</b>
<b>Mr Belkessa. R</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>Mr Amari. S</b>	(LEM)	<b>Examineur</b>

Promotion : (2012)

## *Remerciements*

*Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui, à divers titres, ont collaboré à la réalisation de ce travail. Nous les devons à de nombreuses personnes que nous avons le plaisir et l'honneur de citer ci-après.*

*Mme, AMARA Zahia pour avoir dirigé ce travail et lui avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.*

*Nous tenons à remercier Mme FISSAH Assma qui a nous aidés dans la partie de l'étude de réfraction et sans oublier l'ensemble du personnel du LEM pour le meilleur accueil, et d'avoir facilité la consultation des documents nécessaires pour notre travail.*

*Mme BACHARI HOUMA Fouzia d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.*

*Mr BELKESSA Rabah de nous avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mr AMARI Sofiane, on le remercie d'avoir accepté examiner notre travail.*

*Enfin nos vifs remerciements, à toutes les personnes qui nous ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

*Salem et Guebbabi*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma mère et mon père.*

*A mon frère : Samer*

*A mes sœurs : Nassima et Hadjer.*

*A toute ma famille.*

*Et à tous mes amis (es) en particulier Hossem, Zoubir, Madani, Khaled, Yazid, Yassine, Abd Ellah, Madjid, Amina, Sarah.....*

*Walid*

*Je dédie ce travail :*

*A mes chers parents, qui se sont toujours soucies de mes intérêts.*

*A toute ma famille.*

*A tous mes amis, en particulier, El Hadj, Mohammed et Mohammed Sanoussi*

*A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.*

*Ismail*

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Minister de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

## Etude de protection du rivage de Fouka Marine

Présenté par:

- Guebbabi Ismail
- Salem Walid

Soutenu le 03/07/2012 à 13 :30h devant le jury suivant :

<b>M<sup>me</sup> Bachari-Houma. F</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
<b>M<sup>me</sup> Amara. Z</b>	(LEM)	<b>Promotrice</b>
<b>M<sup>me</sup> Fissah. A</b>	(LEM)	<b>Co-promotrice</b>
<b>Mr Belkessa. R</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>Mr Amari. S</b>	(LEM)	<b>Examineur</b>

Promotion : (2012)

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Cadre général d'évolution et diagnostic</b>	
I.1 Présentation de la commune de Fouka (C.N.E.R.U.2005) :	4
I.2 Situation géographique et délimitation :	4
I.3.Cadre géologique et géomorphologique :	6
I.3.1.Géologie régionale :	6
I.3.2.Géomorphologie régionale :	7
I.3.3 Morphologie régionale:	7
I.3.4 Lithologie locale :	8
I.4.Cadre climatologique et hydrographique :	9
I.4.1.Climat :	9
I.4.2.Hydrographie :	12
I.5.Cadre hydrodynamique (océanographique) :	14
I.5.1.Houles :	14
I.5.2.Courants :	17
I.5.3.Marée :	17
I.6.Cadre sédimentologique et bathymétrique :	17
I.6.1.Bathymétrie :	17
I.6.2.Sédimentologie :	18
I.7.Evolution du trait de côte :	19
I.8.Les facteurs et les mécanismes d'altération :	20
I.8.1.Action de la mer :	20
I.8.2.Action de l'eau de ruissellement :	21
I.8.3.Action anthropique :	22
I.8.3.1.Urbanisation :	22
I.8.3.2.Pollution chimique :	23
Conclusion :	23

## **Chapitre II : Matériels, méthodes et discussions des résultats**

II.1.Etude bathymétrique (LEM 2010).....	24
II.1.1.Principe :	24
II.1.2.Les résultats de l'étude bathymétrique :	24
II.1.2.1.Les cartes bathymétriques :	24
II.1.2.2.Les profils bathymétriques :	26
II.1.2.3 Conclusion sur l'étude bathymétrique :	27
II.2.L'étude de réfraction :	28

II .2.1.définition :.....	28
II.2.2.la houle au large :.....	28
II .2.3.La houle à la côte :.....	28
II .2.4.Les résultats de la réfraction :.....	30
II.3 Etudes topographiques (LEM 2010) : .....	32
II .3.1Principe de base :.....	32
II .3.2.Les résultats de l'étude topographique : .....	33
II .3.3.Conclusion sur l'étude topographique :.....	36

### **Chapitre III : Solutions d'aménagement**

III .1.objectif de l'intervention .....	37
III .2.Choix des scénarios d'intervention : .....	38
III .2.1.Le recul stratégique :.....	38
III .2.2.Protections du pied de la falaise :.....	38
III .2.3.Stabilisation des hauts de falaises : .....	38
III .3.Description de l'intervention et optimisation :.....	40
III .3.1.Variante 01 :Création d'une zone tompan.....	40
III .3.2.Variante 02: Traitement de la falaise avec implantation d'un ouvrage off shore immergé : .....	42
III.3.2.1.Sous variante 01: Traitement de la falaise avec implantation d'une brise lame immergée en enrochement :.....	42
III.3.2.2.Sous variante 02: Traitement de la falaise avec implantation d'un brise lames immergé en géotube :.....	44
III .4.Estimation des coûts de construction:.....	47
III .5.Comparaison des variantes :.....	47
<b>Conclusion</b> .....	49

**Bibliographie**

**Annexes**

**Les Listes**

# Introduction Générale

Le milieu marin est particulièrement inhospitalier pour l'homme, non seulement parce qu'il ne peut y vivre normalement, mais aussi parce que les mers et les océans sont soumis à de très nombreux mouvements dont la violence rend très délicat tout travail à partir de la surface.

Le littoral est un lieu de rencontre, où s'expriment avec la plus grande diversité des écosystèmes façonnés par l'action des houles, du vent et des embruns (**Paskoff, R, 2001**).

Aujourd'hui, on a constaté que l'urbanisation du littoral s'est faite au détriment de toutes les règles de sécurité, puisque des bâtis y ont été construits en bordure de la mer sans que soient prises en compte les érosions auxquelles elles s'étaient exposées ; face à l'importance du recul de ces côtes, mais pire encore face à l'augmentation de la vulnérabilité des populations riveraines et de l'économie.

Il s'est avéré nécessaire de protéger ces infrastructures en réalisant des ouvrages de défense du littoral dont le choix dépend de la nature du site (hydrodynamisme...) et de l'usage ultérieur de ces ouvrages.

Le but de ce projet de fin d'étude dont l'intitulé est «*l'étude de protection du rivage de Fouka Marine*» est conduit selon les principes d'aménagement qui peuvent être divisés en deux grandes familles essayons de faire appliquer l'une ou l'autre suivant notre analyse:

- des actions qui visent à lutter contre les causes ;
- des actions réparatrices ou de compensation.

Dans le premier cas, on essaiera d'agir sur les phénomènes naturels pour aller dans le sens souhaité :

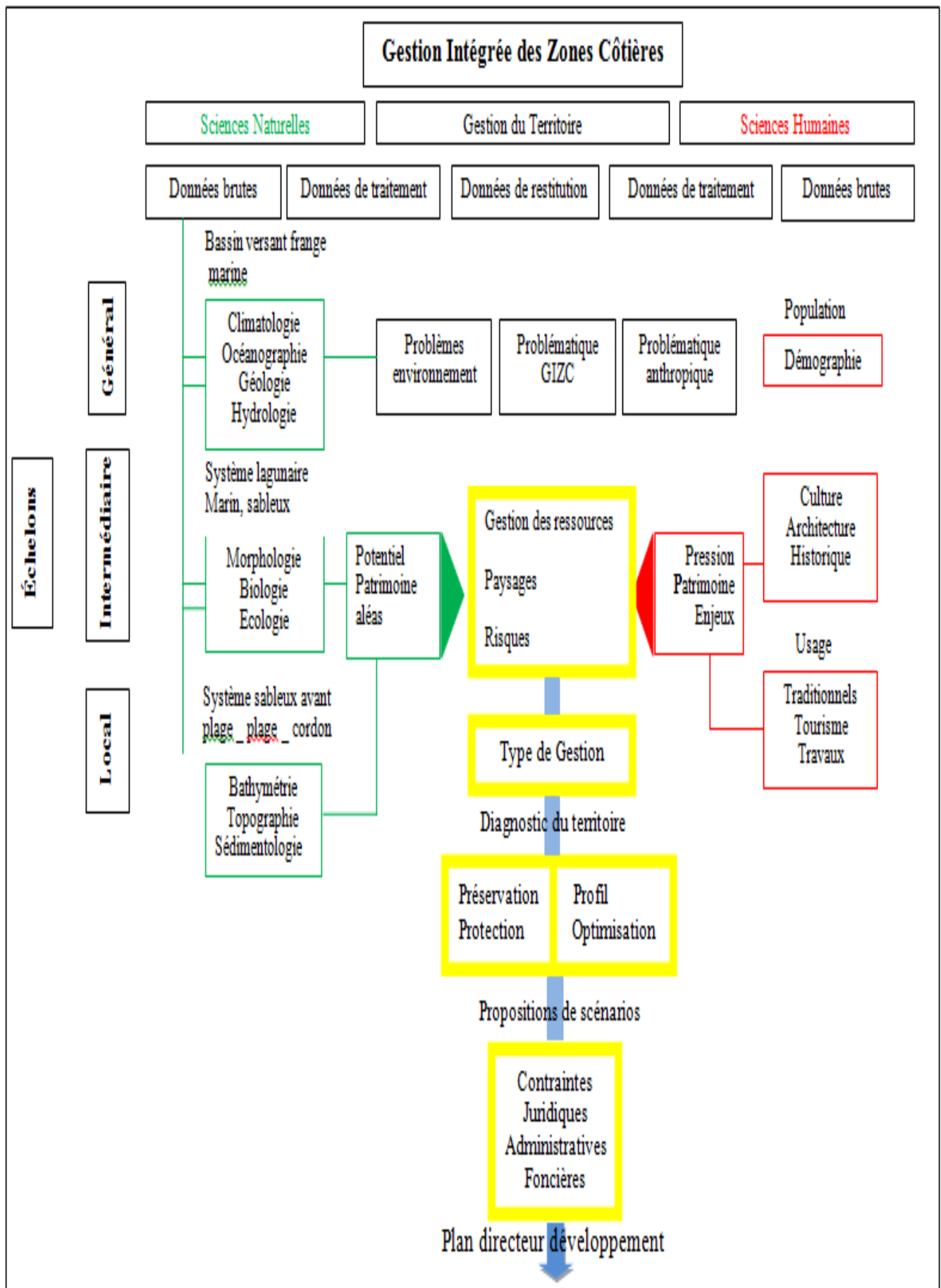
- ✓ diminuer l'érosion des falaises en aménageant la partie terrestre (drains, végétation...), mais aussi en bloquant les éboulis en pied de falaise pour obtenir une autoprotection ;
- ✓ diminuer l'action des houles de tempête en les faisant déferler au large et les transformer ainsi en houles de « beau temps » lorsqu'elles abordent les plages ;
- ✓ lutter contre l'agitation en réduisant les courants au lieu de les augmenter.

Dans le second cas, on se contentera de réaliser des aménagements ou des ouvrages pour compenser l'effet des phénomènes naturels ou carrément pour s'y opposer :

- recharger en matériaux une zone trop érodée ;
- protéger la route de bord de mer en construisant une digue de haut de plage, etc.

Afin d'atteindre nos objectifs avec une démarche intégrée, nous essayerons de respecter la logique GIZC qui permet de hiérarchiser les relations systémiques à établir par les acteurs de la gestion intégrée du littoral tout d'abord en fonction de l'échelle d'analyse qui définit des problématiques de gestion propre à chaque échelon, puis en fonction de « l'ensemble thématique » concerné, qu'il s'agisse de la Nature, de l'Homme, du Territoire.

Présentation systémique des facteurs à prendre en compte pour une gestion de l'érosion en termes de GIZC. (Source : Richard, 2005)



## Introduction Générale

---

Le site d'étude localisé au niveau de la commune de Fouka à un niveau d'échelon général puisque il s'insère dans la frange maritime en premier lieu d'où un traitement de l'ordre des sciences naturelles nécessitant des données brutes telles que :

- données climatologiques
- données océanographiques
- données géologiques
- et données hydrologiques

En second lieu, un niveau aussi intermédiaire de par son emplacement en bordure maritime qui nécessite des données telles que :

- morphologie du site
- écologie etc...

En dernier lieu, un niveau local puisque son lien à la terre le place dans un système d'avant plage et ou de cordon nécessitant des données brutes telles que :

- les levés de terrains (bathymétrie et topographie et suivi de terrain).

Notre humble participation à cette démarche s'insère alors à l'échelon local et pour mener à bien ce travail, il apparait nécessaire de consulter et exploiter tous les documents, traitant du sujet disponibles soit au LEM ou à L'ENSSMAL.

Ainsi notre approche méthodologique s'articule sur les, étapes suivantes :

- ✚ 1<sup>er</sup> chapitre, une présentation de la zone d'étude dans son ensemble régional, les facteurs naturels et anthropiques qui causent l'érosion du site, afin de présenter l'évolution du trait de côte.
- ✚ 2<sup>ème</sup> chapitre, étude bathymétrique, de réfraction et topographique avec la discussion des résultats.
- ✚ 3<sup>ème</sup> chapitre, adoption de solutions d'aménagement et de protection.

# Chapitre I

## Cadre général d'évolution et diagnostic

## **I.1 Présentation de la commune de Fouka (C.N.E.R.U.2005) :**

Fouka est l'une des communes côtières de la wilaya de Tipaza. Elle a été érigée en chef-lieu de daïra après le nouveau découpage territoriale et conformément au décret exécutif n° 91.306 du 24 Août 1991. La commune se situe au Nord-Est de la wilaya à 35Km du chef-lieu Tipaza. Elle est sillonnée par la route nationale n°11 qui relie Alger à Tipaza, et reliée à Koléa par le chemin de wilaya n°110 et à Bou Ismaïl par le chemin de wilaya n°126.

La commune se situe du point de vue géographique sur le versant Nord du sahel. Son relief est composé de deux parties: la plaine côtière qui s'étend sur 4.92km où se localisent les terrains agricoles les plus riches, et les collines séparées de la plaine par une forte pente.

Les données relatives au domaine littoral :

La surface du domaine littoral : 146,7ha.

- Le pourcentage du domaine littoral par rapport à la surface de la commune : 11,53%.
- La surface de la zone de servitude (300m) :117,1ha.
- Surface urbanisée dans la zone de servitude : 14,14ha.
- Le pourcentage de la surface urbanisée par rapport à la zone de servitude : 12,08%.

## **I.2 Situation géographique et délimitation :**

### **❖ La commune de Fouka Marine :**

**Fouka Marine** est située à environ 40Km à l'Ouest d'Alger. Elle fait partie de la baie de Bou Ismail (ex Castiglione), qui est comprise entre le mont de Chenoua et le point de Sidi Fredj. L'ouverture de la baie est de 40Km (**Leclaire, 1972**). Une des plus importantes de la côte Algériennes.

Elle s'étend sur une superficie totale de 1273ha et est délimitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par la commune de Koléa.
- A l'Est par la commune de Douaouda.
- A l'Ouest par la commune de Bou Ismaïl.

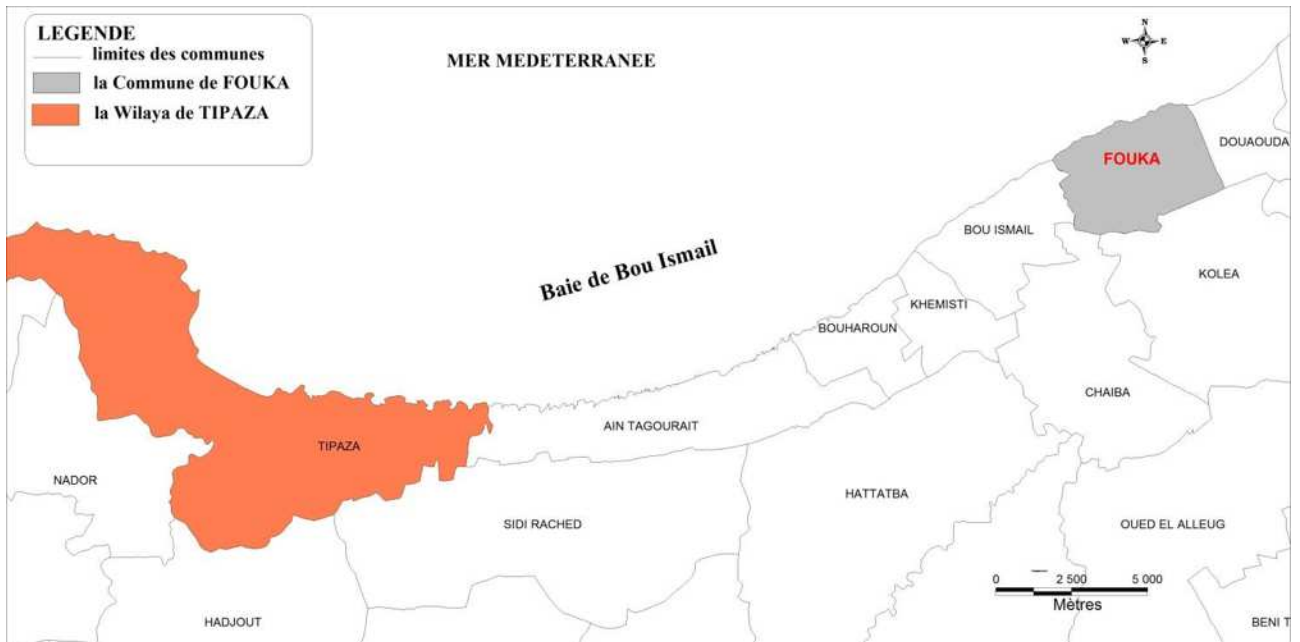


Figure 1: Limites administratives de la commune de Fouka

❖ la zone d'étude :

Notre zone d'étude se situe entre : Les latitudes :  $36^{\circ}40'8''$  et  $36^{\circ}40'4''$  Nord

Et les Longitude:  $2^{\circ}43'50''$  et  $2^{\circ}43'53''$  Est.

L'image ci-dessous montre la délimitation de notre zone d'étude :

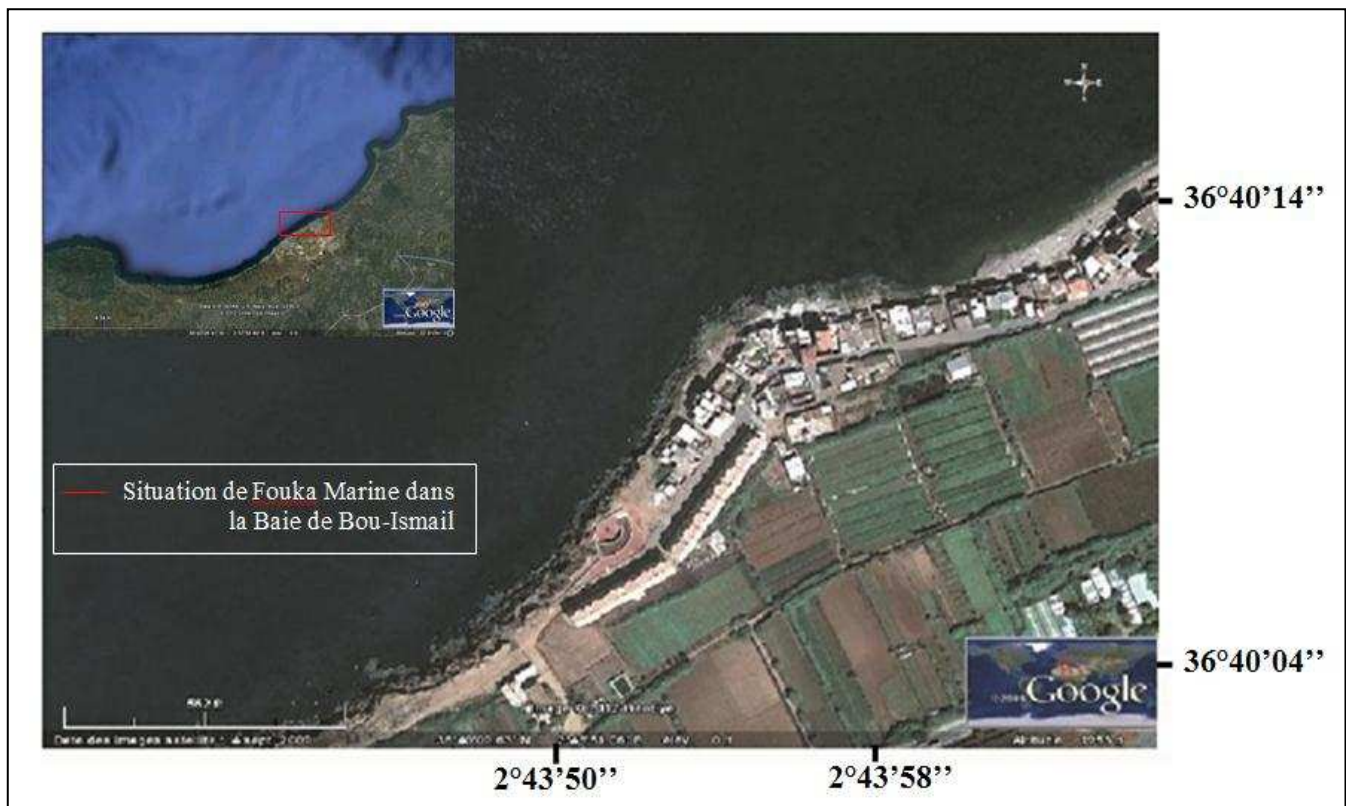


Figure 2: Situation géographique de Fouka marine (Google Earth 2012)

### I.3.Cadre géologique et géomorphologique :

#### I.3.1.Géologie régionale :

Les terrasses marines pléistocènes dans le Sahel accusent de l'Ouest vers l'Est une importante variabilité altitudinale, ce qui rend ce critère fondamental pour une individualisation stratigraphique.

Le Tyrrhénien correspond dans le Sahel à une lumachelle à pétoncle, il garde le long de littoral une grande homogénéité de faciès et de puissance (50cm à 2m d'épaisseur), il est en contact anormale sur les marnes bleues et grès du pliocène pour la raison que les formations calabriennes et siciliennes ont été soulevées.

(**Betrouni, 1983**), La série lithologique synthétique établit par correspond de haut en bas à (Figure 3) :

- Grès dunaires supérieurs.
- Limons rouges supérieurs.
- Grès dunaires moyens.
- Grès dunaires intermédiaires.
- Lumachelle à pétoncles rubéfiés.
- Grès dunaires inférieurs.
- Poudingue et grès coquilliers inférieurs.
- Substratum pliocène.

D'après ces caractéristiques, nous sommes donc dans un littoral où les couches ne résistent pas à l'effet des houles.

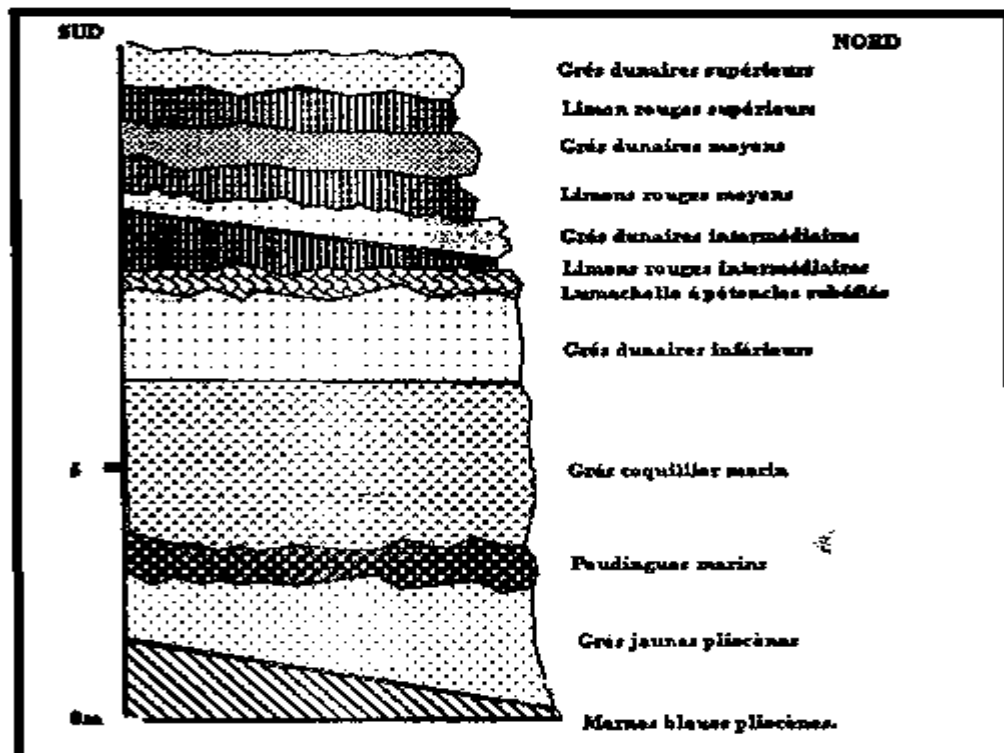


Figure 3: lithologie de la baie de Bou-Ismail

### **I .3.2.Géomorphologie régionale :**

Les grands ensembles morpho-structuraux des régions d'Alger et de Tipaza se présentent comme suit :

#### **❖ Le massif de Bouzaréah :**

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

#### **❖ Le massif de Chenoua :**

Il constitue une structure montagneuse de même orientation que le massif de Bouzaréah. Il culmine à 905m. Les pentes sont très accidentées et le contact avec la mer est souligné par des falaises rocheuses très disséquées par l'érosion marine.

#### **❖ Le Sahel d'Alger :**

C'est un anticlinal qui se prolonge sur une distance moyenne de 1000 Km d'Est en Ouest. Il regroupe tous les petits reliefs qui lui donnent une topographie mamelonnée.

### **I .3.3 Morphologie régionale:**

Le plateau continental de la baie de Bou-Ismaïl présente une extension maximale de 11 km (il est très étroit à proximité des massifs : 4 km pour le Chenoua, moins de 2 km pour Bouzaréah). Il a une surface de 509 Km<sup>2</sup> et une largeur de 55 km. Sa longueur se rétrécit au niveau des caps (2km à 3km) et s'élargit au milieu de la baie (11 Km en face du Mazafran).

Notre zone d'étude est située dans la baie de Bou-Ismaïl, cette dernière est subdivisée d'Ouest en Est en 2 secteurs, à savoir : la baie de Chenoua et la baie de Bou- Ismaïl (ex Castiglione).

#### **❖ La baie de Chenoua :**

Du cap du four jusqu'à Boumachouk (2,3km), formée de falaises abruptes avec quelques grottes entaillées dans les roches tendres, puis une plage d'environ 3km de longueur traversée par l'oued Nador. A partir de Matares au port de Tipaza, la côte est formée de falaises de grès sur 1,4km de long.

#### **❖ La baie de Bou-Ismaïl :**

Du port de Tipaza jusqu'au port de Bou Haroun, se dressent des falaises de grès dunaires sur 20km interrompues par des micros baies et criques abritant des petites plages. De Bou Haroun à Fouka Marine il y'a une alternance de plages et de côtes rocheuses formées de grès.

La morphologie de la zone est expliquée par la figure ci-dessous.

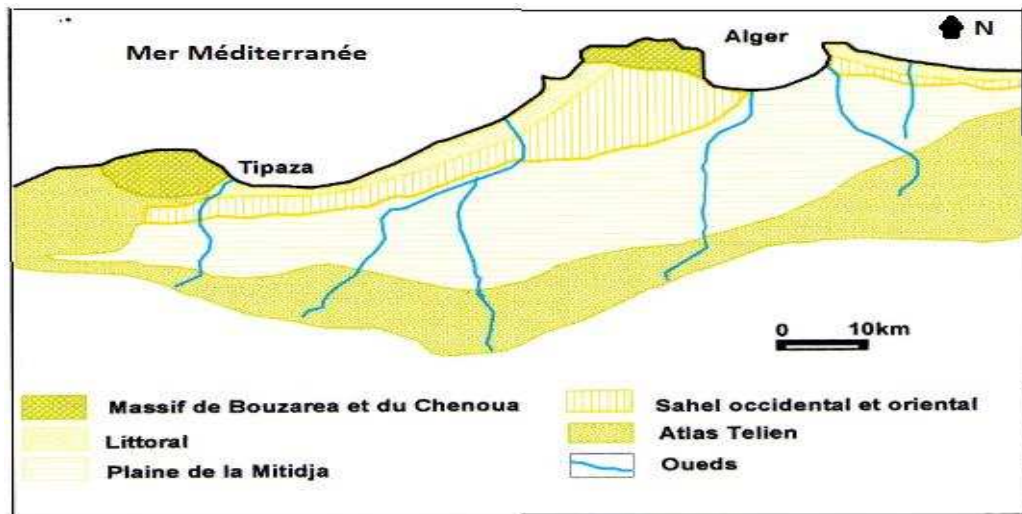


Figure 4: la morphologie de la baie de Bou-Ismaïl

I .3.4.Lithologie locale :

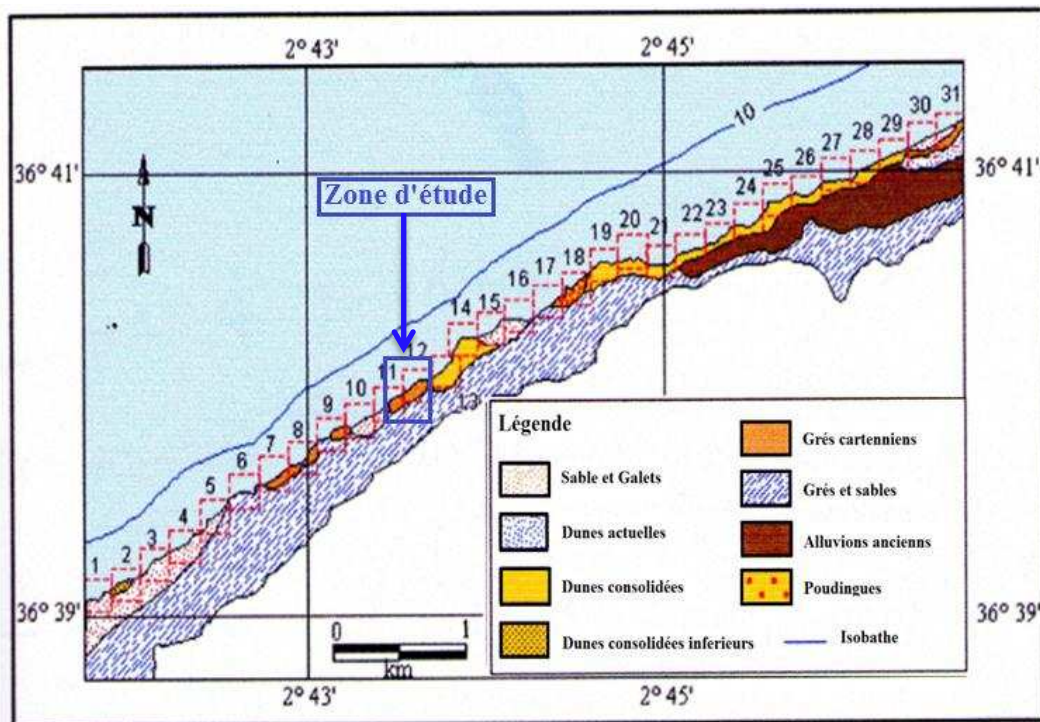


Figure 5: Lithologie de la zone d'étude (Belhaine. K, Bouderbala. A, 2007)

La lithologie de la zone de Koléa montre la présence de plusieurs formes lithologiques le long de la côte, pour notre étude nous sommes intéressés par la zone ouest de Fouka Marine. Cette dernière est représentée sur la (figure. 5) par les carreaux (11,12) et composée de grès cartenniens moyennement consolidé formé à l'âge thyrienien. Ce grès est caractérisé par une forte fragilité telle qu'elle est montrée dans la photo. 1 :



*Photo 1: des morceaux de grés détachés de la falaise*

#### I.4.Cadre climatologique et hydrographique :

##### I.4.1.Climat :

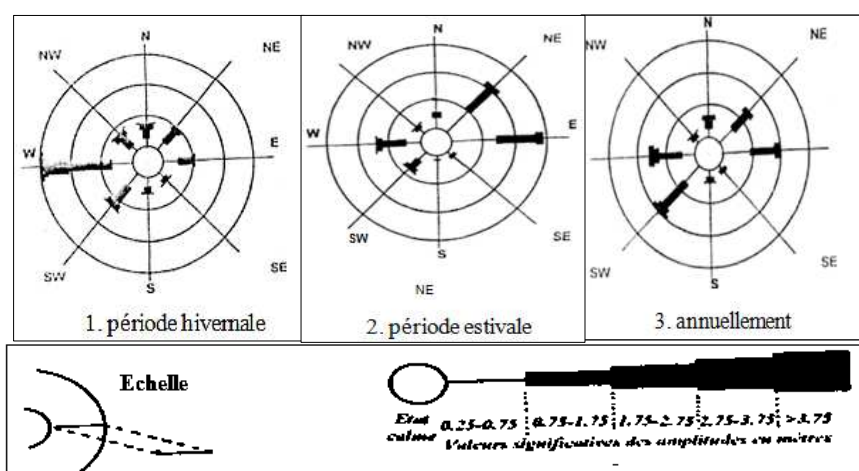
###### ❖ L'étude du vent :

Le vent est un élément important dans la dynamique des eaux marines, il est à l'origine de houle et des courants superficiels. Leurs caractéristiques peuvent être déterminantes pour le choix d'un dispositif de protection.

Fouka Marine appartient à la baie de Bou Ismail qui est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduit par:

- Des vents d'Ouest en Hiver et Printemps induisant des houles de grandes amplitudes, d'une vitesse moyenne de 3m/s.
- Des vents de l'Est en été et début Automne avec de faibles amplitudes, avec une vitesse moyenne supérieur de 2m/s. Ils peuvent être très violents de 15 à 20m/s durant 3 jours consécutifs (Asso. A, 1982, in Zeghdoudi, 2006).

Les données sont représentées sous forme de rose des vents. (Figure 6).



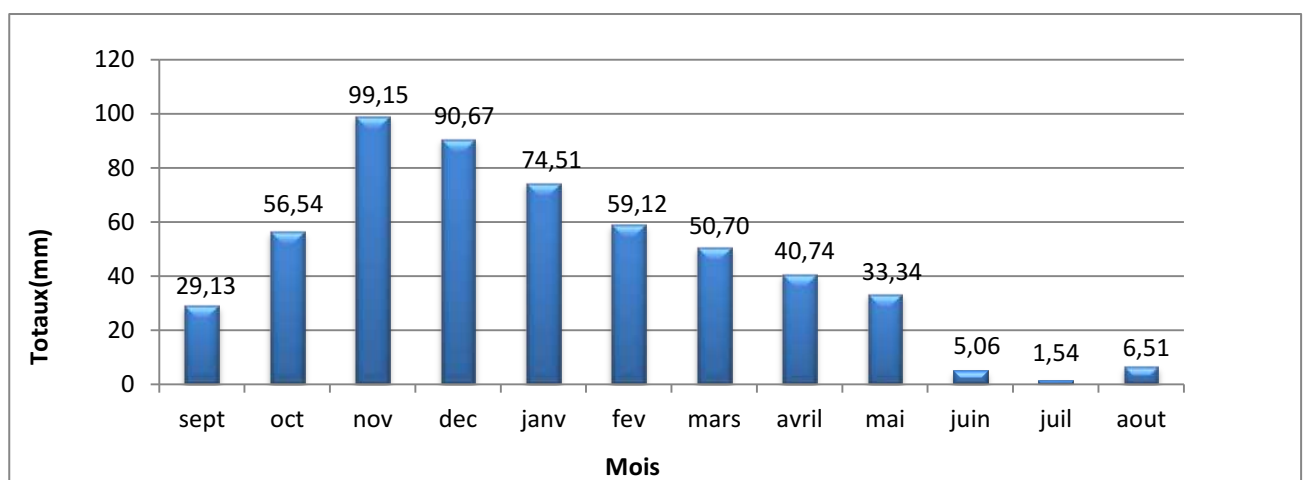
**Figure 6:** Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970)

Les vents **Ouest**, et **Nord-Ouest** sont les plus dominants. Ils soufflent le plus souvent sur la région et peuvent engendrer des tempêtes. Celles-ci causent l'érosion et endommagent les habitations construites sur le rivage. Comme cela a été le cas lors de la tempête de 1989 à Tipasa. Sans oublier que ces vents contribuent à l'érosion éolienne.

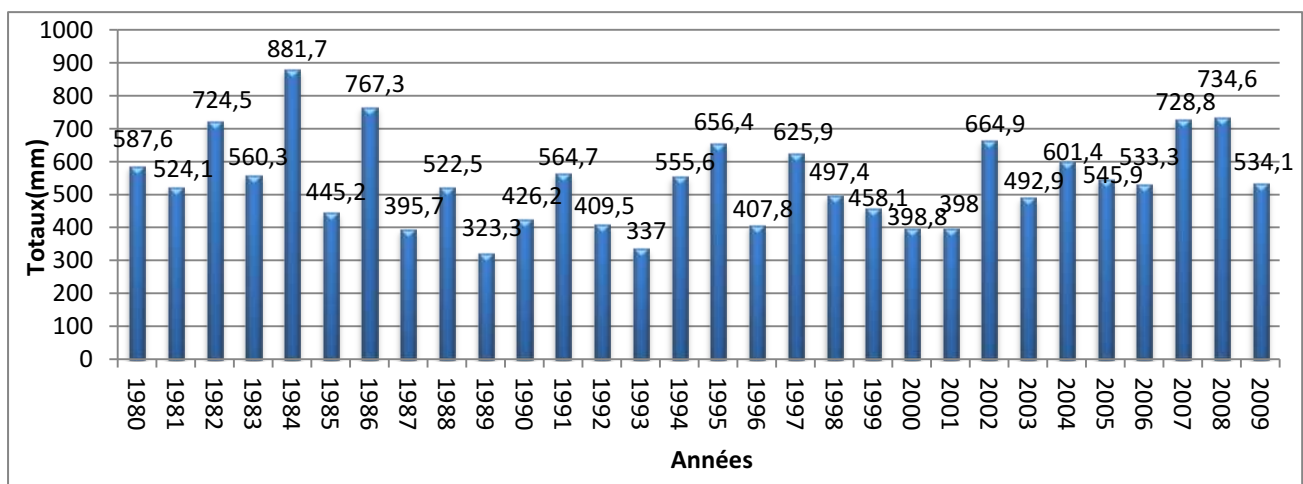
#### ❖ Les précipitations :

Le régime des pluies dans la région de Fouka marine obéit au cycle méditerranéen caractérisé par son irrégularité et l'alternance de deux saisons distinctes :

- Une saison estivale sèche allant de Mai à Septembre (précipitation moyenne est de **15,12 mm**).
- une saison hivernale humide allant du mois d'Octobre au mois d'Avril (précipitation moyenne est **61,53 mm**).
- La moyenne mensuelle des précipitations le long de l'année est de **45,59 mm**.



*Figure 7: les moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Fouka Marine (de 1986 à 2009) d'après les données de l'ANRH*



*Figure 8: Les précipitations annuelles dans la région de Fouka Marine (de 1980 à 2009) d'après les données de l'ANRH*

On constate d'après la *Figure 8*:

- une diminution remarquable des précipitations pour l'année 1989, avec une valeur moyenne de **323,3mm**.

- une augmentation importante des précipitations pour l'année 1984, avec une valeur moyenne de **881,7mm**.
- La moyenne annuelle des précipitations dans la région de Fouka Marine de (1980 à 2009) est d'environ **543,45mm**.

#### ❖ La température :

La température en baie de Bou-Ismaïl est marquée par deux périodes où les températures superficielles maximales se situent dans le mois de juillet et août, et les températures minimales en Janvier et Février.

-Période chaude : Juin à Octobre :  $20,4^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 26,5^{\circ}\text{C}$ .

-Période froide : Novembre à Mars :  $11,5^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 15,4^{\circ}\text{C}$ .

**Tableau 1:** les températures mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1995 – 2004

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août
T °C mensuelle (moyenne)	23,7	20,4	15,4	12,7	11,7	11,5	13,5	15,2	18,7	22,8	25,2	26,5

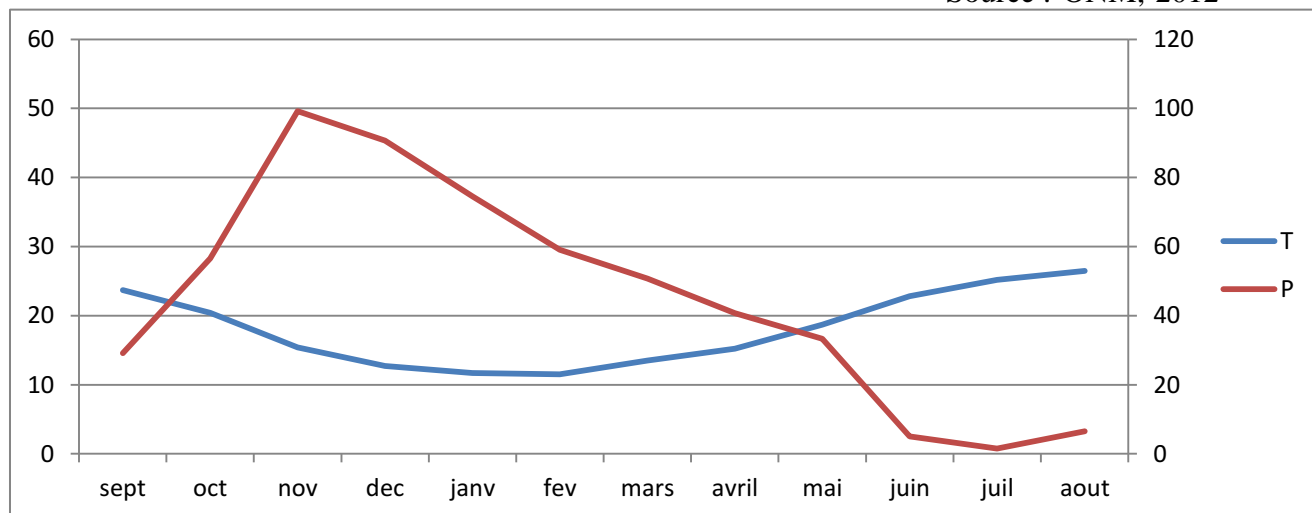
Source : ONM, 2012

#### ❖ Diagramme ombrothermique de BANGNOUL et GAUSSEN (1953) :

**Tableau 2:** les températures et précipitations mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1995 à 2004

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août
T °C (moyenne)	23,7	20,4	15,4	12,7	11,7	11,5	13,5	15,2	18,7	22,8	25,2	26,5
Précipitation (moyenne)	29,14	56,54	99,16	90,67	74,52	59,12	50,7	40,74	33,34	5,06	1,54	6,51

Source : ONM, 2012



**Figure 9:** diagramme ombrothermique de BANGNOUL et GAUSSEN appliqué à la région de Fouka Marine

A partir de ce diagramme on peut diviser le climat sur notre site d'étude en deux périodes :

Une période humide qui s'étend sur environ six mois de l'année de (Octobre à Mars), et une période sèche allant de mois de juin au mois de septembre, laissant place à une période de transition

(Avril et Mai), le climat de cette dernière change d'une année à une autre.

On remarque aussi que la période humide est plus importante que la période de sécheresse, ce qui peut accentuer le phénomène d'érosion de la falaise par saturation et ruissellement.

#### I .4.2.Hydrographie :

La baie de Bou-Ismaïl est traversée par trois oueds découlant du bassin versant et traversant la plaine de la Mitidja avant de se jeter à la mer. Ces oueds sont les suivants d'Est en Ouest ;

L'oued de Béni Messous, et les deux principaux oueds issus de l'Atlas blidéen l'Oued Mazafran et l'Oued Nador et franchissent les obstacles du sahel par des écluses. D'autres petits cours d'eau naissent dans le flanc Nord du sahel et se déversent directement en mer avec de faibles débits.

Dans le Sahel, les niveaux aquifères s'établissent nettement au-dessus de l'assise argileuse du Sahel. Les marnes bleues plaisanciennes peuvent également arrêter l'infiltration ; mais en général, la nature sableuse des couches inférieures du pliocène, notamment des lits glauconie, donne lieu à une nappe phréatique qui va constituer les puits du plateau.

La faible épaisseur des assises pliocènes, dans les affleurements disséminés à la surface des argiles, ne permet que l'existence de nappes peu importantes, alimentant seulement des puits disséminés au voisinage des fermes. Toute cette partie centrale du Sahel d'Alger est pauvre en eau.

Pour notre zone d'étude les plus importants oueds sont :

#### ❖ Oued Mazafran:

Oued **Mazafran** est considéré comme le cours d'eau le plus important de la région. Il résulte de la jonction de trois oueds : l'oued Djer, l'oued Bou-Roumi, l'oued Chiffa.

L'oued Chiffa et ses affluents prennent leurs sources sur le versant Sud de l'Atlas, et reçoivent en basse Mitidja un affluent important : l'Oued Anseur. L'oued Djer prend sa source dans le massif du Zaccar (Miliana) à plus de 1000m d'altitude. Le Mazafran arrache chaque année une importante masse de matériaux de l'Atlas.

**Tableau 3:** Caractéristiques des sous bassins versants de l'Oued Mazafran

Bassin versant Caractéristique	Bassin oued Djar	Bassin oued Bouroumi	Bassin oued Chifa	Bassin Inter-Médiane	Bassin Total
Surface (Km <sup>2</sup> )	420	250	500	700	1900
Longueur de bassin (Km <sup>2</sup> )	45	41	51	31	75
Longueur de l'Oued (Km <sup>2</sup> )	54	47	62	36	92
Pente moyenne De l'oued (%)	0.610	0.700	0.840	0.061	0.600

Source : l'ANRH

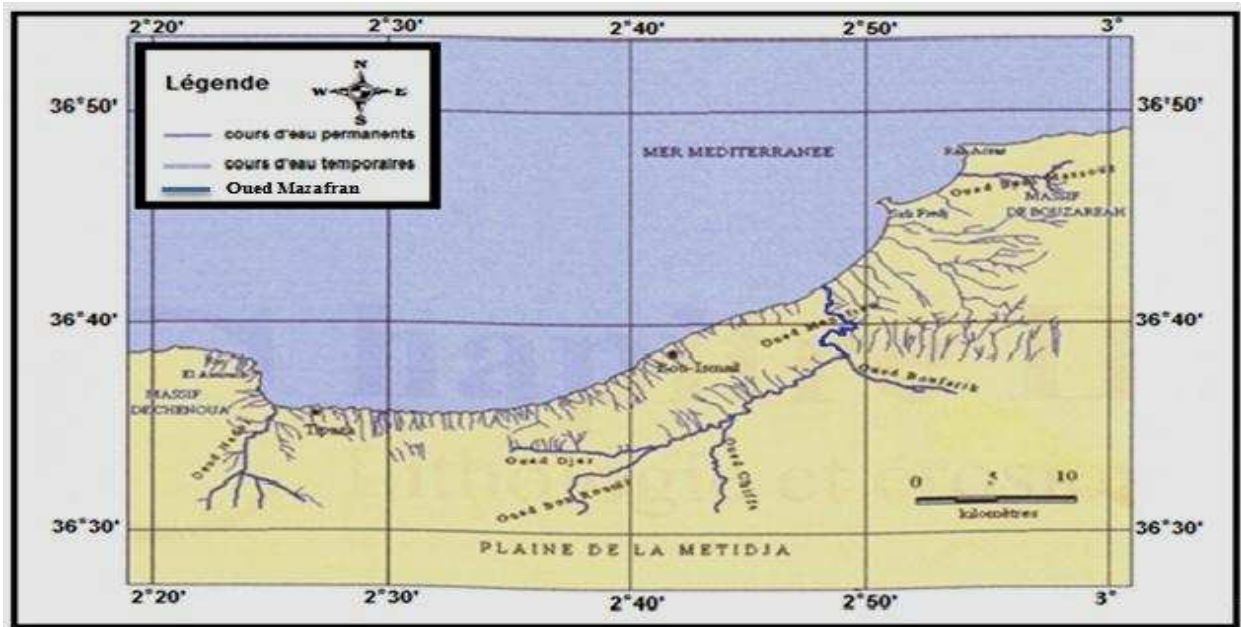


Figure 10: Réseau hydrique de la baie de Bou-Ismaïl

Le principal cours d'eau qui alimente la région de Fouka marine est l'Oued Mazafran. Cet oued qui prend son nom de la couleur de ses eaux : El Ma Essafra (eau jaune) ; constitue l'un des principaux cours d'eau de la Mitidja et le plus important débouchant dans la baie de Bousmail. Il est formé principalement par la confluence de trois Oueds secondaires, qui sont l'Oued Djer, bouroumi et la Chiffa et reçoit comme affluent Oued Fatis.

Le bassin versant du Mazafran est important. Il est subdivisé selon l'A.N.R.H. en quatre sous bassins versants : Chiffa, Djer, Bouroumi et le bassin intermédiaire du Mazafran, l'ensemble des écoulements de ce bassin se dirigent vers la cluse du Mazafran. (Hamaidi, M, Haddar, S, 2007).

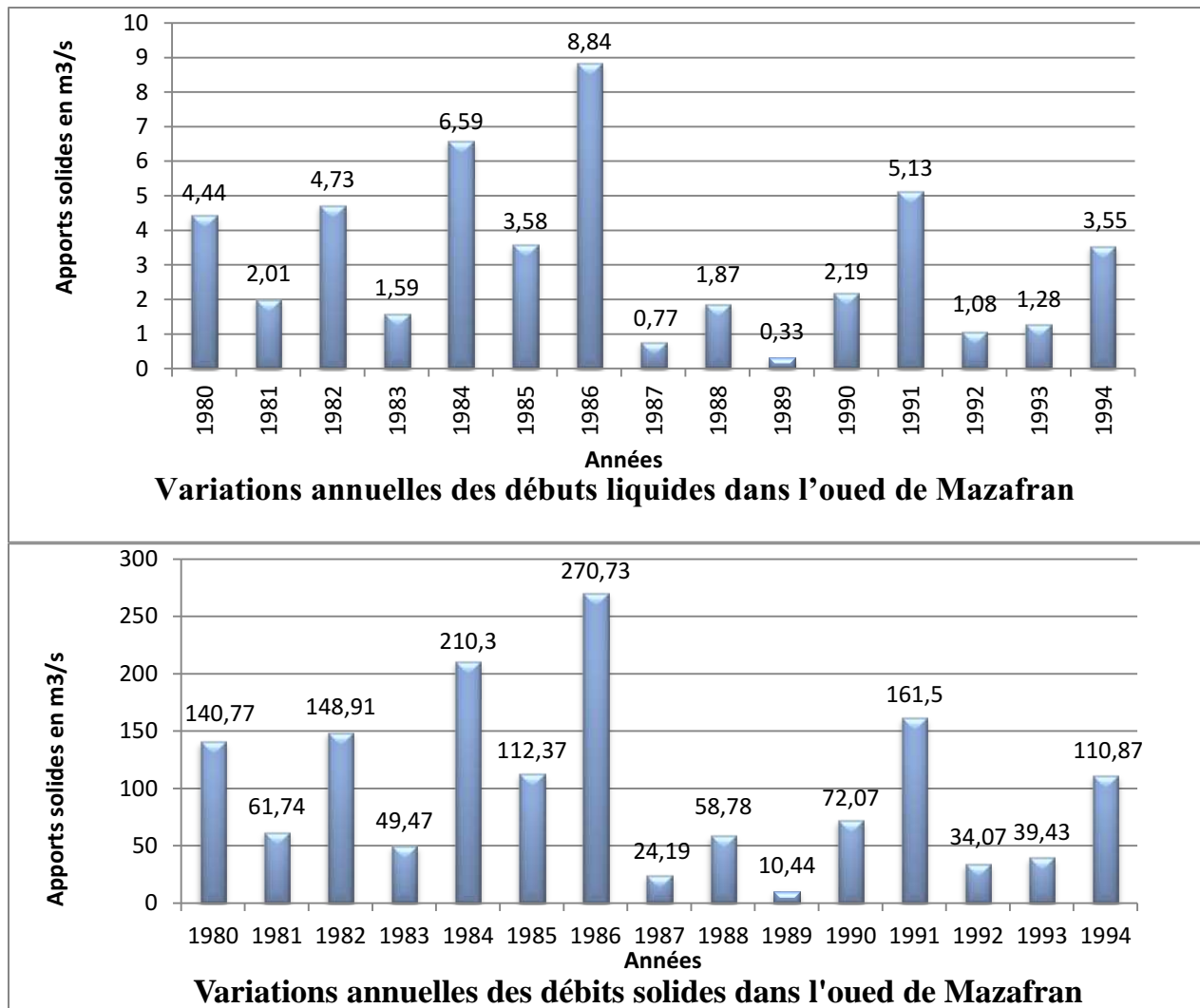
#### ❖ Les apports liquides et solides de l'Oued Mazafran :

« Le gros des matériaux rencontrés sur les plages est d'origine terrigène et à cet égard, les apports des cours d'eau sont les plus substantiels ». (Paskoff, R, 1981).

« Il aurait été important et intéressant d'étudier l'embouchure de l'oued en connaissant les débits de l'oued et le régime des vents » (Belkessa, R, 1978).

L'Oued de Mazafran est un cours d'eau qui draine les eaux pluviales, s'écoulant de l'amont vers l'aval en transportant les sédiments qui alimentent la plage.

Sur les histogrammes présentés sur la figure n°11 on remarque un maximum de débit liquide enregistré pour l'année 1986 avec une valeur moyenne de 8.84 m<sup>3</sup>/s, et le débit solide maximum enregistré est de 270,73 m<sup>3</sup>/s pour l'année 1986.



*Figure 11: variations annuelles des débits solides et liquides dans l'oued de Mazafran*

## I .5.Cadre hydrodynamique (océanographique) :

### I .5.1.Houles :

C'est un paramètre hydrodynamique qui dépend directement des vents et qui joue un rôle important dans la zone de déferlement.

On dispose des données de houles de l'U.S. Naval Weather Command intitulé Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO) pour une période s'étalant de 1963-1970, et qui

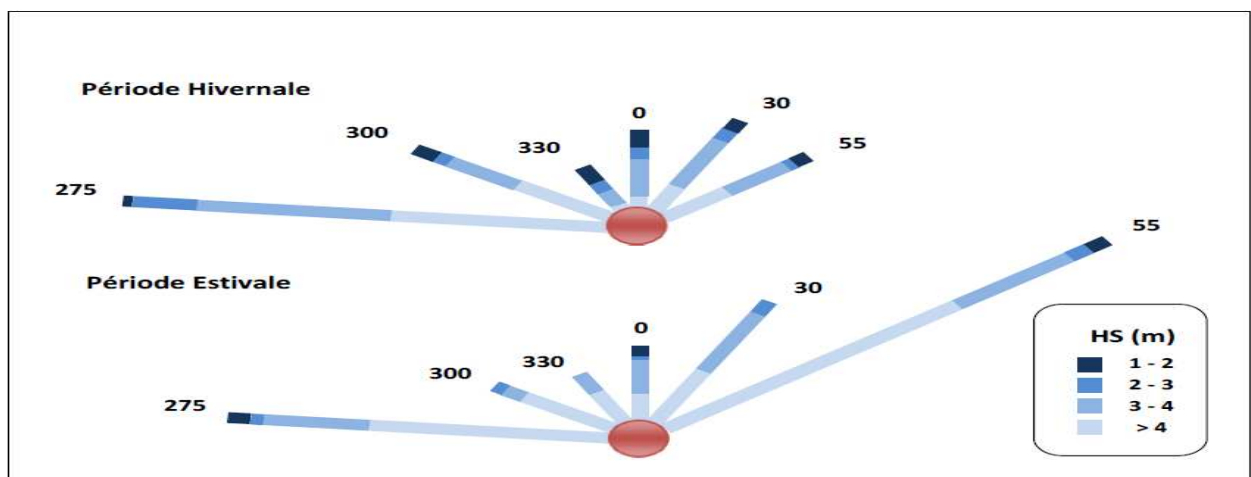
Couvrent un secteur qui se situe en longitude Est de 2° à 5° en latitude Nord de 36,5° à 38°.

**Tableau 4:** Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage (SSMO, 1963-1970)

Direction								
Mois	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
janvier	8,1	12,9	18,2	18,2	6,5	13,2	28,8	7,3
février	8,8	10,3	10,3	12,6	6,1	16,9	35,6	5,8
mars	11,3	12,6	12,6	15,8	4,5	12,3	30,5	9,2
avril	11,7	15,4	15,4	16	4,4	13,7	26,7	10,2
mai	8,2	26,3	26,3	31,9	3,3	7,2	13,9	5,2
juin	9,2	29,1	29,1	29,8	1,4	8,2	16,4	4,2
juillet	5,9	32,5	32,5	35,1	1	5,9	16,3	2
août	8,8	27,7	27,7	37,3	1,1	5	13,4	4,9
septembre	6,7	26,4	26,4	40,5	2,3	4,6	14,8	2,5
octobre	7,8	14,1	14,1	20,3	4,2	14,8	28,8	6,8
novembre	5,5	5,8	5,8	10	8	15,9	40,4	9,4
décembre	10,2	6,2	6,2	9,4	7,5	15	37,1	10
Moyenne	8,52	18,28	18,72	23,08	4,19	11,06	25,23	6,46

Source: SSMO

- Les houles de direction Ouest, Sud-Est, Est et le Nord-Est sont les plus fréquemment observées, les fréquences d'apparitions sont plus faibles pour le secteur Nord, Sud et Nord-Ouest.
- La direction Nord à une répartition assez régulière au cours de l'année.
- Durant l'année, les fréquences correspondant aux directions Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- En été les houles d'Est, Nord-Est et Sud-Est prédominent alors qu'en hiver le secteur d'Ouestest privilégié.



**Figure 12:** Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275°- 55°)  
(Source: K.N.M.I in Zemenzer 2004)

- Les roses de vents ci-avant confirment bien les données du SSMO.  
On déduit que la répartition des houles est globalement concordante avec le régime des vents.

-En hiver : Les houles d'Ouest dominent avec la majorité des amplitudes sont entre 1 et 3 m pouvant atteindre les 4m, elles engendrent des courants de retour qui entraînent les sédiments vers le large (**Boutiba, M, 1996**).

-En été : Les houles les plus dominantes sont issues du secteur Nord-Est avec des amplitudes moins

Faibles, et on remarque aussi que les houles de secteur Ouest sont assez importantes, elles engendrent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest.

Les résultats d'amplitude des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour sont représentés dans le tableau n° 05:

**Tableau 5: Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour (SSMO, 1963-1970)**

Direction								
de	Nord	Nord-Est	Est	Sud-Est	Sud	Sud-Ouest	Ouest	Nord-Ouest
période de retour(m)								
Annuelle	3,44	3,12	2,75	1,64	1,95	3,30	4,78	3,07
biennale	4,08	3,55	3,08	1,99	2,33	3,82	5,46	3,64
Quinquennale	4,91	4,12	3,53	2,45	2,84	4,52	6,35	4,41
Décennale	5,54	4,55	3,86	2,79	3,22	5,05	7,03	4,98
Vingtennale	6,17	4,98	4,20	3,14	3,60	5,58	7,70	5,56
Cinquantennale	7,01	5,55	4,64	3,60	4,11	6,27	8,60	6,32

Source : SSMO

D'après ce tableau on observe que pour les périodes de retour biennales ce sont les houles essentiellement de directions Nord et Ouest qui sont les plus énergétiques avec des valeurs de **4,08 m** et **5,46 m** respectivement.

Par contre les houles de direction Est sont les plus faibles avec des valeurs même cinquennale ne dépassant pas **4,64 m**.

Puisque la zone d'étude se trouve à l'EST de la baie de Bou-Ismaïl, elle est donc exposée aux houles de directions suivantes (Nord, Ouest et Nord-Ouest), et cela est montré par la figure suivante :



**Figure 13: Les directions des houles touchant la zone d'étude (Google Earth 2012)**

### **I .5.2.Courants :**

Les courants sont responsables de l'état dynamique des sédiments, (érosion, transport et sédimentation).

#### **❖ Le courant Général :**

C'est un courant général (qui domine au large de la région d'étude), d'origine atlantique, il se déplace d'Ouest en Est le long des côtes algériennes sous l'effet de la force de Coriolis. Ce courant général entre 1° et 2° Est devient instable pour former des tourbillons anticycloniques accompagnés de Phénomènes d'upwelling (La remontée d'eau). (Millot et al, 1990).

#### **❖ Le courant côtier de retour :**

Participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

#### **❖ Les courants de la dérive littorale :**

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique. Elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°. Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets.

### **I .5.3.Marée :**

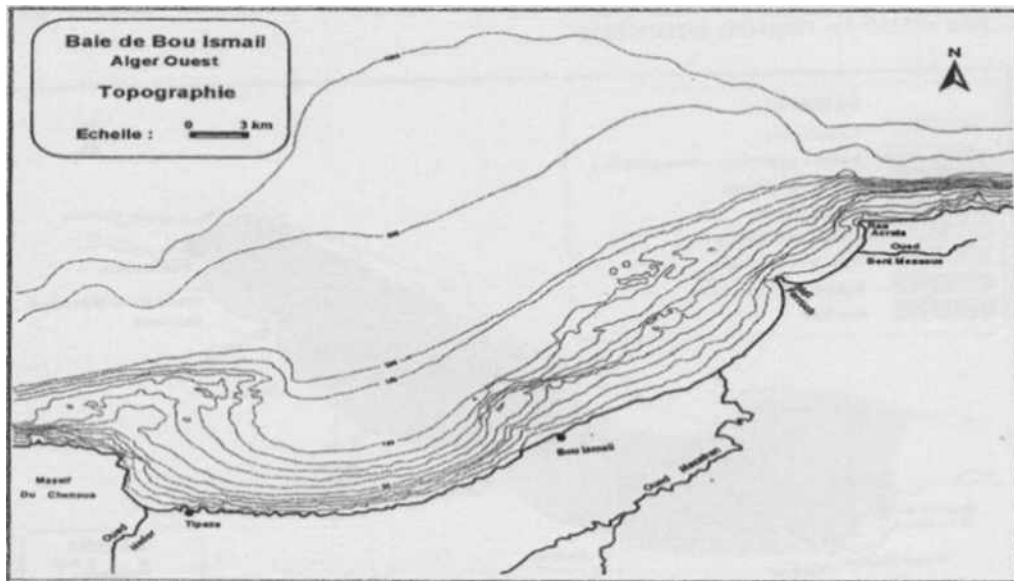
Bien que la marée soit faible sur la côte Algérienne, elle dépasse rarement les 35cm avec des périodes d'environ 12h à 24h, et que notre littoral soit de type microtidal, ce marnage la n'a pas une grande influence sur notre zone d'étude, car cette dernière est une falaise de hauteur importante, sauf sur la partie EST (d'environ 100 m de longueur) où les profondeurs deviennent moins importantes.

## **I .6.Cadre sédimentologique et bathymétrique :**

### **I .6.1.Bathymétrie :**

(Leclaire. L, 1972) a dressé une carte de la couverture sédimentaire de toute la baie de Bou-Ismaïl (Figure n°14), il distingue ainsi trois zones d'affleurement rocheux difficilement chalutables, qui sont comme suit:

- Le prolongement du massif de Chenoua, lequel rejoint la vallée sous-marine du Ras- Nador depuis la côte jusqu'à l'isobathe 180 m en direction Nord Nord-Est.
- Entre Bou Haroun et Douaouda Marine, depuis la côte jusqu'à l'isobathe 100 m.
- Depuis les fonds de 110 à 150 m au Nord de Bou-Ismaïl jusqu'à la hauteur de Sidi- Fredj.



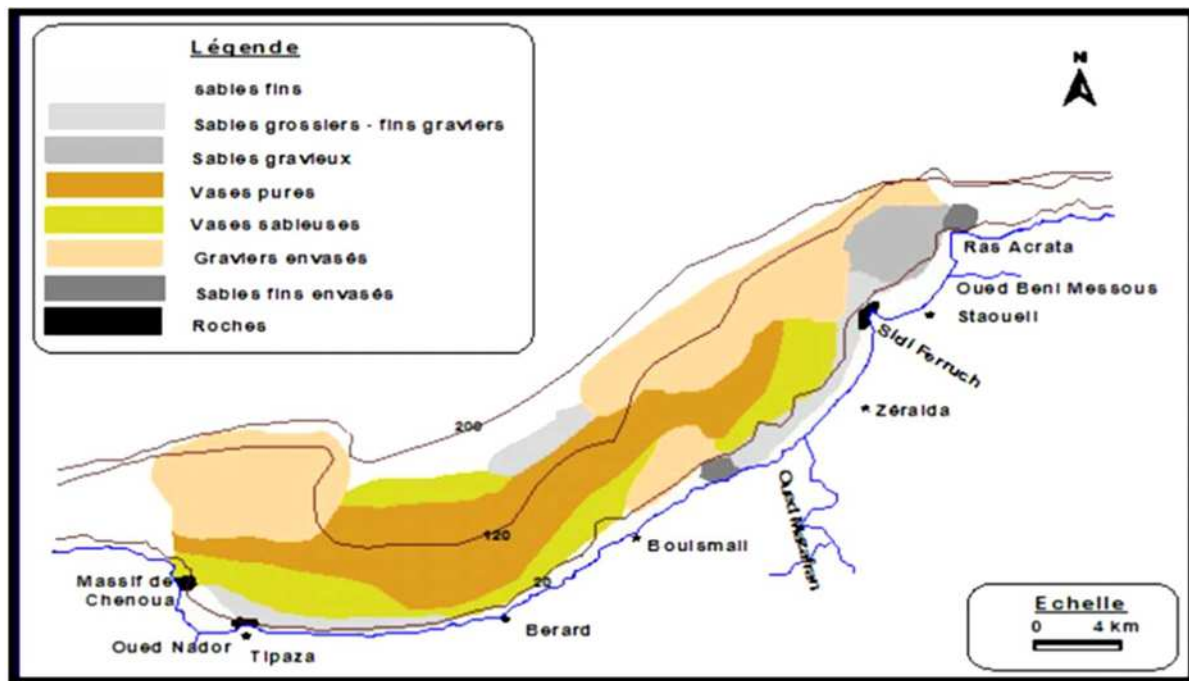
*Figure 14: bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire, 1972)*

### **I .6.2.Sédimentologie :**

Vers l'embouchure de l'Oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 2,5m, on trouve les sables grossiers. Au-delà de ce dépôt fluvio-marin et jusqu'à une profondeur de 10m à 15m, on trouve les sables moyens, qui ne réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite continue jusqu'à Tipaza.

Une bande de sable fin apparaît au large de Sîdi Fredj et à Palm Beach à moins de 2m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ce faciès, on retrouve les sables fins vaseux qui longent la côte entre 25m à 40m de profondeur. Notons qu'au large de Sidi Fredj (2km à 3km), on retrouve un dépôt de sables moyens, graviers et maërl (**LEM, 1999**).

L'analyse des sédiments de la baie de Bou Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie. Neuf faciès sont identifiés: les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (Figure. 15). L'importance et la répartition de ces faciès ne sont pas identiques en tout point de la baie. Ainsi deux régions apparaissent: la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologies propres, fait déjà signalée par (**Dagorne. A, 1973**).



**Figure 15:** carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl (L.E.M., 1998).

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou-Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux ne sont présents que dans la région orientale

Une étude très récente de la nature «origine et mécanisme de mise en place les sédiments récentes de la baie de BOU-ISMAIL » [1], a montré que :

Deux ensembles sédimentaires ont été identifiés. Le premier ensemble regroupe les faciès Coquilliers, reliques et récents. Le faciès coquillier relique est localisé sur le plateau externe à médian. Les éléments coquilliers actuels sont observés sur le plateau interne, hors des zones d'apports fluviaux. Le second ensemble, issu des apports fluviaux, rassemble les sédiments terrigènes grossiers du plateau interne et les pélites de la vasière et de la pente continentale.

### I.7. Evolution du trait de côte :

La difficulté de définir le trait de côte résulte du fait que sous ce vocabulaire « trait de côte », qui semble une notion des limpides (la ligne qui sépare l'océan des continents), se cache une réelle ambiguïté. En effet « dans un milieu qui doit son existence à un mouvement, celui de la mer, qui détermine une frange d'indécision, le rivage, il est bien difficile de placer une limite entre la terre et la mer » (Lacoste, 1993).

L'obtention de l'évolution du trait de côte est réalisée par la superposition de deux photographies aériennes établies sur la base de la carte INCT de 1959 et de 1980 et de l'image satellitaire (Google Earth 2009).

L'analyse diachronique de cette évolution nous a permis d'observer l'évolution d'ensemble du trait de côte, avec des particularités ponctuelles. Ce qui nous a conduits à subdiviser la zone d'étude en deux parties.

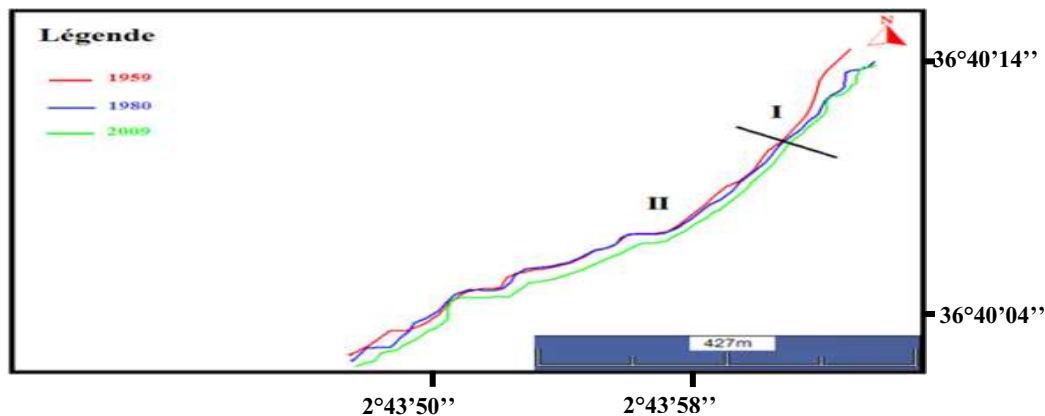
L'ensemble des observations est retranscrit dans le tableau suivant :

**Tableau 6:** Evolution de trait de côte de la zone d'étude

Période La zone	1959 à 1980	1980 à 2009
<b>I</b>	Cette période est caractérisée par une érosion importante avec une vitesse d'environ 0,57 m/an	Pour cette période on remarque que le taux de recul est légèrement constant, il est de l'ordre de 0,42m/an. cette zone a toujours subit le même phénomène.
<b>II</b>	Nous remarquons un léger avancement, dans quelque partie de la zone II, du trait de côte avec une vitesse moyenne de 0,44m/an. Mais le recul est aussi présent avec une vitesse moyenne de recul de 0,54m/an.	Le recul ne s'est pas arrêté dans cette partie-là, la mer avance avec une vitesse de 0,44m/an

Pour les deux zones l'érosion est continue et en moyenne de 0.50 cm/an.

-Les témoignages des anciens habitants de la zone d'étude confirment ces résultats.



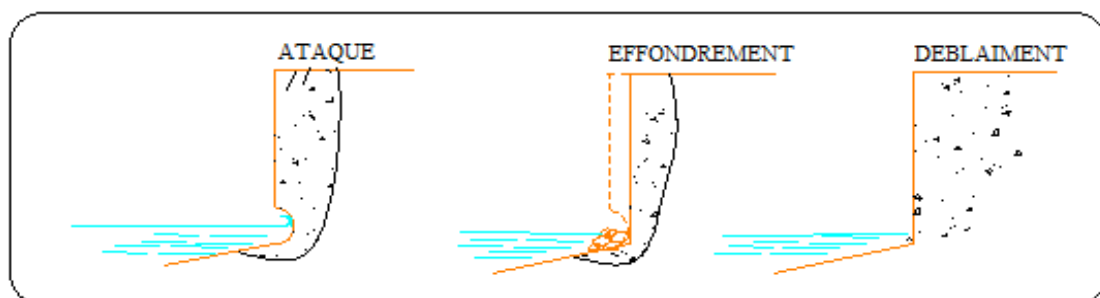
**Figure 16:** Evolution de trait de côte de la zone d'étude (Amroune. S, Moussaoui. Z, 2010.Modifie)

## I.8.Les facteurs et les mécanismes d'altération :

### I.8.1.Action de la mer :

Les grès formant cette partie du littoral sont soumis à l'action destructrice de la mer. L'attaque frontale de la mer provoque un éboulement de ce type lithologique, cette dynamique intervenant dans la disjonction des blocs par augmentation d'une pression interstitielle de l'eau contenue dans les fissures de la roche.

Ainsi les éboulements fréquents entretenus par l'action de la mer provoquent la création de cavités à la base du talus et engendrent l'effondrement de la terrasse située au-dessus.



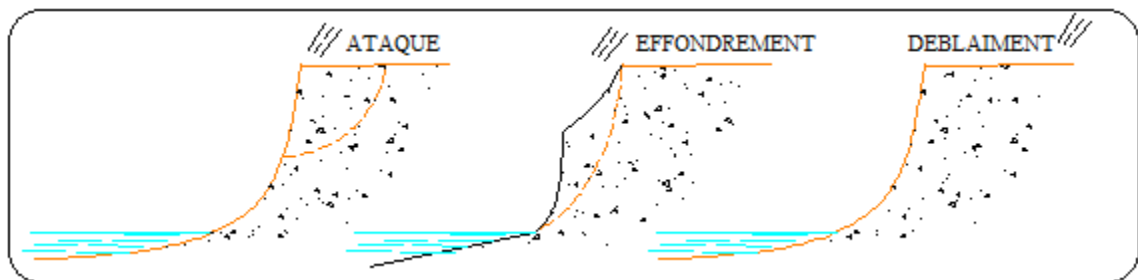
**Figure 17:** Erosion d'une falaise par l'action de la mer



*Photo 2: Action de la mer sur la falaise (Avril 2012)*

### I .8.2.Action de l'eau de ruissellement :

Les ruissèlements causés par les eaux de pluies charrient les matériaux des sols, dénudés et les entraînent vers les cours d'eaux, puis ils sont véhiculés vers la mer et pendant leur trajectoire elles vont créer des fractures dans la falaise telle qu'il est montré par la photo. 3 :



*Figure 18: Erosion d'une falaise par l'action de ruissellement*



*Photo 3: Trajectoire des eaux de pluie sur la tirasse de la falaise (Avril 2012)*

### I .8.3.Action anthropique :

#### I .8.3.1.Urbanisation :

Selon le dernier recensement effectué par ONS en 1998, la population de Fouka Marine est passée de 26766 habitants en 1987 à 39 546 habitants. L'évolution s'est faite selon un taux d'accroissement de 3,53% par an, celui-ci étant nettement plus élevé à la moyenne de la wilaya (2,54%). Ce qui donne une densité de population de 2490 habitants /Km<sup>2</sup>.

Située à la périphérie de grands pôles urbains, la ville de Fouka s'est transformée en un véritable réceptacle de l'exode rural fragilisant les sites naturels et engendrant une prolifération de l'habitat précaire et illicite. Cela au détriment des terres agricoles très riches et des sites côtiers, avilissant ainsi le paysage naturel.

Ceci malgré la législation concernant le littoral (Loi n°02-02 du 5 Février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral) qui interdit les constructions près du rivage.

Ce rajout d'habitats n'a pas été accompagné d'équipements collectifs nécessaires au bon fonctionnement d'un groupement d'habitations.



*Photo 4: construction d'habitations sur le rivage (Mars 2012)*

Il est important de souligner l'existence de plusieurs **rejets individuels** vers la mer. Ces derniers proviennent des constructions et des habitations sur le rivage et provoquent la fragilisation de la falaise en dépit de la loi interdisant ces pratiques.



*Photo 5: Installation des égouts sur la falaise (Avril 2012)*

**I .8.3.2.Pollution chimique :**

Les rejets individuels et industriels affectent le ciment qui existe entre les grains de sable gréseuse et cause la faiblesse de la falaise.

**Conclusion :**

Les quatre facteurs cités ci-dessus sont à l'origine de l'érosion de cette falaise, néanmoins leur impact différent, cette différence est due à la configuration du trait de côte et à la nature du terrain. Où nous constatons que la pollution chimique est la plus dominante avec en deuxième degré l'action de la mer ce qui nécessite une prise en charge de ces facteurs.

# Chapitre II

Matériels, méthodes et  
discussions des résultats

## II .1.Etude bathymétrique (LEM 2010)

### II .1.1.Principe :

Le levé bathymétrique consiste à déterminer les coordonnées tridimensionnelles des points du fond marin(x,y,z) dans le système géodésique WGS84 à l'aide d'un récepteur GPS et d'un échosondeur.

La bathymétrie est un facteur important dans l'implantation et le dimensionnement des ouvrages.

Le récepteur GPS cinématique en temps réel (RTK ; Real Time Kinematic) permet de mesurer un point à une précision inférieure à cinq centimètres (<5 cm). Cette précision verticale permet de déterminer les corrections du niveau de l'eau (corrections des marées - 0,34).

Pour la réalisation de cette tâche par GPS, il a été procédé à la mise en place du système suivant :

- ✚ **L'embarcation** est équipée d'une caisse métallique et d'un support vertical fixe sur la cote, qui maintient à la base le transducteur de l'échosondeur et en tête l'antenne GPS
- ✚ **L'échosondeur** calcule la profondeur à partir des mesures effectuées par le transducteur, le résultat de ces deux opérations aboutit à la connaissance des coordonnées du point bathymétrique mesurées.

### II .1.2.Les résultats de l'étude bathymétrique :

#### II .1.2.1.Les cartes bathymétriques :

La bathymétrie utilisée dans notre étude est celle issue de la campagne de reconnaissances sur site réalisée en Janvier 2010 par le LEM dans le cadre de l'étude de protection de rivage de Fouka Marine. L'exploitation des données bathymétriques fournis par le LEM donne naissance à une carte bathymétrique 2D et 3D à l'aide de logiciel **SURFER 10**.

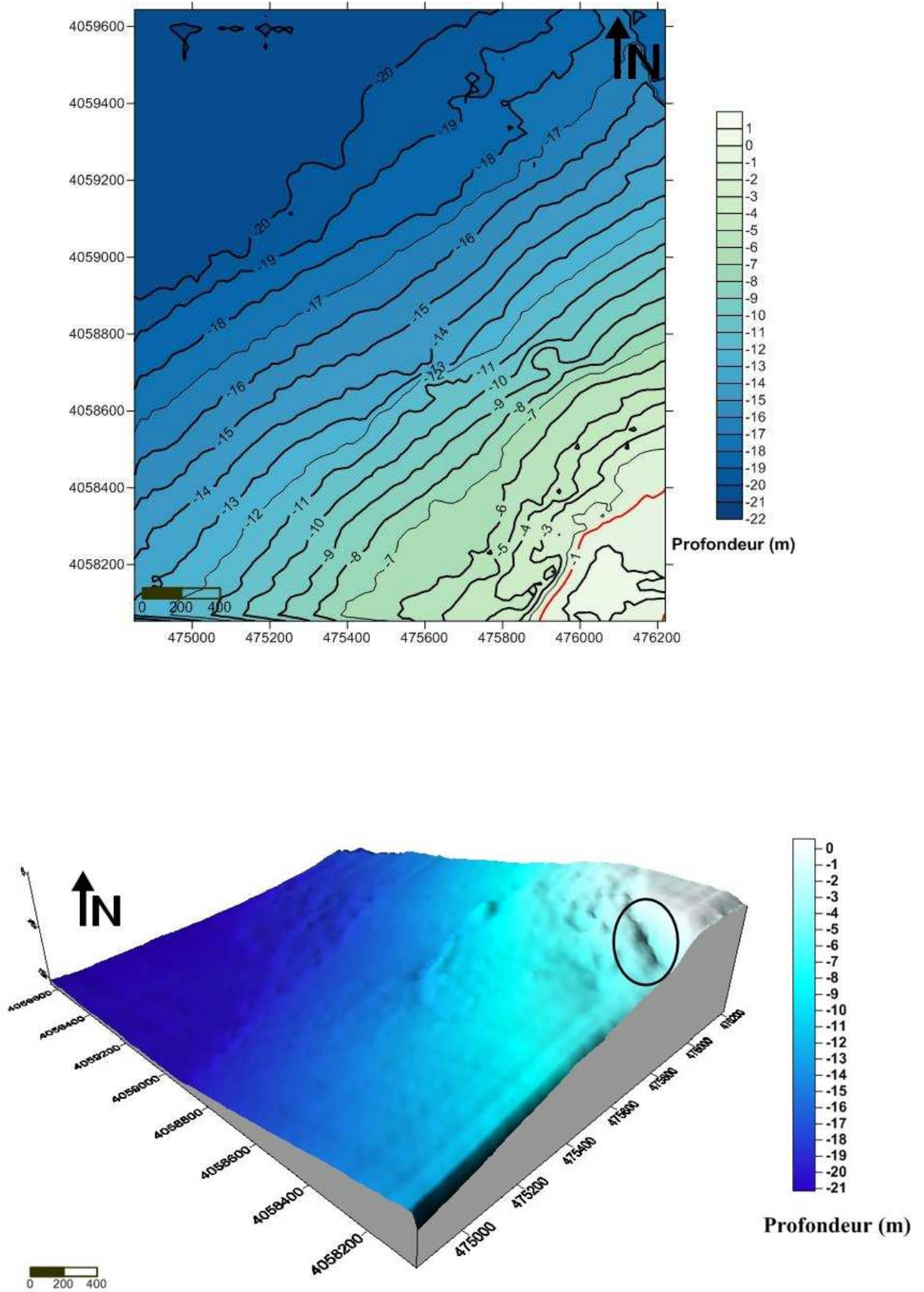


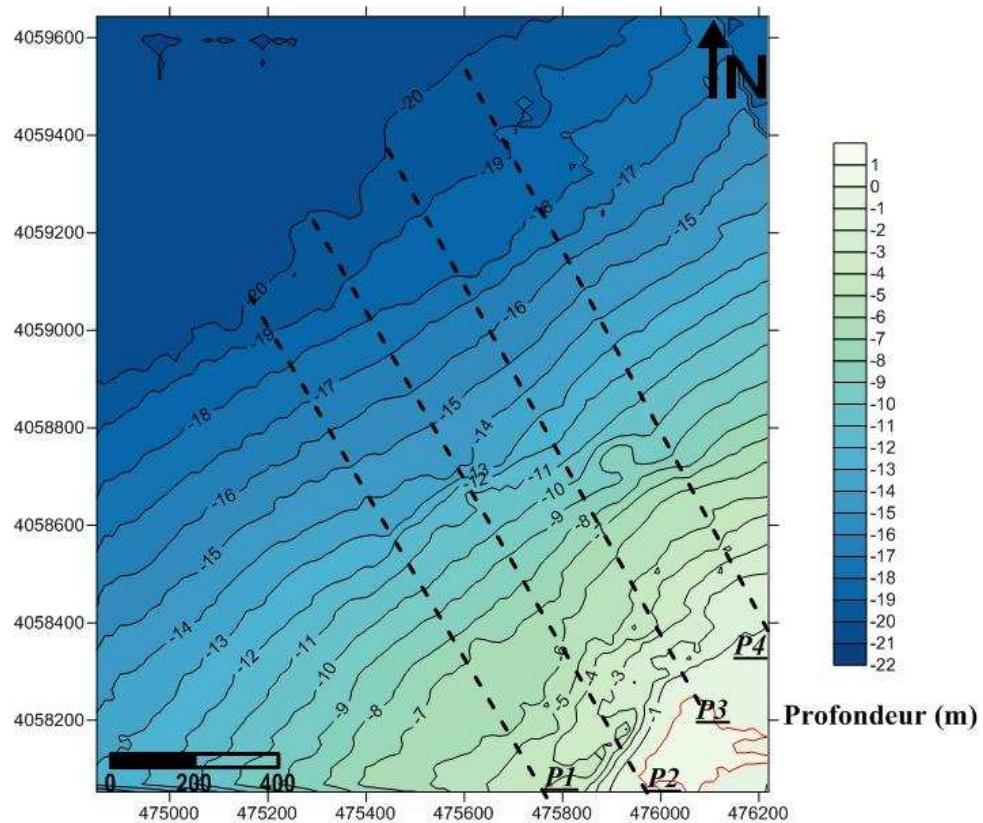
Figure 19: Bathymétrie de Fouka Marine, coté falaise (LEM,2D-3D 2012)

-La zone ouest est caractérisée par des isobathes serrées, c'est-à-dire une pente raide avec l'apparition d'une fosse comme elle est indiquée dans la carte 3D, la houle dans cette zone converge vers le rivage, provoquant une concentration de l'énergie à ce niveau qui se traduit par une forte érosion.

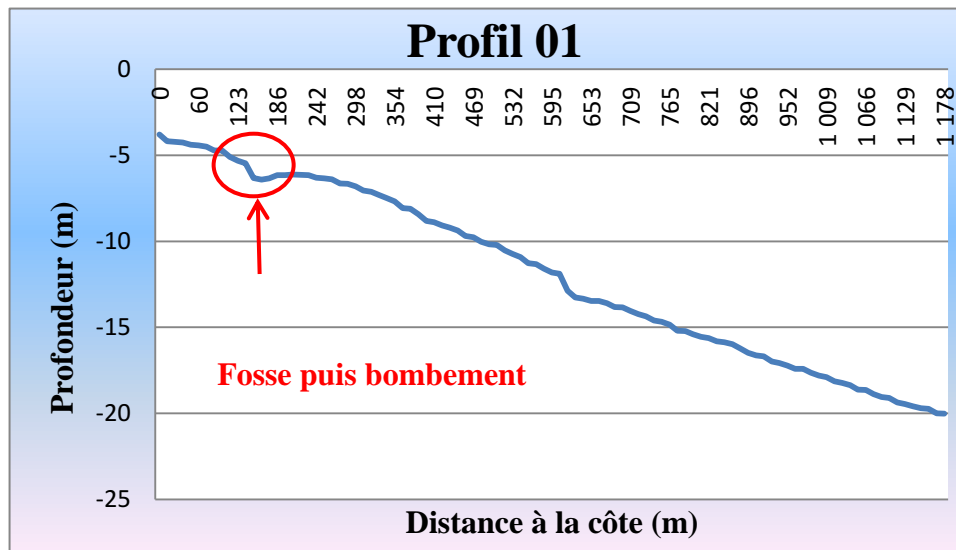
-Par contre la zone Est présente des isobathes de fond de baie ou d'échancrures plus profondes et moins serrées. Il se produit alors une divergence de la houle provoquant une dissipation de l'énergie.

### II.1.2.2. Les profils bathymétriques :

Pour avoir une idée précise et comprendre bien la morphologie sous-marine de notre zone d'étude, quatre profils sont tracés sur la carte bathymétrique.



*Figure 20: Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de zone d'étude*

❖ **Profil 1:**

Le profil descend en pente raide qui s'accroît entre -4 et -6 mètre de profondeur, pour former un bombement de profil suivi par une petite fosse de lévigation, le profil continue à descendre toujours en pente raide vers les 20 mètres de profondeur.

❖ **Profil 2 :**

Le profil descend en pente raide presque verticale jusqu'à 4 mètre de profondeur, après il remonte pour former un bombement puis une fosse de lévigation suivi par une barre de déferlement, le profil continue à descendre en pente raide, puis il entame une rupture de pente à -11 m jusqu'à -14 m, évolue en pente abrupte vers la reste du profil.

❖ **Profil 3 :**

Sur la première partie de profil notamment sur les premières mètre de profondeur, l'évolution se fait en escaliers jusqu'à -5 m, puis le profil continue à descendre en pente raide jusqu'à -20 m et continue par une pente douce vers le large.

❖ **Profil 4 :**

Le profil descend en pente douce jusqu'à 2 mètre de profondeur, puis il chute de façon brutale vers -5 m, puis entame une deuxième rupture de pente modérée jusqu'à -9 m, puis il redescend en pente raide jusqu'à -18 m et évolue en pente douce vers le large.

### II .1.2.3 Conclusion sur l'étude bathymétrique :

D'une manière générale, le fond du site est caractérisé par un relief presque monotone et formé en étages par endroits. Les profils 1 et 2 présentent une morphologie sous-marine particulière caractérisée par des bombements et une fosse parallèles à la côte, cette particularité peut influencer sur les valeurs de la hauteur significative.

A partir de 4 mètre de profondeur, les isobathes deviennent généralement parallèles à la côte.

## II .2.L'étude de réfraction :

### II .2.1.définition :

Du fait que les seules données de houle existantes sont au large du site d'étude, on est amené à faire une modélisation de la réfraction pour définir les caractéristiques de la houle à la côte (hauteur, période et direction), ce qui permet d'apprécier et de comprendre les phénomènes qui se produisent dans la zone de déferlement et ces résultats serviront de données d'entrée pour le schéma d'aménagement et pour le dimensionnement des ouvrages de protections maritimes.

### II.2.2.la houle au large :

Les données de houle au large du Summury of Synoptic Meteorological Observations (SSMO qui consistent en des observations de navire sur la période allant de 1963 à 1970 (expliqué dans le **chapitre I : I .5.1.Houles**) et qui sont toujours de bonnes qualités et en vigueur.

Un traitement statistique de ces données a permis de déterminer les fréquences d'apparition de La houle par direction et par période.

Le choix des périodes est fait en fonction de la répartition des probabilités de dépassement d'une houle d'amplitude donnée. Les houles de fortes amplitudes (>10S), ont une probabilité d'apparition relativement faible. Les périodes de houle considérées dans le cadre de cette étude sont : 6, 8 et 10secondes pour les houles annuelles (tableau. 7).

**Tableau 7:** Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude

période	direction de la houle			
	N 270°	N 315°	N 360°	N 45°
6s	Hs=1,19m	Hs=1,10m	Hs=1,00m	Hs=1,09m
8s	Hs=2,67m	Hs=2,64m	Hs=2,67m	Hs=2,56m
10s	Hs=5,54m	Hs=4,53m	Hs=4,92m	Hs=5,05m

#### ❖ Choix des directions :

Ainsi quatre (04) directions ont été retenues en tenant compte des tableaux de fréquence par direction des houles au large ainsi que l'incidence de ces houles par rapport à la zone d'étude (tableau n°5) :

- Deux directions approximativement perpendiculaires à la côte pour mesurer les effets d'une houle frontale 360°N et 315°N
- Une direction de houle à incidence oblique sur la partie Ouest (270°N)
- La direction de (45°N) qui est plus au moins énergétique atteint notre zone d'étude sur sa partie Est.

### II .2.3.La houle à la côte :

#### ❖ Principe de calcul de la réfraction de la houle :

L'utilisation des données de houles au large et de la bathymétrie de la zone, pour définir à la côte les houles qui sont réfractés et celles qui ne sont pas, par leurs hauteurs et directions. Ce calcul est effectué par le modèle numérique SWAN (Simulating Waves Nearshore développé par l'université de DELFT).Le coefficient de réfraction est défini de la manière suivante :

$$K_r = \frac{HS \text{ local}}{HS \text{ large}} \quad (\text{II. 1})$$

❖ **Données de base :**

**a-** Données bathymétriques

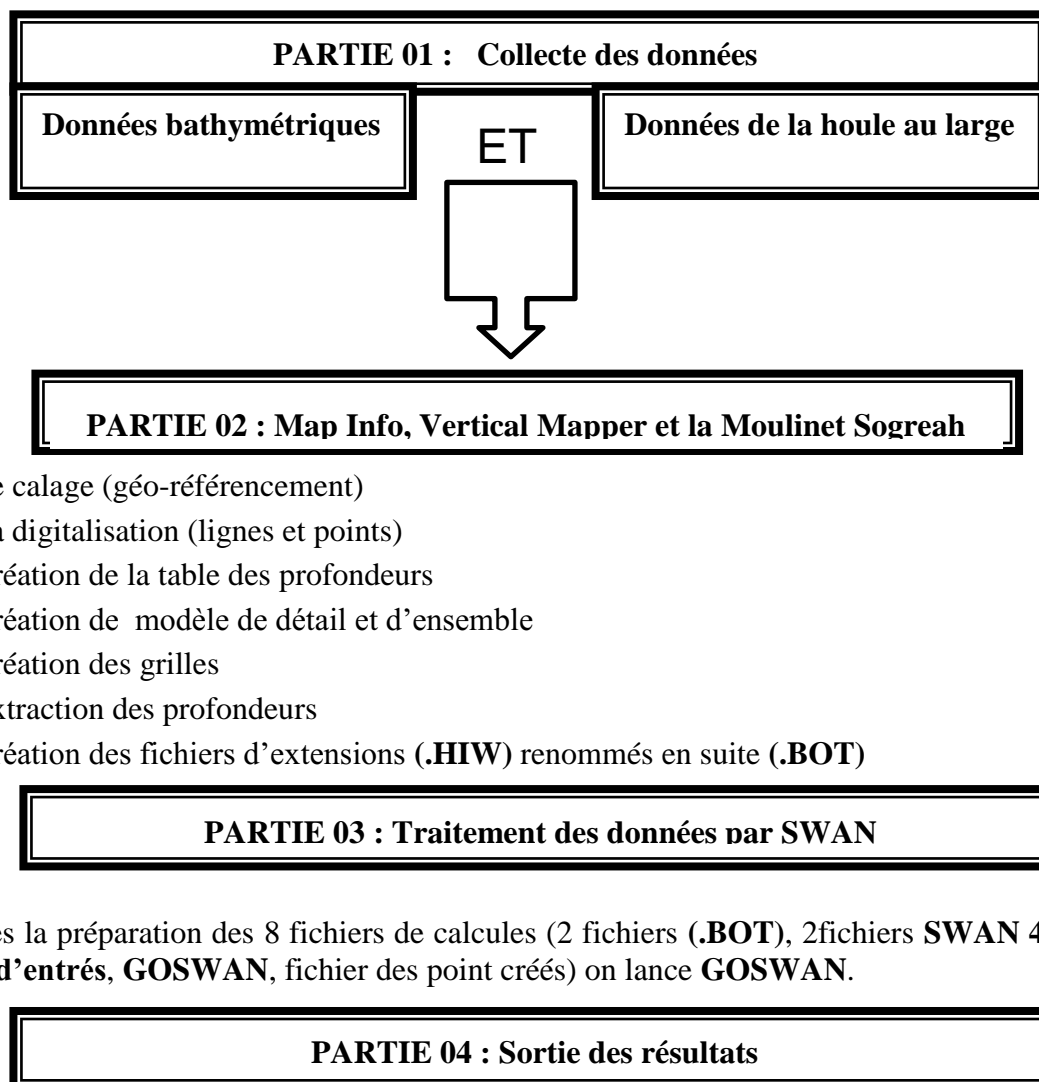
La bathymétrie utilisée pour cette étude de réfraction est issue des données de levé bathymétrique qui a été réalisé par le LEM en Janvier 2010 (expliquée en II-1)

**b-** Données de houles au large (hauteur, période et direction)

❖ **Les étapes de réalisation de l'étude de réfraction :**

Afin de procéder à l'étude de la réfraction deux logiciels sont couplés il s'agit du logiciel des **SIGMap-info version 8.0** avec le **Vertical Mapper** et de la **Moulinette SOGREAH** comme surface de saisie de données et d'acquisition de résultats, ainsi que le logiciel **SWAN (Simulating waves Nearshore)** comme calculateur.

L'étude de la propagation de la houle sur un site réel comporte quatre parties expliquées dans l'organigramme suivant :

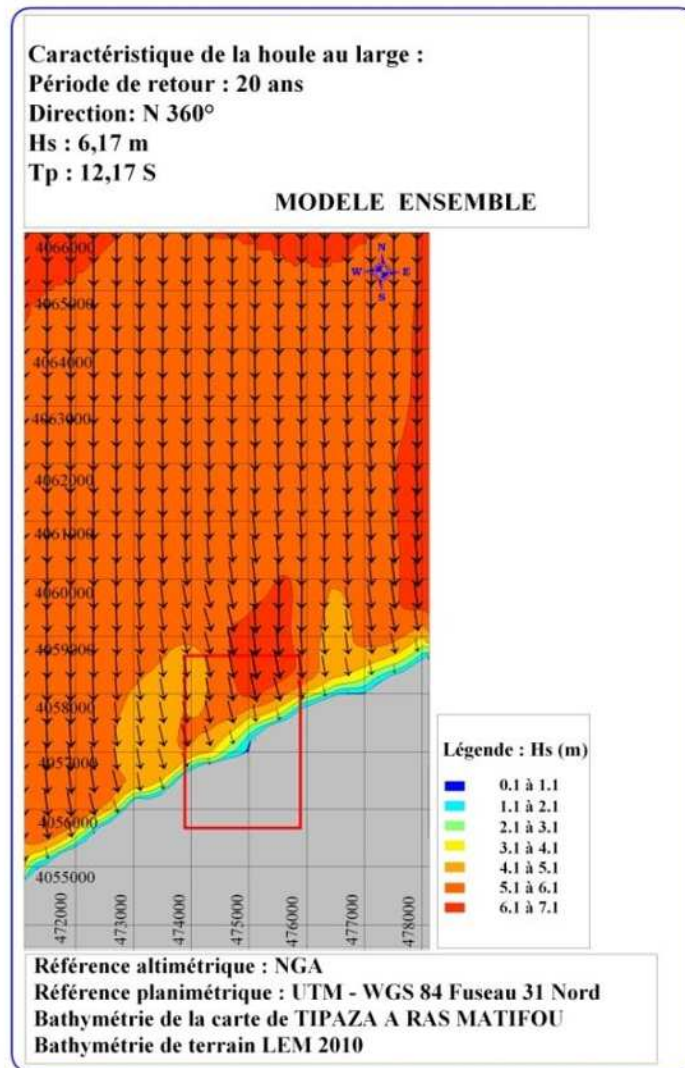


Après la préparation des 8 fichiers de calculs (2 fichiers **(.BOT)**, 2 fichiers **SWAN 411**, 2 fichiers **d'entrés**, **GOSWAN**, fichier des point créés) on lance **GOSWAN**.

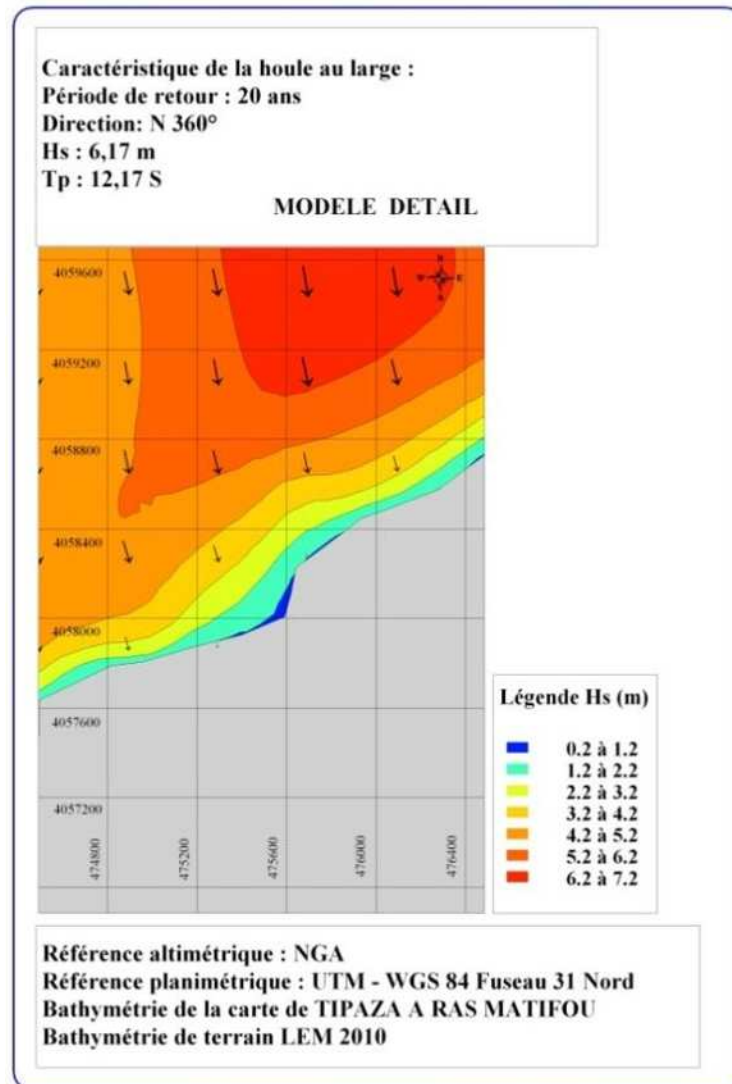
### II .2.4.Les résultats de la réfraction :

La carte de réfraction de la direction la plus défavorable est exposée avec deux formes, une vue d'ensemble de la zone de Fouka et une vue détaillée sur la côte de la zone d'étude.

Les résultats des autres directions seront affichés dans l'annexe.



**Figure 21:** Réfraction de la houle, direction N360°, dans la région de Fouka Marine (vue d'ensemble)



**Figure 22:** Réfraction de la houle, direction N360°, dans la région de Fouka Marine (vue de détaillée)

### Analyse :

Les vagues de direction N360° (Nord) ont tendance à arriver toutes perpendiculairement à la côte. Pratiquement pour toutes les directions la zone de Fouka Marine est très affectée par l'agression du phénomène mécanique de l'eau, qui s'abat sur son rivage.

Ainsi cette attaque frontale cause beaucoup de dégâts sur la côte et sur l'arrière-pays. Les hauteurs des vagues arrivent d'une manière homogène vers la côte sauf au niveau de notre site d'étude où les hauteurs des vagues de 1.2m à 2.2m l'abordent directement. Par contre le reste de la côte reçoit des hauteurs des vagues plus ou moins réduites. Il faut noter que les hauteurs des vagues de 3.2 à 4.2m sont très proches de Fouka Marine.

Ces hauteurs très élevées qui atteignent la côte sont favorisées directement par la morphologie sous-marine. Ceci est également valable pour les autres directions.

### **Commentaire : Direction N45°**

Les vagues de direction N45° (Nord-est) ont tendance à arriver toutes obliques à la côte. Les vagues arrivent avec des hauteurs de 1.2m à 2.2m. Nous notons également que les hauteurs

entre 2.2m et 4.2m sont très proche du rivage.. Il faut aussi noter que les hauteurs des vagues de 3.2m à 4.2m sont très proches de Fouka Marine.

Ces différences de hauteur, sont dues essentiellement à la bathymétrie de la région, qui est assez profondes et les lignes bathymétriques sont assez serrées près du rivage, et l'énergie importante de la houle sur la côte qu'elles génèrent.

**Commentaire : Direction N270°**

Les vagues de direction N270°(Ouest) ont tendance à arriver toutes en obliquité à la côte. Les hauteurs des vagues arrivent d'une manière homogène vers la côte sauf exactement au niveau de notre site d'étude où les hauteurs de 1.2m à 2.2m touchent directement la côte. Par contre le reste de la côte reçoit des hauteurs réduites.

Il faut noter que les hauteurs de 3.2m à 4.2m sont encore plus proches de Fouka Marine que celles de direction de N45°. Cette direction semble affecter plus le site. A l'Ouest du site l'énergie de la houle est très importante sur la côte. Notamment au niveau des bâtiments et de la route construits récemment.

**Commentaire : Direction N315°**

Les vagues d'une direction de N315°(Nord-Ouest) ont tendance à arriver toutes perpendiculaires à la côte. Au niveau de notre site d'étude les hauteurs de 1.2m à 2.2m touchent directement la côte, même si les hauteurs des vagues arrivent d'une manière homogène. Les hauteurs 3.2m à 4.2m ne sont pas loin du rivage.

Il faut noter que les hauteurs de 3.2m à 4.2m sont encore plus proches de Fouka Marine que celles des directions de N45° et N270°.

Cette direction semble affecter plus le site, Il y a une concentration de l'énergie au niveau de notre site d'étude. Les phénomènes hydrodynamiques sont très importants, alors les habitations près du rivage risquent une inondation marine à court terme.

Il y a une concentration de l'énergie le long de notre site d'étude, vu la convergence des orthogonales vers cette zone. Ceci explique l'agressivité des phénomènes hydrodynamique sur la côte. La bathymétrie accidentée proche du rivage, La lithologie des falaises, composées essentiellement de grès, fragilisent de plus en plus cette zone.

Au regard de la forme de cette petite fosse de lévigation près de la côte, ce sont surtout les houles de direction Nord-Ouest et Nord qui auront un impact sur le littoral, et à l'aide de la comparaison de Hs de ces deux directions on a choisi la direction Nord pour le dimensionnement des ouvrages de protection.

### **II.3.Etudes topographiques (LEM 2010) :**

Cette partie constitue une étape essentielle de notre étude qui a été réalisé par le LEM janvier 2010. En effet dans cette partie un maillage fin dans le site sera effectué. Ce qui permettra de mieux apprécier l'impact des aménagements et des remblaiements sur l'écoulement et exploité la partie aérienne de site.

#### **II .3.1Principe de base :**

##### **❖ Polygonal 4 de base :**

<sup>4</sup> **Polygonal** : qui a plusieurs angles, dont la base est un polygone, nous réaliserons un polygonal de base permettant d'interpoler la zone d'étude.

Ce polygone de précision servira d'ossature à l'ensemble des travaux topographiques (levé, reconstitution). Les mesures se feront avec du tachéomètre électronique appelé Station Totale pour l'implantation et les levés avec des niveaux automatiques pour l'altitude.

❖ **Levé des détails :**

Les mesures faites avec la Station Total (par la campagne de reconnaissances sur site, LEM) seront transférées dans l'ordinateur. Ce qui nous permettra de faire tous les calculs topographiques nécessaires et d'établir des cartes.

Cette méthode permet une représentation plus affinée puisqu'elle tient compte de tous les points levés sur le terrain.

A l'aide de l'ordinateur équipé du logiciel Covadis-Autocad sera construit le Modèle Numérique de Terrain (MNT). L'avantage du MNT c'est qu'il permet la représentation topographique du terrain à chaque endroit de la surface concernée.

Tous les 3D<sup>5</sup> du levé (ponts, lignes de rupture de pente et autres) seront utilisés pour la création d'un maillage triangulaire. Les courbes de niveau (équidistances 0,25m) seront calculées sur les triangles.

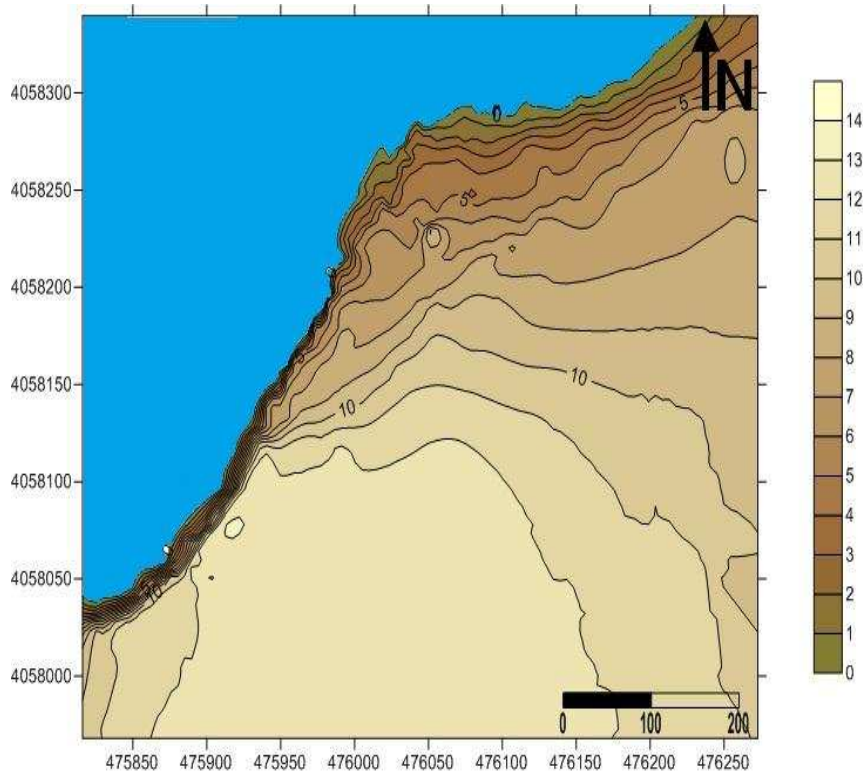
❖ **Le matériel topographique :**

Pour le terrain comprend : une Station Total TCR705 (Leica), un niveau NK2, un trépied, une mire, une canne et son réflecteur, un décimètre, un GPS (Garmin 5), un appareil numérique. Pour le travail de laboratoire, il faut entre autres un ordinateur équipé de logiciel Autocad-Covadis.

### **II .3.2.Les résultats de l'étude topographique :**

❖ **Les cartes topographiques :**

L'exploitation des données topographiques du site d'étude fournies aussi par le LEM et à l'aide de logiciel surfer 10, une carte topographique a été élaborée :



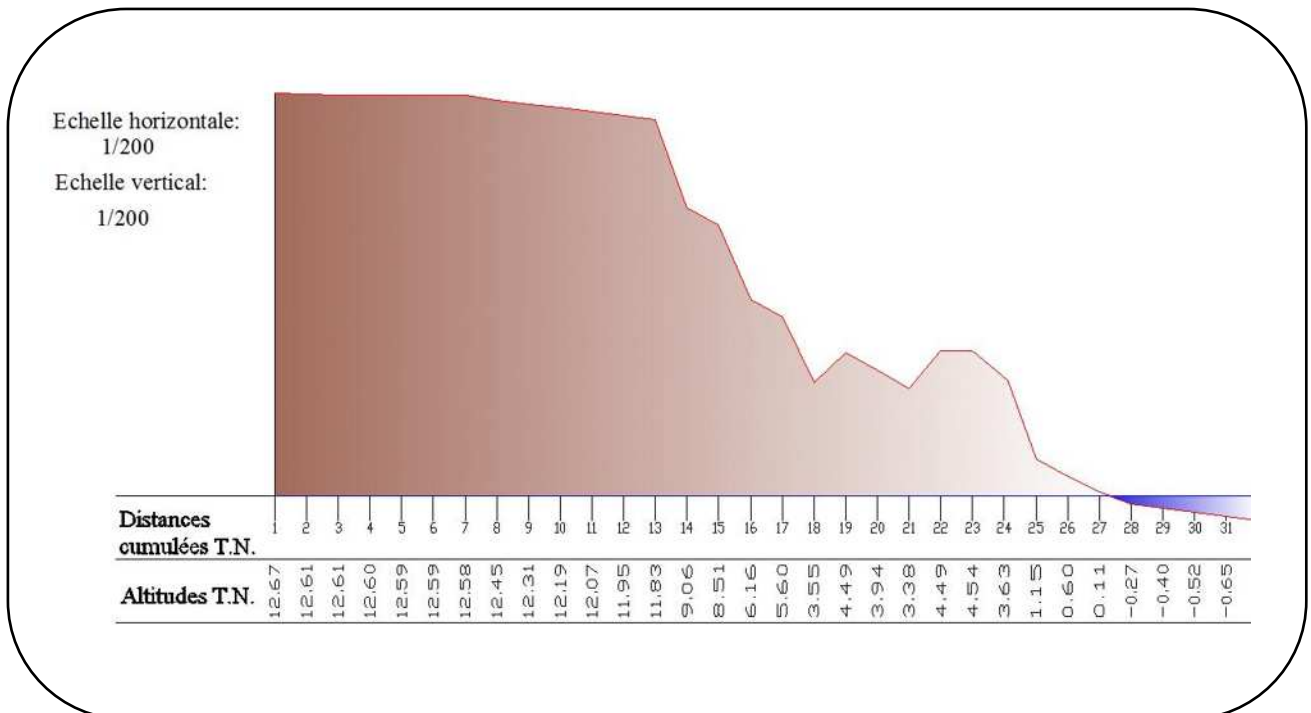
**Figure 23:** Carte topographique de la zone d'étude

❖ **Les profils topographiques :**

On a utilisé 4 profils parmi les 8 profils élaboré par le LEM, les profils 1 et 2 représentent la partie Ouest et les profils 3 et 4 pour la partie Est, ses profils sont indiqués sur la figure 24 :



**Figure 24:** les coupes des profils topographiques et bathymétriques de la zone d'étude

❖ **Profil 01 :**

*Photo 6: Photo correspondante au profil aérien n°1(Avril 2012)*

❖ **Commentaire :**

Ce profil est caractérisé par une hauteur importante de la falaise qui peut atteindre 13m

Il peut être divisé en 4 parties :

- Partie 01 : entre 0 et 13 caractérisée par un profil linéaire qui descend avec une pente douce de 13m d'altitude à 11m.
- Partie 02 : entre 13 et 18 caractérisée par un profil en escaliers, à cette partie la pente devient très abrupte
- Partie 03:entre 18 et 23 le profil est toujours en escalier mais la pente devient presque nulle.

Entre les parties 02 et 03 se forme une cavité.

- Partie 03: entre 23 et 28 le profil reprend les caractéristiques de la partie 02.

❖ **Profil 02 :**

Ce profil n° 02 peut être divisé en 03 parties :

-Partie 01 : entre 0 et 13 elle est caractérisée par un profil linéaire et une pente douce

-Partie 02 : entre 13 et 20 dans cette partie le profil descend en escalier avec une pente plus importante que celle de la partie 01.

-Partie 01: entre 20 et 23 le profil monte un peu et redescend en formant une cavité avec celle de la partie 02.

❖ **Profil 03 :**

Le profil n° 03 descend avec une pente plus ou moins abrupte à partir de 3.5m jusqu'à 2.5m de hauteur, puis continu avec une pente douce jusqu'à +1.4 m, après il revient à la pente de début le long du reste de profil aérien.

❖ **Profil 04 :**

La forme du profil n° 04 est un peu plus particulière que les profils précédents, notamment la partie aérienne et son volume réduit, le profil commence par une hauteur de 0.81m et descend avec une pente abrupte vers la mer.

### **II .3.3. Conclusion sur l'étude topographique :**

En générale, la topographie de la zone d'étude étant un peu particulière. Commencant par la partie Ouest qui est caractérisé par une falaise de hauteur plus ou moins important, et plus on allant vers partie Est le profil aérien commence à devenir plus bas.

En remarque aussi la formation de quelques cavités qui sont des bons indicateurs sur l'érosion que subit la falaise.

# Chapitre III

## Solutions d'aménagement

### III .1.Objectif de l'intervention

Les principaux objectifs visés par une intervention de protection du littoral de Fouka Marine sont :

- Assurer la pérennité des terres et la sécurité des usagers;
- Viser une meilleure intégration à la vocation récréotouristique et donner un accès à la mer.

Les enjeux environnementaux relatifs à ce littoral concernent l'artificialisation du pied de la falaise, l'inaccessibilité au littoral, la correction des conditions hydrodynamiques.



*Figure 25: Carte des surfaces d'aménagements urbains à protéger (Google Earth 2012)*

#### ❖ Agriculture :

Fouka Marine possède d'énormes potentialités agricoles. Elle est dotée d'une belle forêt (Benôit), menacée par les tissus urbains riverains. L'ensemble couvre une aire totale 1122 ha distribués comme suit :

- HAI (exploitations agricoles individuelles)
- EAC (exploitations agricoles collectives)
- Terres agricoles relevant du domaine privé
- Et espaces forestiers.

Actuellement les terres agricoles occupent 845 ha. Le mitage des terres agricole au profit de l'urbanisation est très accentué. (Amroune. S, Moussaoui. Z, 2010).

Donc à la base de ces données, une protection de cette zone sera nécessaire.

### III .2.Choix des scénarios d'intervention :

Différents scénarios d'intervention ont été analysés.

#### III .2.1.Le recul stratégique :

Le recul du trait de côte menace fortement les habitations installées sur le rivage. Toute solution envisagée pour leur protection ou le dédommagement de leurs occupants restera considérables. Dans les deux cas le rivage sera touché. Le déplacement des riverains et de la route pour l'éloigner de la côte en érosion n'est pas une solution réalisable, car celle-ci est coincée entre une zone urbaine concentrée le long de la route du côté nord et la mer, du côté sud ; il en résulterait une expropriation massive des résidences, des commerces situés en bordure de la route actuelle.

De plus, la zone urbaine se développe le long de nombreuses rues municipales qui croisent la route.

#### III .2.2.Protections du pied de la falaise :

La réalisation d'une protection en empierrement constitue un scénario avantageux, moins coûteux que les autres scénarios et qui offre une opportunité d'une certaine mise en valeur. Sur les aspects

hydrodynamiques, l'empierrement constitue un ouvrage qui par sa « porosité » permet d'absorber une bonne part de l'énergie des vagues, diminuant d'autant les effets de réfraction, d'affouillement. De plus, l'empierrement, en offrant une certaine rugosité\* à la rive, permet d'atténuer les vitesses des courants de dérive, diminuant ainsi les vitesses de transport des sédiments.

#### III .2.3.Stabilisation des hauts de falaises :

Outre la mise en place d'un empierrement en pied de falaise associé à un gain d'une zone en mer, l'intervention comporte une stabilisation du haut de pente souvent endommagée par de petits décrochements. La pente d'équilibre pour ces talus formés de matériaux granulaires est avec «3H : 2V» La végétalisation des pentes est essentielle là où les zones de décrochements seront remblayées.

Etant donné leur emplacement en mer, les ouvrages conçus pour protéger l'aménagement sont décrits comme suit :

#### ✚ Caractéristiques des différentes parties des ouvrages de protection :

##### a- Carapace :

La carapace représente l'élément clé de la stabilité de la structure. Elle se compose soit d'enrochements naturels soit de blocs artificiels en béton. C'est la partie de l'ouvrage qui reçoit directement l'attaque de la houle et que l'on caractérise par le poids unitaire W des blocs naturels ou artificiels qui la composent.

- **Poids des blocs de carapace, Hudson (1974)**

Il existe de nombreuses formules empiriques pour déterminer le poids unitaire des enrochements de la carapace des ouvrages à talus, mais on ne retiendra ici que la formule d'Hudson qui est la plus utilisée et dont le domaine d'application est le mieux connu.

$$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_s * H b^3}{K d \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cot g \alpha} \quad (\text{III. 1})$$

W : Poids de blocs en béton ou d'enrochement en tonne (t)

$K_d$  : coefficient du dommage (pour un dommage entre 0-5% et pour une forme des blocs rugueuse et angulaire et pour un emplacement aléatoire  $K_d=3.5$ )

$\gamma_w$  : la masse volumique de l'eau de mer ( $1,025t/m^3$ )

$\gamma_s$  : La masse volumique des blocs utilisés (enrochement  $2,65t/m^3$ )

$H_b$  : Hauteur de la houle de dimensionnement (ici,  $H_b=2.8$  m)

- **Le diamètre nominal ( $D_{n50}$ )**

$$D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{W_{carapace}}{\gamma_B}} \quad (III. 2)$$

- **L'épaisseur de la carapace**

$$E = n \cdot K_t \cdot D_{n50} \quad (III. 3)$$

$K_t$  : coefficient de couche (1,1 pour le biton et 1,15 pour l'enrochement)

$n$  : nombre de couche

- **Nombre d'élément de la carapace :**

Par  $1m^2$  le nombre de bloc  $N_r$  (c - à - d (N S)) est donné par :

$$N_r = \frac{\text{Nombre de bloc}}{\text{Unité de surface}} = \frac{N}{S} = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \left(\frac{\gamma_s}{W}\right)^{2/3} \quad (III. 4)$$

Où  $P$  est la porosité moyenne

### b- La butée de pied

C'est l'un des éléments les plus importants pour la stabilité de la digue, on doit y apporter une attention minutieuse. Son rôle est double :

- Servir à bloquer la carapace extérieur.
- Résister comme le tapis de pieds à l'affouillement. Cette butée peut être construite par les mêmes blocs que la carapace. Mais en général on utilise des enrochements. Le niveau supérieur de cette butée sera à 1,2 à 1,3H sous le niveau des plus basses eaux observées.

### -Poids de butée de pied

$$\text{SOGREAH propose } W = \frac{0,1 \cdot \gamma_r \cdot H_s^3 \cdot t g \alpha}{K_D (S_r - 1)^3} \cdot \left(\frac{H}{h}\right), S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_w} \quad (III. 5)$$

Où  $h$  est la profondeur d'eau au niveau de la côte d'emploi de la relation.

### c- Le soubassement

Entre le terrain naturel et le niveau de fondation de l'ouvrage, constitué par des matériaux de qualité suffisante de faible poids unitaire, généralement entre [0-500Kg].

### d- Le Noyau :

C'est le cœur de la digue, qui est en général constitué de tout venant de carrière généralement entre [0-500Kg](Économiquement intéressant). Les qualités requises pour ce tout venant sont :

- **L'imperméabilité** doit être telle que la houle ne soit pas transmise au bassin intérieur. Cette imperméabilité ne sera bonne que si le matériau a une granulométrie étendue, l'indice du vide sera faible.
- **Un angle** interne de frottement suffisant pour la stabilité d'ensemble, on doit alors éviter un pourcentage élevé de fine.
- Une capacité naturelle et une granulométrie étendue telles que **les tassements** à long termes restent limités [faire attention à la nature du sol (présence de la vase et de la boue...)].

$$W_{\text{Noyau}} = \frac{1}{200} W_{\text{carapace}} \quad (\text{III. 6})$$

#### e- Le Filtre (sous-couches) :

Entre les blocs de la carapace et le noyau sont interposées une ou plusieurs couches intermédiaires d'enrochements leurs rôle est :

- De créer un ou plusieurs filtres entre les matériaux fins du noyau et les blocs de la carapace de grande dimension.
- De protéger le noyau pendant la phase de construction contre les tempêtes.

Son poids WR est tel que :  $0,1 \cdot W > WR > 0,04 \cdot W$

Les épaisseurs à donner aux sous - couches (au nombre de 2 au minimum) est donné par :

$$e = n \cdot k_{\Delta} \cdot (V)^{1/3} \quad (\text{III. 7})$$

Où :

- n : nombre des couches (égale à 2 au moins)
- k  $\Delta$  = 1,02 pour les enrochements lisses.
- k  $\Delta$  = 1,10 pour les enrochements rugueux.
- V= volume moyen du bloc ( $\approx W/\gamma_S$ ).

#### f- La largeur des bermes(l)

La largeur de la berme, doit être déterminée en équilibrant le coût de la digue avec la probabilité qu'elle subisse un dommage. La largeur minimale doit correspondre à la régression causée par la houle de projet maximale. Il est préférable que la berme soit aussi large que possible. Elle est estimée par la relation suivante :  $L \geq 5m$

### III .3.Description de l'intervention et optimisation :

#### III .3.1.Variante 01 ; Création d'une zone tampon :

L'ouvrage de protection recommandé consiste en la mise en place d'une zone intermédiaire entre le pied de la falaise et la mer qu'on va appeler zone tampon : constituée par des matériaux placés mécaniquement, pierres de carapace de calibre variant de 2 à 4t, reposant sur une couche composée de matériaux de 0 à 500 kg. Une clé de protection\* contre l'affouillement sera installée sur le fond.

Cette variante de zone tampon se décrit comme suite :

En basant sur les critères (altimétrie et bathymétrie), la zone est divisée en deux parties :

- Une partie Est : est caractérisée par de basses altitudes, de faibles profondeurs et des habitations très proches de rivage et à la base de laquelle est déterminée la hauteur du terre-plein,
- Une partie Ouest : caractérisée par de hautes altitudes et de forte profondeur, donc elle nécessite un traitement de haut et de pied de la falaise.

#### ❖ Description de la variante: elle consiste en un aménagement du pied par :

- un terre-plein pour une zone tampon :
  - Il s'étend sur toute la zone d'étude (environ 485 ml).

- Une superficie de 37600 m<sup>2</sup>.
- Une côte d'arase de + 1,5 m déterminée selon l'altimétrie de la partie Est.
- Une largeur de 40 m.
- Une profondeur d'implantation de -1 m à l'Est et - 4 m à l'Ouest.

La protection maritime du terre-plein par une digue à talus avec les caractéristiques suivantes:

- Une carapace de catégorie 2 - 4 t avec une épaisseur de 2.33 m à l'Ouest et 0.5 - 1 t avec une épaisseur de 0.97 m à l'Est, inclinée par une pente de 3/2.
- Une côte d'arase de la carapace de +3 m.
- Une butée de pied immergée à -2.50 m.

(Annexe, chapitre III, tableau. 1)

Les détails de pré-dimensionnement de cet ouvrage sont montrés dans le profil en travers, plan de masse de la variante n°1.

#### ❖ L'objectif recherché :

L'objectif de création d'une zone tampon est de protéger la façade maritime de Fouka Marine. Tout en gagnant sur la mer et éloigner les effets nuisibles de celle-ci.



**Photo 7:** Illustration de l'objectif à atteindre dans la zone de Fouka Marine, (expérience à Ziama Mansouria. Jijel)

#### ❖ Avantages :

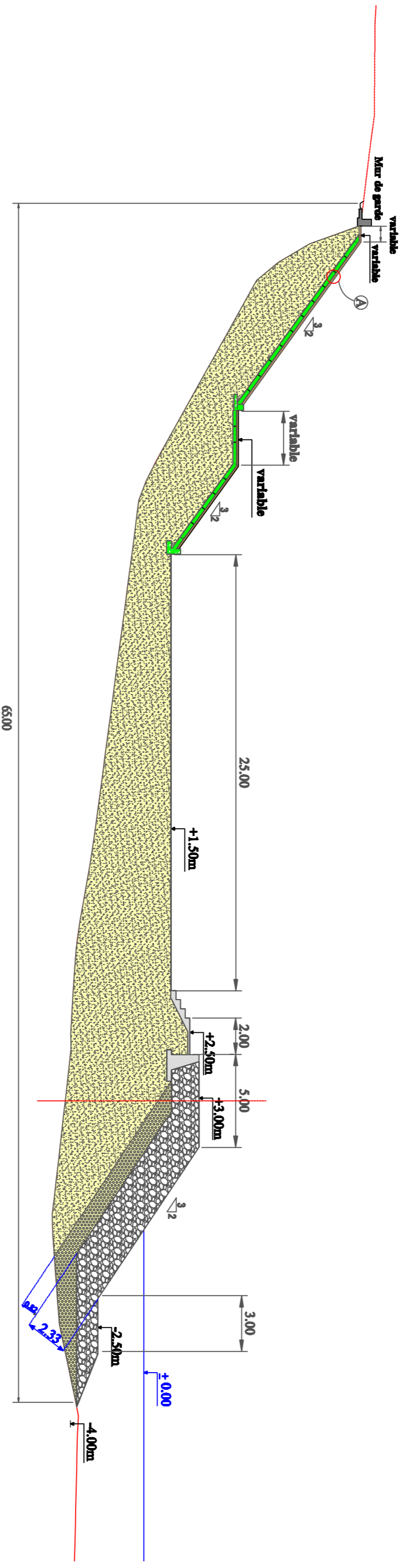
- Eloigner carrément l'effet néfaste de la mer sur la falaise
- La berme extérieure du talus permettra de dissiper l'énergie de la houle avant qu'elle n'atteigne le platier rocheux et les constructions en haut de ce dernier.
- L'avancement sur la mer créera une largeur de sécurité supplémentaire. Qui peut favoriser l'installation des équipements de loisir et de sport, et améliore les activités touristiques.

#### ❖ Inconvénients :

- Le seul inconvénient de cette variante est que lors des houles exceptionnelles avec lesquelles on n'a pas dimensionné, elle risque d'avoir une inondation.



# PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE VARIANTE N 1: ZONE TAMPON OUEST PROFIL EN TRAVERS N°1 Echelle 1/500



**LEGENDE**

	TVC 0-500Kg
	Déchets de cailloux 200-500Kg
	ENR 2-44
	Béton
	Gabion
	Terre Végétale

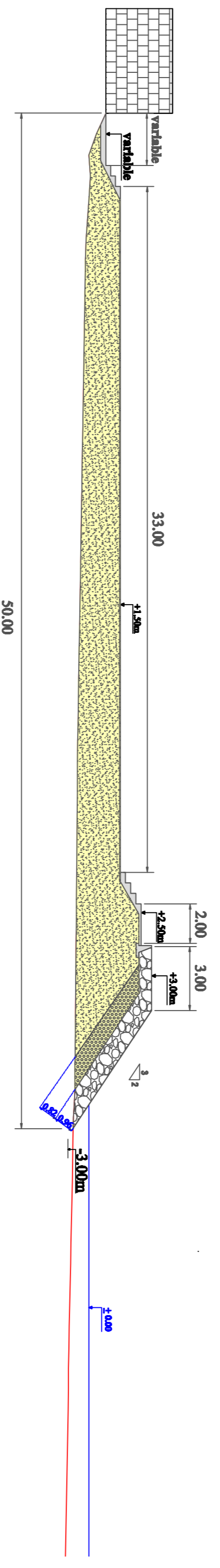
**VEGETALISATION DES MATÉLAS DE GABION**

Reprises de la végétation sur les Matelas de gabions!

- 1: Matelas Rizco
- 2: Rizco de remplissage
- 3: Godenardis filant
- 4: Terre végétale

SOURCE: GUEBBABI I  
ET  
SALEM. W

**PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE**  
**VARIANTE N 1: ZONE TAMPON EST**  
**PROFIL EN TRAVERS N°2**  
**Echelle 1/500**



**LEGENDE**

	TVC 0-500Kg
	Déchets de carrière 200-500Kg
	ENR 0.5-1t
	Béton
	Habitation

SOURCE: GUEBBABI, I  
ET  
SALEM, W

### III .3.2.Variante 02: Traitement de la falaise avec implantation d'un ouvrage off-shore immergé :

#### III .3.2.1.Sous variante 01: Traitement de la falaise avec implantation d'une brise lame immergée en enrochement :

Cette variante est la combinaison entre deux type de protections l'une terrestre (traitement de la falaise) et l'autre marine (l'implantation d'un brise lames immergé).

-la protection terrestre consiste à remplir les cavités par du tout-venant sur environ deux mètre d'épaisseur, recouverte par une série de matelas de gabion et une couche de terre végétale.

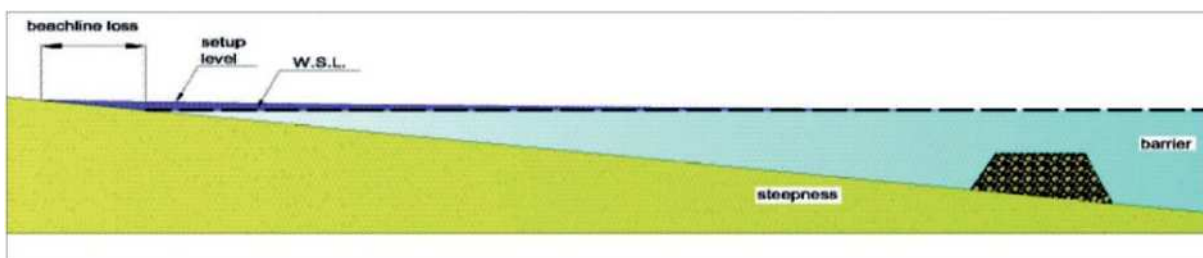
-la protection marine consiste en l'implantation de trois brises lames immergés de 60 m de longueur espacés entre eux de 35m.

- **Définition d'un Brise lame:** Il s'agit d'ouvrages dont l'axe principal est orienté parallèlement, ou est peu incliné, par rapport à la côte. Ils ont pour but de provoquer une dissipation de l'énergie de la houle avant son déferlement sur la plage et s'opposer à l'entraînement vers le large des matériaux (**Ramoge, 2002**).

Les caractéristiques optimales d'un ouvrage tels que les brise-lames, conçu contre l'érosion de la côte dépendent de plusieurs paramètres dont principalement la hauteur, la longueur d'onde et la pente des fonds.

La brise lame dans cette variante à un double objectif :

- Il dissipe une partie de l'énergie de la houle provenant surtout de l'Ouest en diminuant la hauteur des houles arrivant aux falaises ;
- Il constitue un récif artificiel pour la biocénose.



*Figure 26: Exemple d'implantation d'une Brise Lames immergée*

#### ❖ Paramètres d'implantation de l'ouvrage :

La description de cet ouvrage nous donne :

- Trois Brises lames de 60ml de longueur (L) chacun, avec une orientation face à la houle et parallèle à la côte;
- Une profondeur moyenne d'implantation (h) de - 4m NGA ;
- Une distance moyenne d'implantation (D) de 40m du l'axe de Brise Lames au trait de côte ;
- Une zone protégée est de 250 ml environ ;
- Un espacement (E) de 35 m.

- Le reste de linéaire (235ml) est protégé par une zone tampon identique à celle de la partie Est de la variante 01.

❖ **Paramètres de la structure de l'ouvrage :**

Ces trois Brises lames immergés d'une forme trapézoïdale, caractérisés par :

- Une côte d'arasé de -0.5 m N.G.A par rapport au zéro NGA de la mer;
- Une largeur de la berme de 10 m ;
- Une pente de 3/2 aux extrémités de la digue.

❖ **Paramètres d'agitation à l'intérieur du bassin :**

La transmission de la houle à travers l'ouvrage est calculée par la formule (Angremond, Van Der Meer et de Jong 1996) :

$$K_t = -0.4 \frac{F}{H_S} + c * \left(\frac{B}{H_S}\right)^{-0.31} * [1 - \exp(-0.5\varepsilon_B)] \quad (\text{III. 7})$$

Où :

$$\varepsilon_B = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{\frac{H_S}{\lambda_0}}} \quad (\text{III. 8})$$

$$K_t = \frac{H_S}{H_t} \Rightarrow H_t = \frac{H_S}{K_t}$$

$$\text{Avec : } \varepsilon_B = \frac{0.66}{\sqrt{\frac{2.8}{231.36}}}$$

$$\varepsilon_B = 6$$

$$K_t = -0.4 \frac{-0.5}{2.8} + 0.64 * \left(\frac{10}{2.8}\right)^{-0.31} * [1 - \exp(-0.5 * 6)]$$

$$K_t = 0.51$$

$$H_t = \frac{2.8}{0.48} = 1.34 \text{ m}$$

Donc la houle perd 50 % de son énergie ce qui permet d'avoir un bassin plus ou moins calme et diminuer ses effets sur le pied de la falaise.

❖ **Paramètre de stabilité de l'ouvrage :**

**a- Partie courante :**

- Une carapace extérieure de catégorie 2 - 4 t avec une épaisseur de 2.33 m.
  - Une carapace intérieure de catégorie 0.5-1 t avec une épaisseur de 1.12 m
- Les deux carapaces sont inclinées avec une pente de 3/2.
- Un noyau en T.V.C.

(Annexe, chapitre III, tableau. 2)

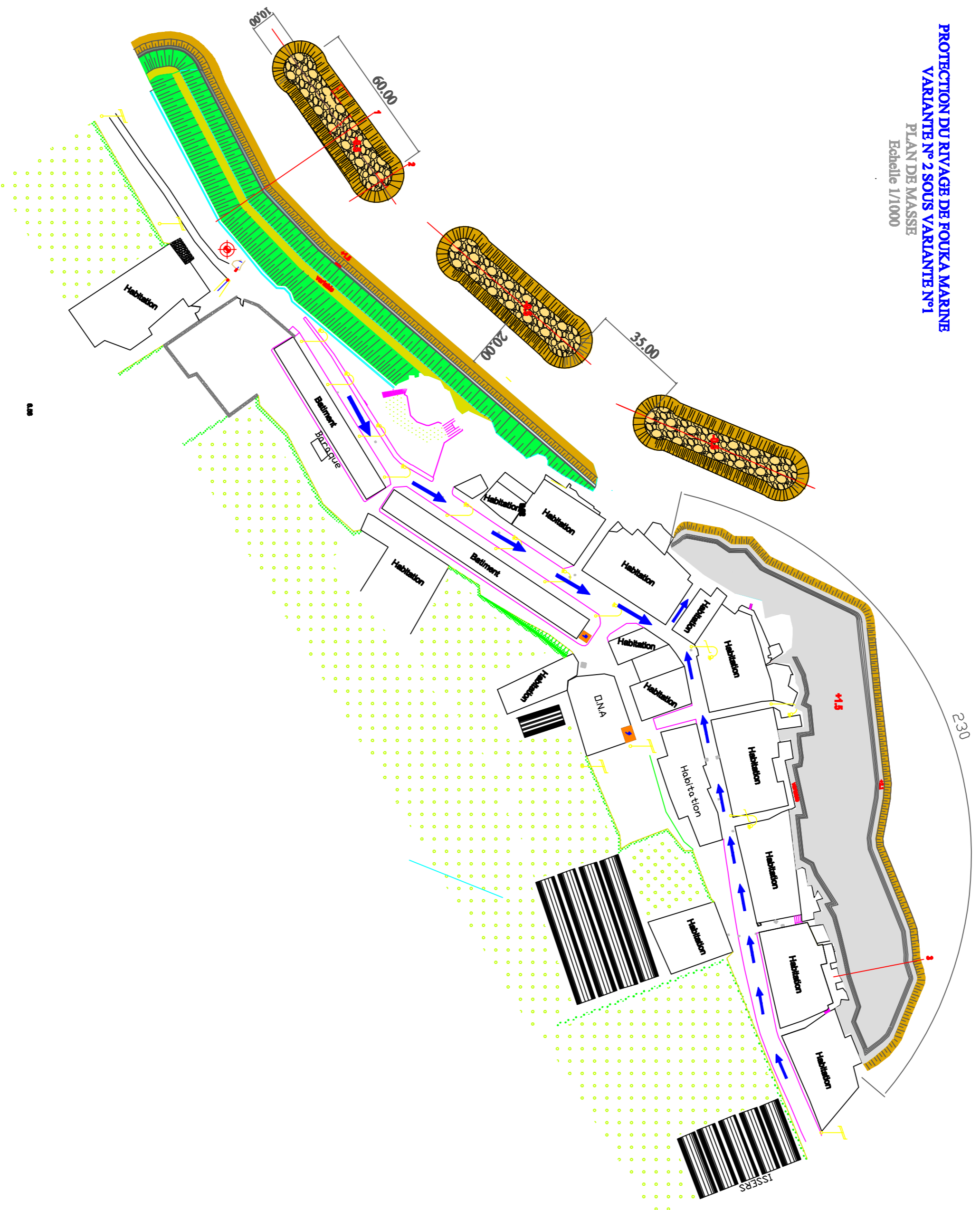
**b- Partie Musoir :**

Elle est dimensionnée par une profondeur de -5 m NGA,  $K_D=2.5$  m et  $H_S=2.8$ m.

- Une carapace de 3 - 6 t avec une épaisseur de 2.61 m inclinée d'une pente de 3/2.
- Un noyau en T.V.C.

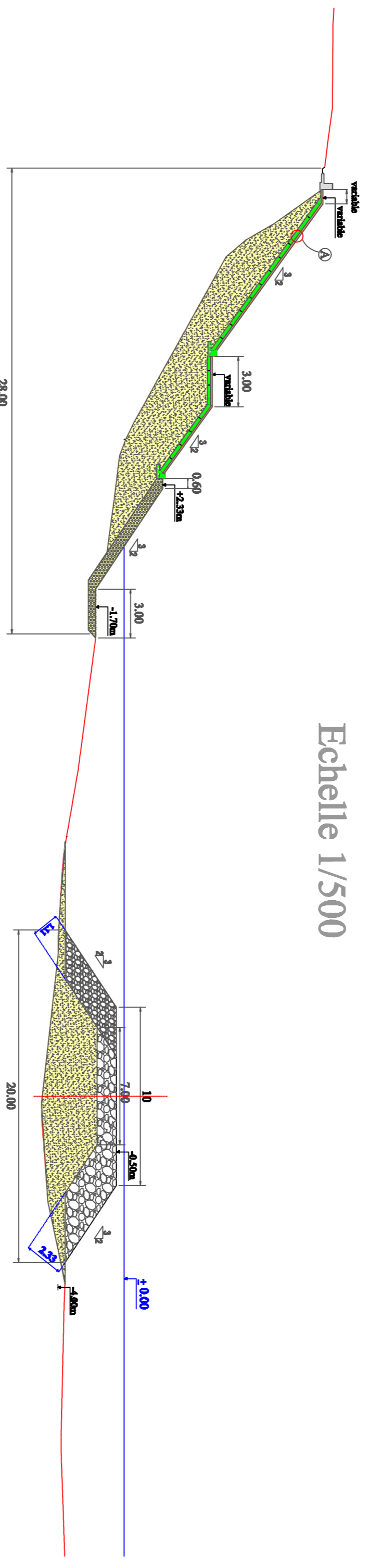
(Annexe, chapitre III, tableau. 3)

PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE  
VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N°1  
PLAN DE MASSE  
Echelle 1/1000



# PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N° 1 PROFIL EN TRAVERS N°1 TYPE PARTIE COURANTE

Echelle 1/500



LEGENDE	
	ENR 2-4t
	Gabion
	ENR 0.5-1t
	TVC 0-500Kg
	Déchets de cantiers 200-500Kg
	Terre Végétale

**A**

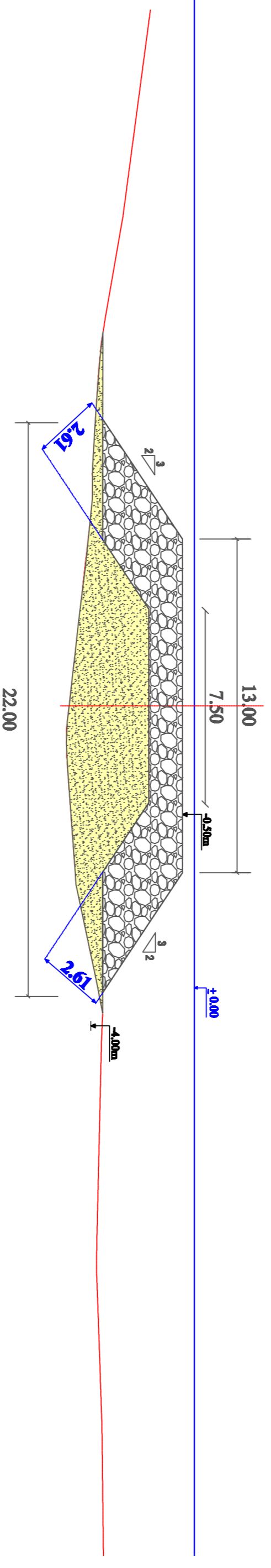
**VEGETALISATION DES MATERIAS DE GABION**

Repartition de la végétation sur les Matériaux de gabion :

- 1: Matériau Reno
- 2: Plantes de remplissage
- 3: Coquilles d'huîtres
- 4: Terre végétale

SOURCE: GUEBBABI I  
ET  
SALEM. W

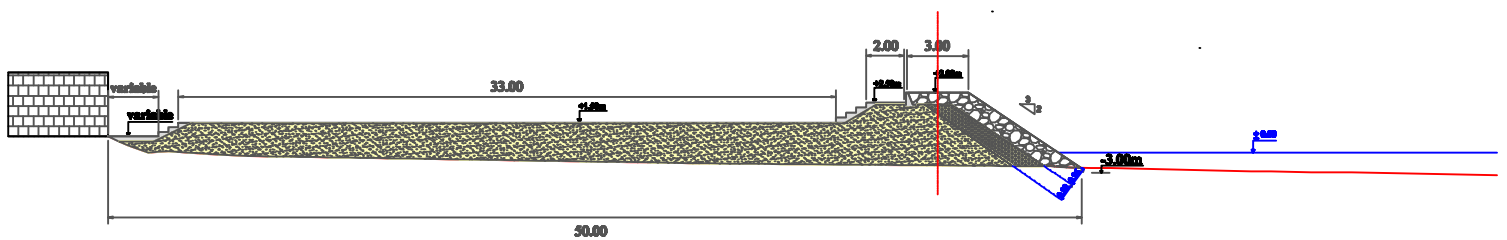
PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE  
VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N° 1  
PROFIL EN TRAVERS N° 2 TYPE MUSOIR  
Echelle 1/500



LEGENDE	
	TYC 0-300Kg
	ENR 3-6

SOURCE: GUEBBABI. I  
ET  
SALEM. W

**PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE**  
**VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N°1**  
**PROFIL EN TRAVERS N°3**  
 Echelle 1/500



LEGENDE	
	TVC 0-500Kg
	Déchets de carrière 200-500Kg
	ENR 0.5-1t
	Béton
	Enduit

SOURCE: GUEBBABI I  
 ET  
 SALEM W

Les détails de pré-dimensionnement de cet ouvrage sont montrés dans le profil en travers des parties (courante et Musoir) et le plan de masse de la variante n°2 sous variante n°1.

❖ **Avantages :**

Les brise-lames présentent l'avantage de :

- Offrir une plus grande protection des côtes, en créant des zones d'eau relativement calmes.
- Création de nouveaux biotopes rocheux qui sont rapidement colonisés par la faune et flore.
- Non apparents (n'agresse pas la vue).

❖ **Inconvénients :**

- Risque d'avoir des phénomènes de réflexion peuvent être constatés sur la base extérieure de l'ouvrage, ce qui peut provoquer son affouillement, voire son effroulement.
- Le coût est très élevé.
- Ouvrage difficile à entretenir.
- Gène la navigation.

**III .3.2.2.Sous variante 02: Traitement de la falaise avec implantation d'un brise lames immergé en géotube :**

❖ **Présentation :**

Parmi les méthodes nouvelles de protection des côtes, une large part est faite par l'utilisation des géotextiles.

Pour toute défense contre l'érosion, il est plus efficace de se tourner vers des ouvrages de défense souples qui travaillent en harmonie avec les dynamiques naturelles en jeu et ont ainsi un moindre impact sur le littoral, plutôt que d'utiliser des ouvrages de défense rigides qui tendent à réprimer ou freiner les processus côtiers.

Cette variante consiste en :

-L'implantation de trois séries de géotubes de 60m de longueur, chaque série est constituée de quatre géotubes de 30m de longueur et 5m de largeur, 3m de hauteur. Implantés à la place des brises lames.

❖ **Définition de Géotube :**

Il s'agit de tubes ou boudins géotextiles d'une enveloppe géotextile tissé de haute résistance remplie de sable. La structure est réalisée in situ et remplie par pompage hydraulique avec des matériaux locaux, à l'intérieur de l'enveloppe. Le Géotube est fabriqué sur mesure selon les besoins de l'ouvrage et il est disponible en dimensions et longueurs variables pour correspondre aux spécifications de l'ouvrage et de l'étude. Il est idéal pour une installation à sec ou à des profondeurs d'eau n'excédant pas 5 mètres.

Dans cette sous variante on va remplacer le Brise lame de sous variante 02 par un Géotube en conservant tous les paramètres.



**Figure 27:** Système TenCateGeotube® installé en mer comme brise-lames (Italie)

❖ **Paramètres d'implantation de l'ouvrage :**

- $H_s = 2.8$  m
- Trois séries de géotubes de 60ml de longueur (L) pour chacun, avec une orientation face à la houle et parallèle à la côte;
- Une profondeur moyenne d'implantation (h) de - 4m NGA ;
- Une distance moyenne d'implantation (D) de 40m du l'axe des géotubes au trait de côte ;
- Une zone protégée est de 250 ml environ ;
- Un espacement (E) de 35 m.

❖ **Paramètre de structure de l'ouvrage :**

Ces paramètres sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau 8 :** Caractéristiques des géotubes

Diamètre	Circonférence	Hauteur	Volume	Largeur max	Largeur de base	Géo-synthétique recommandé
D	C	H	F	W	$W_b$	
m	m	m	$m^3/ml$	m	m	
5,00	15,7	3,0	16,3	6,4	5,4	PP 200 S

- Une largeur totale de la berme de 12,8m, constituée de deux géotubes de 6,4m pour chacun.
- Une surface libre de -0.5 m NGA.
- Une longueur d'une série de géotube de 60 m, constituée de deux géotubes de 30 m pour chacun.

❖ **Paramètres d'agitation à l'intérieur du bassin :**

**La formule de (Angremond, Van Der Meer et de Jong 1996) :**

$$K_t = -0.4 \frac{F}{H_s} + c * \left( \frac{B}{H_s} \right)^{-0.31} * [1 - \exp(-0.5E)]$$

Où :

$$\varepsilon_t = \frac{\tan(\alpha)}{\sqrt{\frac{H_S}{\lambda_p}}}$$

$$K_t = \frac{H_S}{H_t} \Rightarrow H_t = \frac{H_S}{K_t}$$

$$\Delta = (1-n) * \left( \frac{\rho_S - \rho_W}{\rho_W} \right) \quad (\text{III. 9})$$

Le rapport =  $\frac{H_S}{\Delta * B}$  (Ce rapport doit être < 1)

**A.N:**

- $\varepsilon_B = \frac{0.5}{\sqrt{\frac{2.8}{231.36}}}$
  - $\varepsilon_B = 6$
  - $K_t = -0.4 \frac{-0.5}{2.8} + 0.64 * \left( \frac{12.8}{2.8} \right)^{-0.31} * [1 - \exp(-0.5 * 6)]$   
 $K_t = 0.43$
  - $H_t = \frac{2.8}{0.43} = 1.20$
  - $\Delta = (1 - 0.15) * \left( \frac{1650 - 1025}{1025} \right)$   
 $\Delta = 0.51$
  - Le rapport =  $\frac{2.8}{0.79 * 5}$
- Le rapport = 0.71 < 1 (la condition est vérifiée)

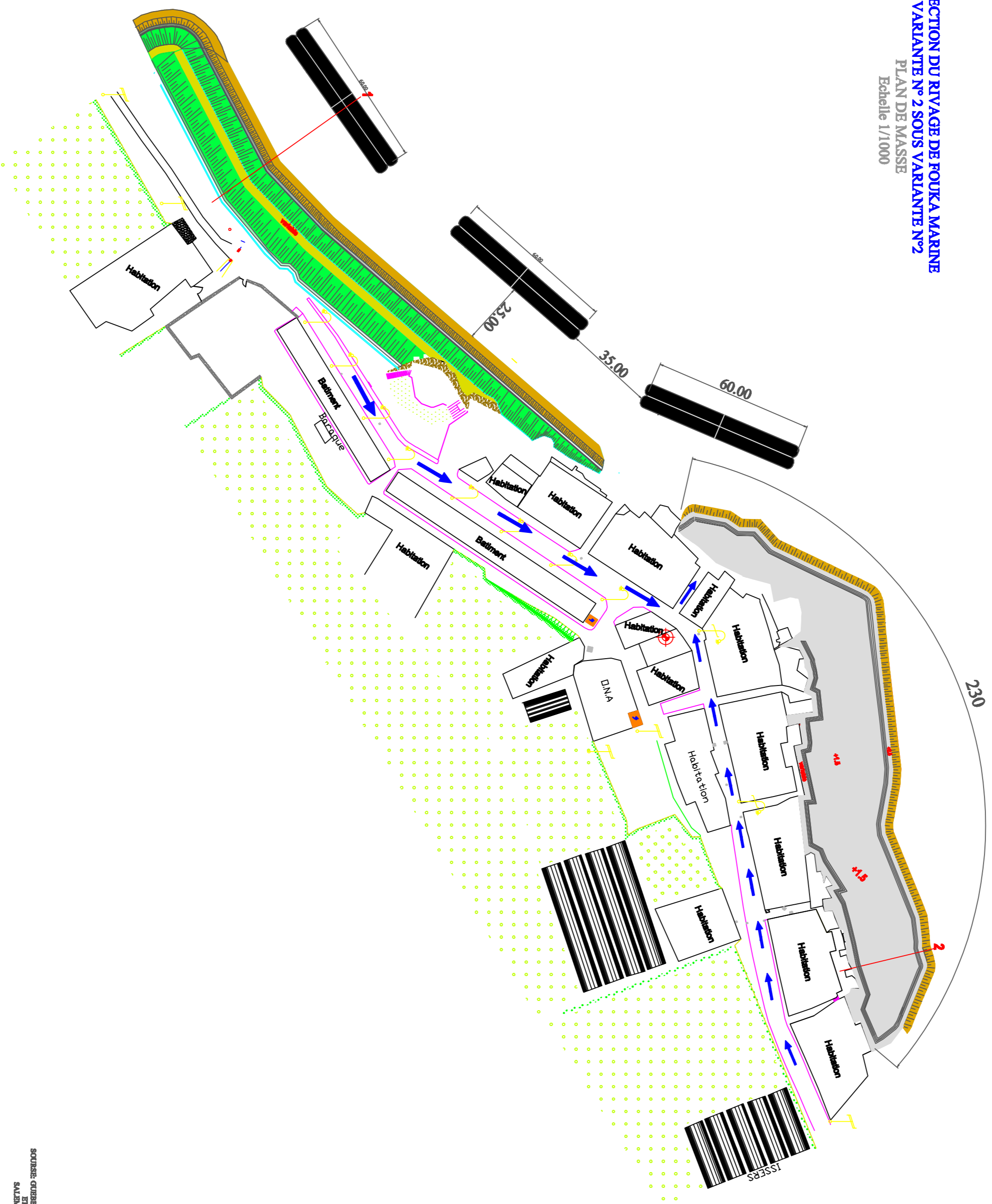
❖ **Avantages :**

- Le rechargement facile des géotextiles en un matériau non spécifique et disponible localement.
- La facilité d'exécution de ce genre de protection qui ne demande pas des moyens humains et techniques considérables.
- Les matériaux géotextiles sont inertes aux acides et bases, donc plus résistant à l'attaque chimique de l'eau de mer, le tissu peut avoir une durée de vie de 100ans à l'abri d'UV.
- L'intégration facile de ce procédé dans le paysage (les matériaux géotextiles existent en couleurs variées, selon les exigences du site concerné).
- Dans les pays développés une solution par géotextiles coûtait un cinquième (1/5) du coût d'un ouvrage en enrochement ou en BCR.

❖ **Inconvénients :**

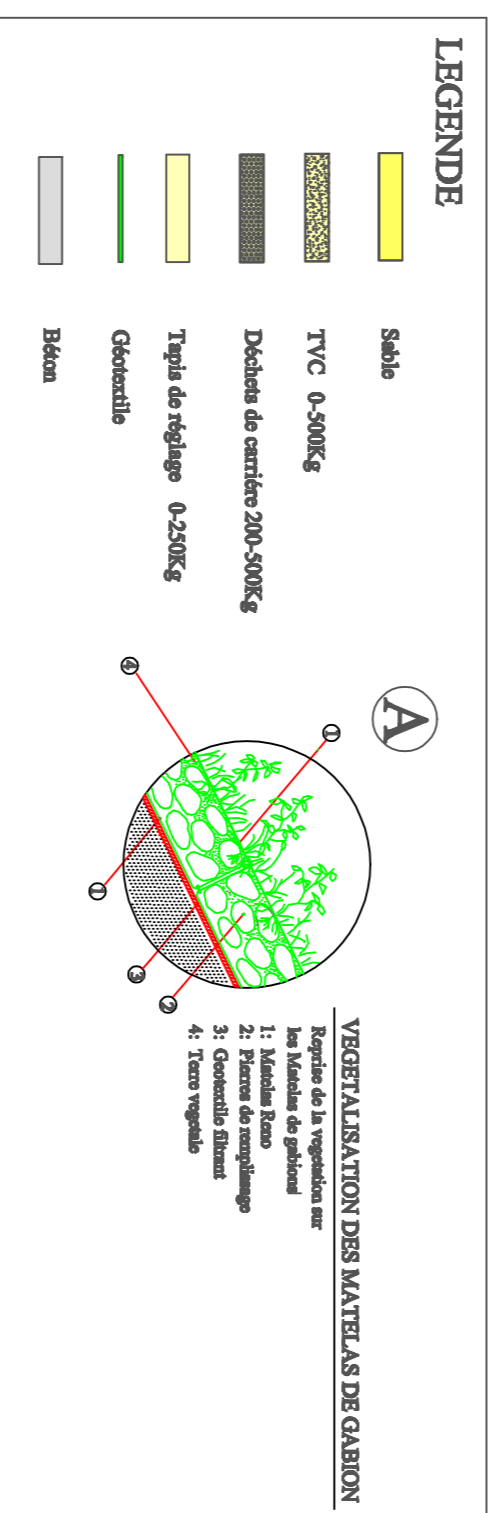
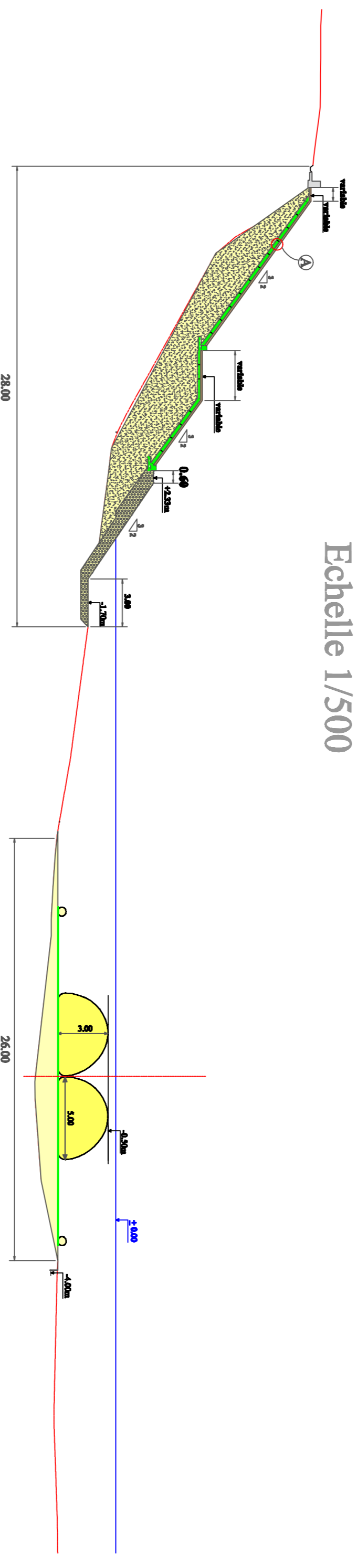
- En général au risque que des affleurements rocheux sous l'eau soient présents, le placement des geotubes sans tapis occasionnerait d'inévitables dommages au géotextile, en créant des trous, ce qui entraînera la perte des particules fines contenues dedans.
- Lors de la mise en place, le risque d'exposition au rayon UV limite sa durée de vie en perdant ses caractéristiques initiales.

PROTECTION DU RIVAGE DE FOJKA MARINE  
VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N°2  
PLAN DE MASSE  
Echelle 1/1000



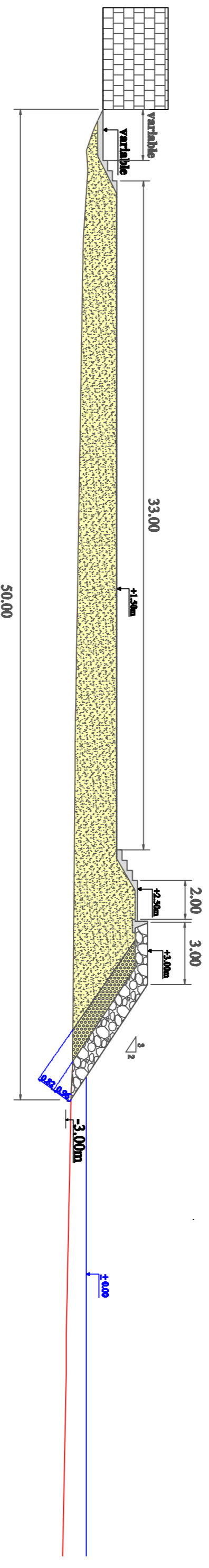
# PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N°2

## PROFIL EN TRAVERS N°1 Echelle 1/500



SOURCE: GUEBBABI, I  
ET  
SALEM, W

**PROTECTION DU RIVAGE DE FOUKA MARINE**  
**VARIANTE N° 2 SOUS VARIANTE N°2**  
**PROFIL EN TRAVERS N°2**  
**Echelle 1/500**



LEGENDE	
	TVC 0-500Kg
	Déchets de carrière 200-500Kg
	ENR 0,5-1t
	Béton
	Enduit à la chaux

SOURCE: GUEBBABI I  
ET  
SALEM W

### III .4.Estimation des coûts de construction:

L'estimation des coûts de construction des variantes est basée sur des prix unitaires récents pratiqués par les Entreprises de réalisation nationales. Ces coûts, détaillés dans les devis présentés ci-après, sont les suivants:

- Variante d'aménagement n° 1 : 480 000 000DA- TTC
- Variante d'aménagement n° 2 sous variante n° 1 : 310 000 000 DA- TTC
- Variante d'aménagement n° 2 sous variante n° 2 : 295 000 000 DA- TTC

### III .5.Comparaison des variantes :

Il est important de rappeler que les deux sous variantes diffèrent uniquement par la nature de la structure de protection frontale. Les variantes n° 1 et n° 2 sont totalement différents. Le tout comparé sur la base des critères qui suivent :

- Réalisation
- Coût de réalisation
- Entretien
- Esthétique
- Impact

Les notations A, B et C sont attribuées respectivement au critère favorable, peu favorable et défavorable

**Tableau 9:** tableau représentatif de comparaison entre les variantes proposées

Critère	Variante n°1 (Zone tampon)	Variante n°2 Sous variante n° 1 : (Brise Lames)	Variante n°2 Sous variante n° 2 : (Géotube)
Réalisation (délai, difficultés, etc...)	A	C	B
Coût de réalisation	C	B	A
Entretien	A	C	C
Esthétique	A	B	B
Impact	B	B	B
Total	3A+B+C	3B + 2C	A+3B+C

**La réalisation :**

La différence réside dans la réalisation d'une part d'un cavalier pour exécuter les brise lames et ou les géotubes, qui consomme énormément de matériaux de type T.V.C, par manque de moyens maritimes spécifiques et le recours à l'exécution par voie terrestre nécessitant le recours à ses matériaux.

**Le coût de réalisation :**

Le coût de réalisation de la variante n°1 est plus cher d'environ 1.5 fois que celui des deux autres variantes.

**L'entretien :**

La variante n°1 est plus facile à entretenir à cause de son lien direct avec la terre, contrairement aux deux autres variantes qui sont isolées de la terre.

**L'esthétique :**

Presque toutes les variantes font l'objet d'un traitement de la façade pour lui donner un aperçu agréable à la vue.

**Impact :**

D'après le décret exécutif n° 07-145 du 2 Jomada El Oula 1428 correspondant au 19 Mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement, l'élément 19 de l'annexe I ( liste des projets soumis à étude d'impact) : « projets de travaux et ouvrages de défense contre la mer d'une longueur de plus de cinq cents (500) m » l'aménagement de ce site n'induit aucun impact sur l'environnement de par son linéaire de côte à protégée inférieur à 500 ml

Sur la base de l'analyse multicritère ci-avant, nous avons recommandé la réalisation de la variante n°1.

# Conclusion Générale

## Conclusion générale

---

Le rôle principal de l'ingénierie littorale est d'équilibrer ces interactions de façon de permettre leur usage optimal et de limiter l'impact humain sur la nature, en tenant compte de l'évolution à long terme aussi bien que des risques de catastrophes soudaines.

Le profil d'une côte résulte d'actions complexes exercées par le vent, les vagues, les marées, les courants... La tendance actuellement observée se résume en une érosion des côtes rocheuses. Les causes de cette évolution résultent de la conjonction entre un phénomène global, l'élévation du niveau de la mer, et l'action humaine locale: construction de barrage sur les fleuves, infrastructures portuaires et de protection, l'urbanisation et la construction dans la bande de 100m.

Fouka Marine se trouve dans une zone géographique stratégiquement importante, avec un paysage particulier qui conjugue plage et falaise.

Cette étude sur l'érosion du rivage de Fouka marine nous a permis de dégager les points suivants :

L'érosion côtière dans cette zone est la résultante de la combinaison de plusieurs facteurs à la fois d'origines naturelles et anthropiques. Ces facteurs opèrent sur plusieurs échelles du temps et de l'espace.

La fragilité du site est due à certaines caractéristiques du point de vue géologique et géomorphologique de la falaise (constituée de grès cartenniens).

Un recul du trait de côte est ressenti entre 1959 et 2009. Son évolution est due à plusieurs facteurs. Elle a une tendance d'ensemble du trait de côte avec des particularités ponctuelles.

Le recul du trait de côte a engendré de ce fait un impact sur les différentes activités socio-économiques de cette zone :

- Perte des terres;
- Recul des falaises ;
- Pollution de l'eau et de l'environnement ;
- Perte des activités locales (pêches, de tourisme);
- Menace sur les infrastructures de base ;
- Augmentation des risques sur les biens et les personnes.

Le choix et les caractéristiques du type des ouvrages de protection, qui ont contribué à mettre à l'abri les habitations et préserver la falaise des effets de la houle frontale sont basés sur des critères technico-économiques et écologiques.

Une explication des causes de l'érosion est démontré par :

- ✓ L'étude bathymétrique, notamment la géomorphologie sous-marine montre l'existence d'une fosse de lévigation suivie par une barre de déferlement qui provoque un gonflement de la houle arrivée au rivage.
- ✓ L'étude hydrodynamique, a fait ressortir une concentration de la houle sur un segment de la zone Ouest de la falaise exposé fortement à la direction Nord, Nord-Ouest.

De ce fait, deux variantes sont proposées aussi bien pour le traitement de la falaise que pour la protection du pied de la falaise en regagnant vers la mer, l'ensemble de ces propositions présentent des avantages et des inconvénients qu'il faudrait évaluer plus précisément pour affiner les choix. Parmi les critères de choix qui devraient être pris en considération, de manière forte, il y a la protection durable de la nature et le coût des ouvrages.

Après la comparaison entre les variantes proposées deux choix s'imposent:

1. Opérer avec un recul stratégique en laissant la nature suivre son évolution, mais dans ce cas la route, les biens et les personnes et les terres agricoles seront les plus menacées.

## Conclusion générale

---

2. Ne plus répondre à l'urgence des coups de tempête mais élaborer une stratégie de reconquête des espaces urbains littoraux, orientée vers la création de valeur ajoutée indispensable à la revitalisation économique de la commune en connaissance des risques d'érosion de la falaise par la deuxième variante.

L'objectif de cette étude est, pour la commune de Fouka, d'assurer avec ses partenaires la mise en place de bases nouvelles pour un développement touristique durable. La gestion raisonnée de l'érosion côtière au droit de son territoire est aussi une donnée importante de cet enjeu de développement qui devra se faire en acceptant une remise en cause de l'organisation territoriale actuelle et de son utilisation spatiale.

Les conclusions de l'étude peuvent orienter les aménagements vers une gestion du littoral, il faut souligner qu'une bonne gestion et un contrôle soutenu de tous les facteurs et les phénomènes agissant sur l'environnement de ce site, permettrait d'avoir une action préventive efficace en termes de protection et de préservation de l'environnement et du littoral.

# Bibliographie

- [1]. <http://www.geolalg.com/bibgeolalg/moulfi2012.pdf>, Consulter le 15 Avril 2012.
- [2]. <http://www.aquaportail.com/definition-5299-zone-tampon.html#ixzz1w3xDSMAe>, Consulter le 10 mai 2012.
- [3]. Gestion intégrée des zones côtières (cours M.Guerfi), ENSSMAL. SIG et gestion intégrée des zones côtières : Difficultés d'intégration et pistes de solutions. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL*, 2009, p18.
- Amroune. S, Moussaoui. Z, 2010.** Erosion du littoral de Fouka Marine : Causes, conséquences et solutions d'aménagement. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL*, p49, 52-53-54-55-56-57.
- Assassi. C, Otmani. H, 2010.** Etude de protection de la zone de Club des Pins. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL*. p6-11, 13.
- Asso. 1982, in Zeghdoudi, 2006.** Bioéconomique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). *Barcelone*.55p.
- Bairi. A, 2005.** Dégradation de la falaise de Ain Taya causes et solutions de protection. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL*.
- Belhaine. K, Bouderbala. A, 2007.** La lithologie de la baie de Bou Ismaïl, comportement vis-à-vis de l'érosion marine. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL*.
- Betrouni. M, 1983.** Le pléistocène supérieur du littoral Ouest Algérois, Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, Fac des sciences de Luminy, Aix Marsielle II.
- Boudouma. Z, 2012.** Cours 5<sup>Emme</sup> année Génie Côtier, *ENSSMAL*.
- Boutiba. M, 1996.** Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (Ouest d'Alger). *Thèse de magister ISMAL*.
- C.N.E.R.U.** Rapport de la révision du **PDAU (Plan Directeur d'aménagement et de l'urbanisme)** de la commune de Fouka, 2005.
- Cicin-Sain, Knecht, 1998.** Integrated coastal and ocean management concept.
- Dagorne. A, 1973.** Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl (ex : Castiglione). Bulle. Inst. Oceanogr. D'Alger. *Pelagos.*, Vol. IV, Fasc,2, 40 -53.
- Hamaidi. M, Haddar. S, 2007.** Le littoral sableux du Mazafran Ouest : Etat, évolution et perspectives. *Mémoire d'ingéniorat, ENSSMAL, 2007*.
- Hamdane. Y, 2010.** Cours 5<sup>Emme</sup> année Génie Côtier, *ENSSMAL*.
- Jean Claude Dauvin, 1993.** Gestion intégrée des zones côtières : outils et perspectives pour la préservation du patrimoine naturel.

L'observatoire du littoral. **Parlement européen et conseil, 2002.** La mise en place d'une base de données SIG pour le calcul des indicateurs de durabilité (baie d'Alger). *Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, 2008, p17.*

**Larid. M, 2012.** Cours 5<sup>ème</sup> année aménagement du littoral, *ENSSMAL.*

**Leclaire. L, 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baéares (précontinent Algérien).

**LEM, 1999.** Rapport : carte sédimentaire de Tipaza 1999.

**Millot. C, Taupier-Letage. I, et Benzohra. M, 1990.** The Algerian eddies. *Earth Scienc Reviews, 27, 203 -219.*

**Paskoff. R, 1981.** Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. Ed. Masson. 254p.

**paskoff. R, 1993.** Côtes en danger. Ed Masson. Paris, p250.

**Ramoge. 2002.** La défense des plages contre l'érosion. *Guide à l'attention des maitres d'ouvrages, Monaco, 25p.*

**SSMO, 1970.** Summary of Synoptic Meteorological Observations. *US Naval Weather Service Command. Mediterranean marine areas, Volume 2, October 1970, 632p.*

**Zemenzer. S, 2004.** Ensablement du port par transport sédimentaire simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi Fredj. *Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL.*

# Annexe

• **Les données de précipitation de Fouka Marine 1949 à 2009 :**

**Code station : 020405      Nom de station : Fouka Marine**

**X : 504.1**

**Y : 374.4**

**Z : 25**

		sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	out	annuel
1980	PJ max (mm)	0	24	15,1	40,9	32	14	19,8	16,1	14,6	0	0	0	40,9
	Totaux (mm)	0	33,7	65,3	224,5	32	68,5	60	75,8	27,8	0	0	0	587,6
1981	PJ max (mm)	0	20,9	5,5	24,1	48,3	24,2	14,9	9,6	14,1	5,1	0	0	48,3
	Totaux (mm)	0	61,6	9,7	58,3	163,1	109	36,1	20,3	61,1	5,1	0	0	524,1
1982	PJ max (mm)	14,1	31,1	86,1	32,6	0	33,3	11,3	1,4	1,6	0	8,6	0	86,1
	Totaux (mm)	24,7	92	329,5	115,5	0	107	36,7	1,4	1,6	0	16,2	0	724,5
1983	PJ max (mm)	0	13,2	12,3	63,4	26,6	21,7	15,2	21,2	48,5	15	0	0	63,4
	Totaux (mm)	0	16,4	27,6	123,5	102,6	73,2	46,8	44,9	110,3	15	0	0	560,3
1984	PJ max (mm)	13,4	75,1	34,3	41,5	27,2	8,8	40,6	5,4	17,5	0	0	0	75,1
	Totaux (mm)	19,8	228,9	86	124,6	108	23,3	209,6	14,7	66,8	0	0	0	881,7
1985	PJ max (mm)	6,2	28,2	20,4	24,1	13,2	16,4	16,1	10,2	2,4	5,1	5,6	0	28,2
	Totaux (mm)	16	48,7	82,1	53,9	57,9	53,8	90,6	25,7	2,4	5,1	9	0	445,2
1986	PJ max (mm)	62	37,6	32,1	51,4	21,3	69,3	14,8	0	3,4	3,6	2,1	0	69,3
	Totaux (mm)	90,6	86,9	130,9	180,3	84,1	142	33,8	0	9,5	6,8	2,1	0	767,3
1987	PJ max (mm)	9,9	3,6	20	13,7	32,1	17,1	19	5,2	26,1	22,6	0	0	32,1
	Totaux (mm)	13	9,5	78,4	42,6	71,5	42,8	42	13,1	44,5	38,3	0	0	395,7
1988	PJ max (mm)	20,8	17,2	45	50,9	17,2	3,8	25,5	18,5	1,9	9,8	0	20,2	50,9
	Totaux (mm)	53,4	20,3	79,8	149,3	23,6	10,5	77,4	74,7	1,9	11,4	0	20,2	522,5
1989	PJ max (mm)	8,2	11,2	20,1	5,5	16,7	0	17,2	37,1	-999	0	0	0	0
	Totaux (mm)	16,6	17,3	41,7	8,3	97,3	0	62,7	79,4	-999	0	0	0	0
1990	PJ max (mm)	5,3	17,2	32,6	13	32,9	17,4	8,2	7,8	5,8	8,6	0	0	32,9
	Totaux (mm)	5,3	32,9	83,4	54,9	99,7	89,5	33,7	7,8	10,4	8,6	0	0	426,2
1991	PJ max (mm)	1,6	68,8	12,9	0	33,5	4,2	22,5	19,2	37	13,5	0	0	68,8
	Totaux (mm)	1,6	189,2	35,8	0	117,2	9,6	77,1	52,7	68	13,5	0	0	564,7
1992	PJ max (mm)	0	61,7	20,1	35,2	16,2	12,7	12,9	14,5	16,5	0	0	0	61,7
	Totaux (mm)	0	73,5	64,6	73,8	19,4	56,7	19,1	79,7	22,7	0	0	0	409,5
1993	PJ max (mm)	10,6	16,7	32,8	15,2	40,1	16,7	1,8	20,6	3,2	0	0	0	0
	Totaux (mm)	13,7	21,1	102,8	28	73,8	43	1,8	48	4,8	0	0	0	0
1994	PJ max (mm)	58,6	18,7	28,4	17,3	31,4	26,5	36,6	6,4	0	11,3	0	35,1	58,6
	Totaux (mm)	98,5	50,6	45,3	59	109,4	33,2	77,8	10,6	0	11,3	0	59,9	555,6
1995	PJ max (mm)	6,5	16,4	15	16,1	52,3	25	19,9	65,5	8,9	2,5	3,2	3,1	65,5
	Totaux (mm)	16,6	23,9	42,3	50,8	143,2	140	47,8	161,9	15,9	4,5	6,3	3,1	656,4
1996	PJ max (mm)	26,5	45,4	22,6	21,8	20,4	22,4	5,4	16,4	7,9	1,2	0	9,6	45,4
	Totaux (mm)	30,7	99,4	39	49,1	39,4	31,6	5,4	70,7	23,1	1,2	0	18,2	407,8
1997	PJ max (mm)	14,5	57,8	20,5	27,8	13,2	14,2	18,3	21,9	56,3	2,3	0	0	57,8
	Totaux (mm)	30,9	70,2	109	80,5	24,7	38,3	24	62,9	183,1	2,3	0	0	625,9
1998	PJ max (mm)	3,2	5,8	24,3	20,6	23,4	38	45,8	5,3	0	0	0	3,8	45,8
	Totaux (mm)	3,2	15,3	113,6	46,7	98	116	92,1	8,9	0	0	0	3,8	497,4
1999	PJ max (mm)	12,3	4,2	41,6	45,7	6,5	0	10,2	10,3	19,8	0	0	0	45,7
	Totaux (mm)	26,9	7,8	153,8	184,8	11,3	0	15,4	21,2	36,9	0	0	0	458,1
2000	PJ max (mm)	5,6	33	65,6	7,5	24,6	17,4	0	16,2	8,4	0	0	0	65,6
	Totaux (mm)	5,6	55,2	120,9	15,2	80,3	67	0	37,9	16,7	0	0	0	398,8
2001	PJ max (mm)	18,5	9,8	45,9	16,5	21,2	6,7	16,5	10,5	16,3	0	0	24,5	45,9
	Totaux (mm)	29,4	9,8	114,5	45,5	45,3	16	55,2	23,4	16,3	0	0	42,6	398
2002	PJ max (mm)	4,5	62,5	16,3	33,1	34,3	27	8,5	16,2	2,7	0	2,5	0	62,5
	Totaux (mm)	4,5	86,2	91,1	119	183,1	99,6	13,3	59,7	5,9	0	2,5	0	664,9
2003	PJ max (mm)	5,9	16,5	32,5	29		0	21,9	14,5	45	0	0	2,5	0
	Totaux (mm)	10,9	42,2	129,8	114		0	48,9	38	106,6	0	0	2,5	0
2004	PJ max (mm)	40,5	19,5	26,5	43,7	20,3	22,3	14,5	8,7	0	0	0	0	0
	Totaux (mm)	56,5	32,5	87,5	157,4	89,2	123	41	14	0	0	0	0	0
2005	PJ max (mm)	3,5	50	31	28	16	33	3,5	2,5	48	1,3	0	0	50
	Totaux (mm)	9,1	75,5	119	79,6	76,5	88,1	10	2,5	84,3	1,3	0	0	545,9
2006	PJ max (mm)	60,5	5,6	18	26	8,5	25	12,5	11	0	6,5	0	2,5	60,5
	Totaux (mm)	93,2	8,1	29	189	21	54,8	77,2	52	0	6,5	0	2,5	533,3
2007	PJ max (mm)	22,3	31,5	104	27,5	8,5	18,5	14,5	12,5	15	9	4,5	0	104
	Totaux (mm)	39	142,5	313,3	77,6	20,8	28,5	33,5	19	30,6	16	8	0	728,8
2008	PJ max (mm)	54,5	9,5	79	28,8	25,9	7,5	13,5	11,5	6,5	0	2,1	4,6	79
	Totaux (mm)	73,8	40,6	208,5	154,3	101,5	18,9	61,2	60,1	9	0	2,1	4,6	734,6
2009	PJ max (mm)	40,7	4,5	17	21,5	22,8	28	48,8	14,9	2,6	2,1	0	25,4	48,8
	Totaux (mm)	90,6	4,5	40,5	60,2	67,1	89,5	90,9	41,3	6,7	4,9	0	37,9	534,1

- **Moyenne mensuelle des températures moyennes en (°c)**  
**Station : Fouka 1995 à 2004**

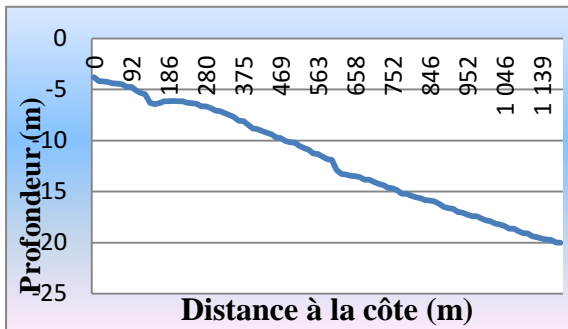
Annee	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
1995	10.9	12.8	12.6	13.6	19.3	22.0	25.1	25.9	22.2	20.4	17.1	14.7	18.1
1996	14.3	11.3	13.3	15.2	17.4	21.0	24.5	25.7	21.6	17.1	15.3	13.6	17.6
1997	13.4	12.0	11.8	15.5	19.7	22.9	23.9	25.7	24.3	21.2	16.3	13.3	18.4
1998	12.0	12.4	12.7	15.4	17.8	21.7	24.8	25.7	24.7	17.9	15.0	11.2	17.6
1999	11.7	10.1	13.9	15.2	20.4	23.3	25.5	27.8	24.6	22.5	14.0	12.1	18.5
2000	9.1	11.6	13.6	16.5	20.3	22.3	25.9	26.6	23.4	18.9	15.9	13.6	18.2
2001	12.2	11.0	16.6	15.0	18.1	23.8	25.4	26.7	23.7	22.5	14.3	10.1	18.3
2002	11.3	11.1	14.1	15.2	18.7	22.9	24.6	25.2	23.1	20.0	16.1	14.0	18.1
2003	10.9	10.4	13.7	15.6	18.4	25.4	27.8	28.5	24.1	20.7	16.3	12.0	18.7
2004	11.5	12.5	13.1	14.9	16.4	22.2	24.8	27.3	24.8	22.3	13.8	12.6	18.0
Moyen	11.7	11.5	13.5	15.2	18.7	22.8	25.2	26.5	23.7	20.4	15.4	12.7	18.1

**Source L'ANRH 2012**

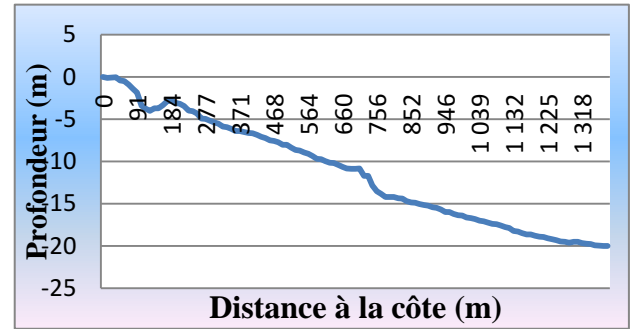


- Les profils bathymétriques :

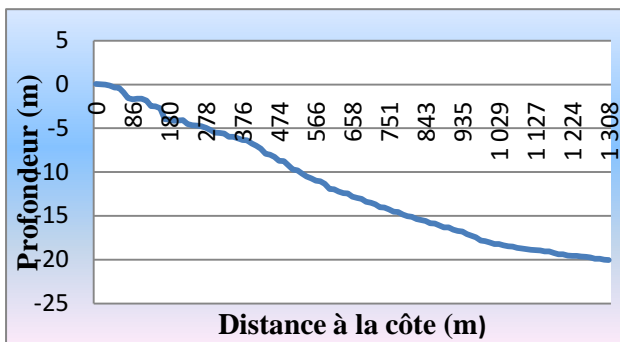
Profil 1 :



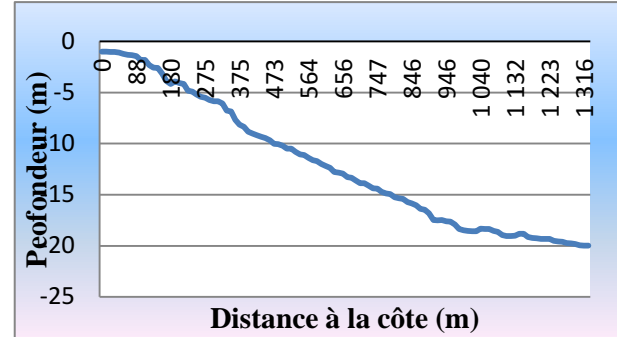
Profil 2 :



Profil 3 :



Profil 4 :



- Les Tableaux : Caractéristiques des houles au 19 point considérées pour les 4 directions :

Dir:45°N, Tp=11,83s et H=5,81m

Dir:270°N, Tp=13,56s et H=7,70m

point (N°)	X (utm)	Y (utm)	Hs	Kr	Angle d'arrivé	Prof (m)
1	476122	4058291	1,26	0,48	355	-1,1
2	476050	4058224	1,33	0,51	353	-1,2
3	476020	4058122	1,09	0,41	352	-1,1
4	475973	4058016	1,01	0,39	352	-1,1
5	476132	4058375	1,81	0,69	355	-2,1
6	476028	4058290	1,84	0,70	352	-2,1
7	475953	4058202	1,88	0,72	350	-2,2
8	475886	4058089	1,77	0,67	349	-2,3
9	476093	4058473	2,78	1,06	360	-3,9
10	475989	4058399	2,75	1,04	354	-3,9
11	475924	4058325	2,77	1,05	352	-3,9
12	475841	4058219	2,74	1,04	351	-4,0
13	475794	4058167	2,75	1,04	350	-4,1
14	476121	4058541	3,28	1,25	2	-4,9
15	476052	4058524	3,29	1,25	1	-5,0
16	475955	4058447	3,24	1,23	355	-5,0
17	475887	4058362	3,19	1,21	352	-4,9
18	475816	4058281	3,19	1,21	352	-5,0
19	475753	4058218	3,18	1,21	352	-5,1

point (N°)	X (utm)	Y (utm)	Hs	Kr	Angle d'arrivé	Prof (m)
1	476122	4058291	1,21	0,46	302	-1,1
2	476050	4058224	1,32	0,50	299	-1,2
3	476020	4058122	1,08	0,41	297	-1,1
4	475973	4058016	0,99	0,38	300	-1,1
5	476132	4058375	1,75	0,67	302	-2,1
6	476028	4058290	1,85	0,70	299	-2,1
7	475953	4058202	1,89	0,72	298	-2,2
8	475886	4058089	1,76	0,67	300	-2,3
9	476093	4058473	2,71	1,03	301	-3,9
10	475989	4058399	2,82	1,07	298	-3,9
11	475924	4058325	2,82	1,07	299	-3,9
12	475841	4058219	2,75	1,04	299	-4,0
13	475794	4058167	2,7	1,03	299	-4,1
14	476121	4058541	3,15	1,20	303	-4,9
15	476052	4058524	3,29	1,25	300	-5,0
16	475955	4058447	3,35	1,28	298	-5,0
17	475887	4058362	3,27	1,24	299	-4,9
18	475816	4058281	3,22	1,23	298	-5,0
19	475753	4058218	3,2	1,22	298	-5,1

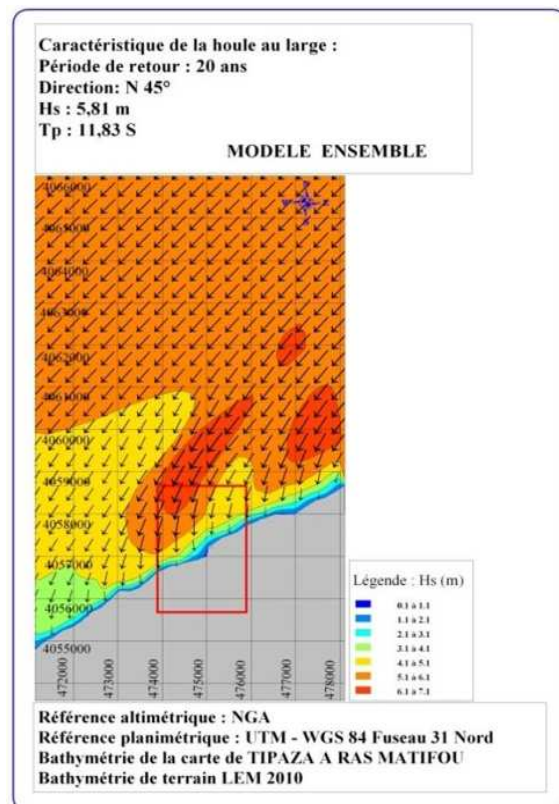
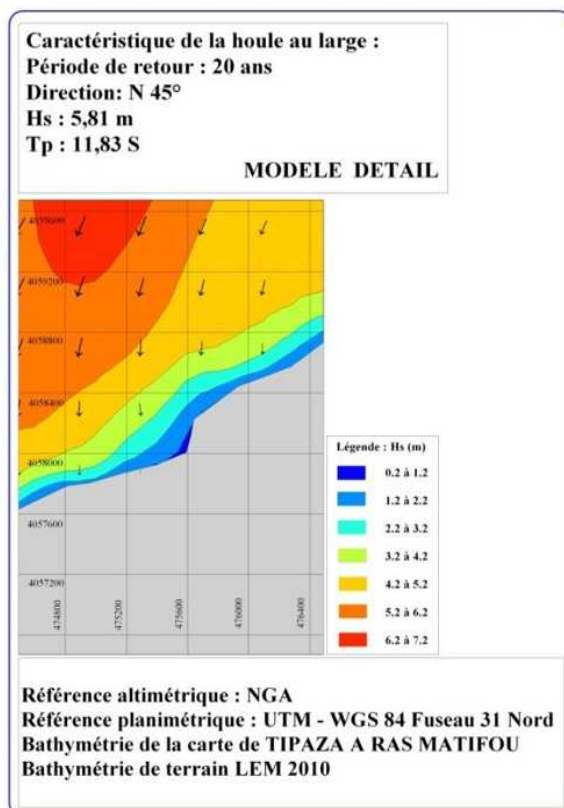
**Dir: 315°N, Tp= 11,63s et H=5,56m**

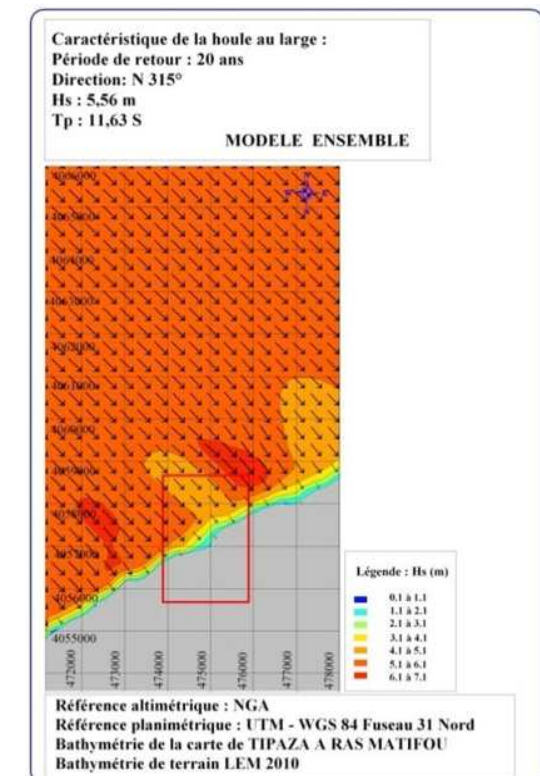
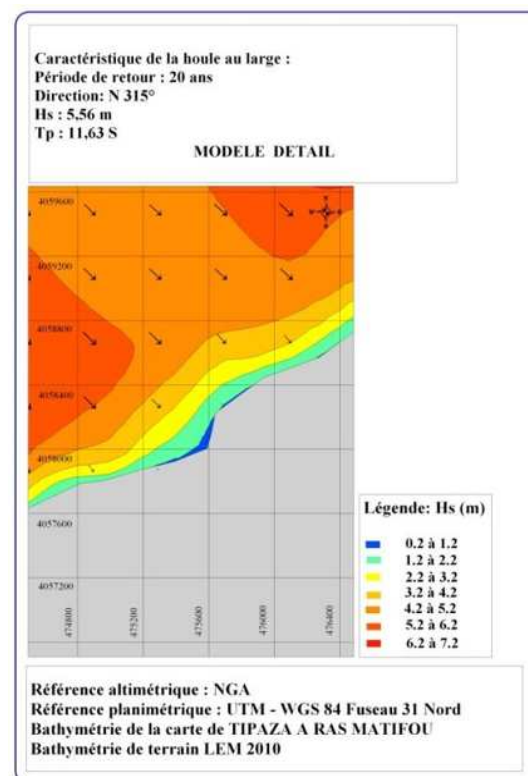
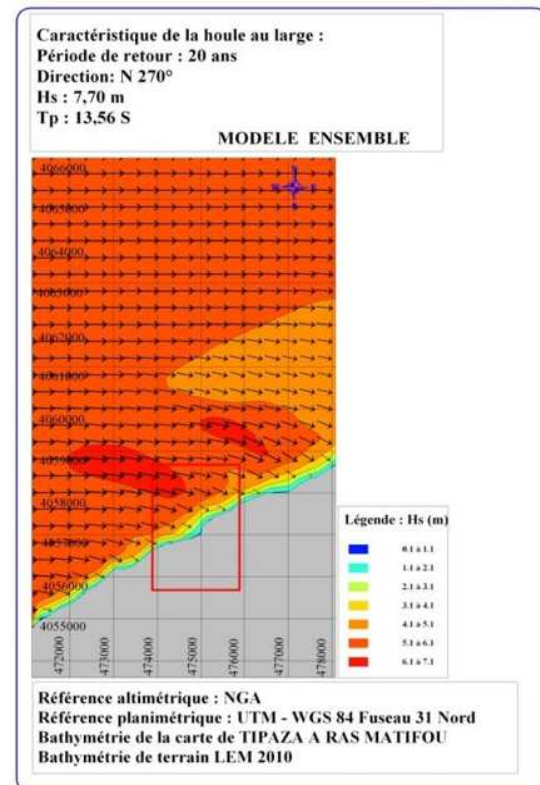
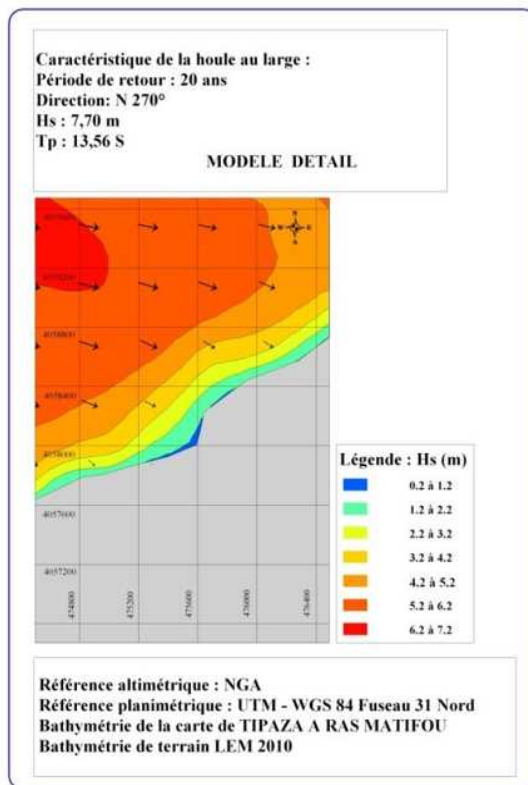
**Dir: 360°N, Tp= 12,17s et H=6,17m**

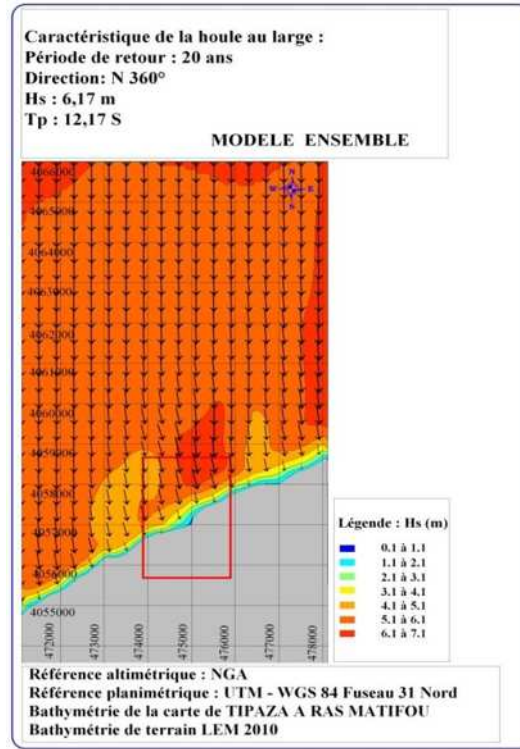
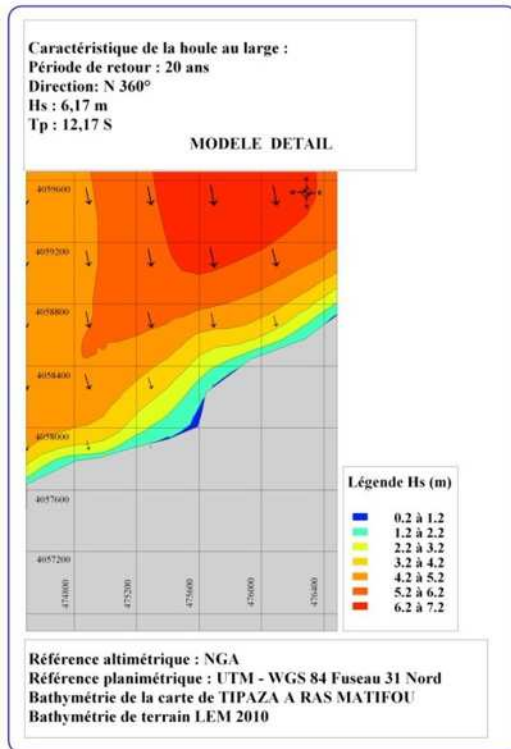
point (N°)	X (utm)	Y (utm)	Hs	Kr	Angle d'arrivé	Prof (m)
1	476122	4058291	1,19	0,45	317	-1,1
2	476050	4058224	1,27	0,48	315	-1,2
3	476020	4058122	1,04	0,40	313	-1,1
4	475973	4058016	0,97	0,37	315	-1,1
5	476132	4058375	1,74	0,66	319	-2,1
6	476028	4058290	1,8	0,68	316	-2,1
7	475953	4058202	1,85	0,70	315	-2,2
8	475886	4058089	1,74	0,66	316	-2,3
9	476093	4058473	2,67	1,01	319	-3,9
10	475989	4058399	2,74	1,04	316	-3,9
11	475924	4058325	2,76	1,05	316	-3,9
12	475841	4058219	2,71	1,03	316	-4,0
13	475794	4058167	2,68	1,02	316	-4,1
14	476121	4058541	3,12	1,19	320	-4,9
15	476052	4058524	3,19	1,21	318	-5,0
16	475955	4058447	3,24	1,23	316	-5,0
17	475887	4058362	3,2	1,22	316	-4,9
18	475816	4058281	3,18	1,21	317	-5,0
19	475753	4058218	3,17	1,20	316	-5,1

point (N°)	X (utm)	Y (utm)	Hs	Kr	Angle d'arrivé	Prof (m)
1	476122	4058291	1,23	0,47	352	-1,1
2	476050	4058224	1,33	0,51	349	-1,2
3	476020	4058122	1,08	0,41	349	-1,1
4	475973	4058016	1,01	0,38	348	-1,1
5	476132	4058375	1,83	0,69	352	-2,1
6	476028	4058290	1,87	0,71	347	-2,1
7	475953	4058202	1,9	0,72	344	-2,2
8	475886	4058089	1,76	0,67	343	-2,3
9	476093	4058473	2,86	1,09	351	-3,9
10	475989	4058399	2,85	1,08	346	-3,9
11	475924	4058325	2,83	1,08	344	-3,9
12	475841	4058219	2,74	1,04	342	-4,0
13	475794	4058167	2,71	1,03	341	-4,1
14	476121	4058541	3,43	1,30	351	-4,9
15	476052	4058524	3,43	1,31	349	-5,0
16	475955	4058447	3,37	1,28	345	-5,0
17	475887	4058362	3,27	1,24	343	-4,9
18	475816	4058281	3,22	1,22	342	-5,0
19	475753	4058218	3,19	1,21	342	-5,1

- **Les cartes de réfraction :**







- **Tableau 1: Caractéristiques de géo-synthétique en fonction de leurs paramètres.**

Diamètre	Circonférence	Hauteur	Volume	Largeur max	Largeur de base	Géo-synthétique recommandé
D	C	H	F	W	W <sub>b</sub>	
m	m	m	m <sup>3</sup> /ml	m	m	
1,60	5,0	1,0	1,7	2,0	1,7	PP 120 S
2,50	7,9	1,1	4,1	3,2	2,7	PP 120 S
3,25	10,2	2,0	6,9	4,2	3,5	PP 200 S
4,00	12,6	2,4	10,4	5,1	4,3	PP 200 S
5,00	15,7	3,0	16,3	6,4	5,4	PP 200 S

• **Tableau 2:** Résultats obtenus pour le dimensionnement et la stabilité de l'ouvrage

zone	Partie de l'ouvrage	La formule	Application numérique	résultats	
					catégorie
EST	<b>Carapace</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cotg \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$ $Ru = (H_S + 0.8) * 0.67 * \left( \frac{\tg(\alpha)}{2 \sqrt{(H_S + 0.8)/L}} \right)^{0.51}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 1,16^3}{3,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{0,17}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 0,42$ $Ru = (1,11 + 0,8) * 0,67 * \left( \frac{0,66}{2 \sqrt{(1,16 + 0,8)/25}} \right)^{0,51}$	W=0.19 T Dn <sub>50</sub> =0.42 T E = 0.97 m Ru = 2 m	0.17*0.75 à 0.17*1.25 ↓ 0.15 à 0.25 ↓ <b>0.5 à 1.5 T</b>
	<b>Le noyau</b>	Généralement on prend la catégorie de noyau entre la fourchette de <b>0 à 500Kg</b>			
	<b>Filtre</b>	$\frac{0.5}{10}$ à $\frac{1.5}{10} \implies 0.05$ à $0.15$ La catégorie de cette couche appartient à l'intervalle de noyau donc on l'inclut dans le noyau.			
	<b>Butée</b>	Pour maitre la butée il faut que $h \geq 1.2 * H_S$ pour cette zone la profondeur est très petit ( $d=0,76 < H_S \implies h < 1.2 * H_S$ ) donc il ne faut pas maitre la butée.			
OUEST	<b>Carapace</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cotg \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$ $Ru = (H_d + 0.8) * 0.67 * \left( \frac{\tg(\alpha)}{2 \sqrt{(H_d + 0.8)/L}} \right)^{0.51}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 2,8^3}{3,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{2,78}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 1$ $Ru = (2,71 + 0,8) * 0,67 * \left( \frac{0,66}{2 \sqrt{(2,71 + 0,8)/25}} \right)^{0,51}$	W=2.52 T Dn <sub>50</sub> = 1T E = 2.33 m Ru =3.21 m	2.52*0.75 à 2.52*1.25 ↓ 2.08 à 3.47 T ↓ <b>2 à 4T</b>
	<b>Le noyau</b>	<b>0 à 500Kg</b>			
	<b>Filtre</b>	$\frac{2}{10}$ à $\frac{4}{10} \implies 0.2$ à $0.4$ La catégorie le cette couche appartient à l'intervalle de noyau donc on l'inclut dans le noyau.			
	<b>Butée</b>	$h = d - (\text{hauteur de butée})$ $h \geq 1.2 * H_S$ (à vérifier)	$h = 4 - 0.75$ (pour une hauteur de butée = 0.5) $1.2 * 2.8$	$h = 3.25m$ $= 3.36 > h$ (n'est pas vérifier)	Donc on ne peut pas maitre la butée

• **Tableau 3: Résultats obtenus pour le dimensionnement et la stabilité de l'ouvrage**

zone	Partie de l'ouvrage	La formule	Application numérique	résultats	
					catégorie
OUEST	<b>Carapace extérieur</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cotg \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 2,8^3}{3,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{2,52}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 1$	W=2.78 T  Dn <sub>50</sub> = 1 m  E = 2.33 m	2.78*0.75 à 2.78*1.25 ↓ 2.08 à 3.47 ↓ <b>2 à 4T</b>
	<b>Carapace Intérieur</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cotg \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 1,34^3}{3,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{0,36}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 0,48$	W=0.30 T  Dn <sub>50</sub> =0.48 m  E = 1.12 m	0.30*0.75 à 0.30*1.25 ↓ 0.23 à 0.38 ↓ <b>0.5 à 1T</b>
	<b>Le noyau</b>	Généralement on prend la catégorie de noyau entre la fourchette de <b>0 à 500Kg</b> $\frac{2}{10}$ à $\frac{4}{10} \implies 0.2$ à $0.4$			
	<b>Filtre</b>	La catégorie de cette couche appartient à l'intervalle de noyau donc on l'inclut dans le noyau.			
	<b>Butée</b>	h=d-(hauteur de butée)  h ≥ 1.2 * H <sub>S</sub> (à vérifier)	h= 4-1 (pour une hauteur de butée = 1m) 1.2*2.8	h=3 m  =3.36 > h (n'est pas vérifié)  Donc on ne peut pas maîtriser la butée	

• **Tableau 4: Résultats obtenus pour le dimensionnement et la stabilité du Musoir**

zone	Partie de l'ouvrage	La formule	Application numérique	résultats	
					catégorie
OUEST	<b>Carapace extérieur</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cot \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 2,8^3}{2,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{3,89}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 1,13$	W=3.9 T  Dn <sub>50</sub> = 1.13m  E = 2.61 m	3.9*0.75 à 3.9*1.25 ↓ 2.91 à 4.86 ↓ <b>3 à 6T</b>
	<b>Carapace Intérieur</b>	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H_S^3}{Kd \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cot \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 2,8^3}{2,5 \left( \frac{2,65}{1,025} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{3,89}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 1,13$	W=3.9 T  Dn <sub>50</sub> = 1.13m  E = 2.61 m	3.9*0.75 à 3.9*1.25 ↓ 2.91 à 4.86 ↓ <b>3 à 6T</b>
	<b>Le noyau</b>	Généralement on prend la catégorie de noyau entre la fourchette de <b>0 à 500Kg</b> $\frac{2}{10}$ à $\frac{4}{10} \implies 0.2$ à $0.4$			
	<b>Filtre</b>	La catégorie de cette couche appartient à l'intervalle de noyau donc on l'inclut dans le noyau.			

# Les listes

## Liste des abréviations

---

<b>A.N.R.H :</b>	Agence National des Ressources Hydrauliques.
<b>B</b>	Berme.
<b>C.E.R.C :</b>	Coastal Engineering Research Center.
<b>ENSSMAL</b>	Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
<b>G.P.S :</b>	Global positioning system.
<b>GIZC :</b>	Gestion Intégrée de la Zone Côtière.
<b>Hi :</b>	Hauteur incidente.
<b>Hs :</b>	Hauteur significative.
<b>Ht :</b>	Hauteur transmise.
<b>Kd :</b>	Coefficient du dommage.
<b>Kt</b>	Coefficient de transmission.
<b>Kr</b>	Coefficient de réfraction
<b>L.C.H.F :</b>	Laboratoire Central Hydraulique de France.
<b>LEM:</b>	Laboratoire d'Etude Maritime.
<b>NGA :</b>	Nivèlement Général Algérienne.
<b>O.N.M :</b>	Office National de Météorologie.
<b>S.S.M.O:</b>	Summary of Synoptic Météorological Observations.
<b>S.W.A.N :</b>	Simulating Waves Nearshore.
<b>T.V.C :</b>	Tout Venant de Carrière.
<b><math>\gamma_s</math> :</b>	La masse volumique des blocs.
<b><math>\gamma_w</math> :</b>	La masse volumique de l'eau de mer.

Figure 1: Limites administratives de la commune de Fouka.....	5
Figure 2: Situation géographique de Fouka marine (Google Earth 2012) .....	5
Figure 3: lithologie de la baie de Bou-Ismaïl .....	6
Figure 4: la morphologie de la baie de Bou-Ismaïl .....	8
Figure 5: Lithologie de la zone d'étude .....	8
Figure 6: Roses récapitulatives saisonnières et annuelles des fréquences d'apparition du vent au large. (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970) .....	9
Figure 7: les moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Fouka Marine .....	10
Figure 8: Les précipitations annuelles dans la région de Fouka Marine(de 1980 à 2009) d'après les données de l'ANRH .....	10
Figure 9: diagramme ombrothermique de BANGNOUL et GAUSSEN appliqué à la région de Fouka Marine .....	11
Figure 10: Réseau hydrique de la baie de Bou-Ismaïl .....	13
Figure 11: variations annuelles des débits solides et liquides dans l'oued de Mazafran .....	14
Figure 12: Roses récapitulatives de direction des houles au large du secteur (275° - 55°) .....	15
Figure 13: Les directions des houles touchant la zone d'étude (Google Earth).....	16
Figure 14: bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire, 1972) .....	18
Figure 15: carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire. L., 1972).....	19
Figure 16: Evolution de trait de côte de la zone d'étude.....	20
Figure 17:Erosion d'une falaise par l'action de la mer .....	20
Figure 18: Erosion d'une falaise par l'action de ruissellement .....	21
Figure 19: Bathymétrie de Fouka Marine, coté falaise (LEM,2D-3D).....	25
Figure 20: Carte bathymétrique et les profils tracés dans le secteur de zone d'étude.....	26
Figure 21: Réfraction de la houle, direction N360°, dans la région de Fouka Marine .....	30
Figure 22: Réfraction de la houle, direction N360°, dans la région de Fouka Marine .....	31
Figure 23: Carte topographique de la zone d'étude .....	34
Figure 24: les coupes des profils topographiques et bathymétriques de la zone d'étude.....	34
Figure 25: Carte des surfaces d'aménagements urbains à protéger .....	37
Figure 26 : Exemple d'implantation d'une Brise Lames immergée .....	42
Figure 27 : Système TenCateGeotube® installé en mer comme brise-lames (Italie) .....	45

Photo 1: des morceaux de grés détachés de la falaise .....	9
Photo 2: Action de la mer sur la falaise .....	21
Photo 3: Trajectoire des eaux de pluie sur la tirasse de la falaise .....	21
Photo 4: Construction d'habitations sur le rivage .....	22
Photo 5: Installation des égouts sur la falaise.....	22
Photo 6: Photo correspondante au profil aérien n°1 .....	35
Photo 7: Illustration de l'objectif à atteindre dans la zone de Fouka Marine, (expérience à Zياما Mansouria. Jijel).....	41

Tableau 1:les températures mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1995 – 2004 .....	11
Tableau 2:les températures et précipitations mensuelles moyennes de la baie de Bou-Ismaïl durant la période 1995 à 2004 .....	11
Tableau 3: Caractéristiques des sous bassins versants de l’Oued Mazafran.....	12
Tableau 4: Fréquence mensuelle de la houle au large par direction en pourcentage .....	15
Tableau 5: Amplitudes des houles en fonction des directions et leurs périodes de retour.....	16
Tableau 6: Evolution de trait de côte de la zone d’étude .....	20
Tableau 7: Conditions de houles retenues dans le cadre de cette étude .....	28
Tableau 8: Caractéristiques des géotubes.....	45
Tableau 9: tableau représentatif de comparaison entre les variantes proposées .....	47