

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère 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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

**ETUDE D'AMENAGEMENT D'UNE PLAGE
ARTIFICIELLE AU NIVEAU DE LA PLAGE PISCINE
D'EL KALA (WILAYA D'EL TARF)**

Présenté par:

- **BOUZID Bochra Wiam**

Soutenu le 13/07/2010 devant le jury suivant :

M^{me} AMROUCHE .L

Présidente

Mr AMARI .M

Promoteur

M^{me} MEHDID .S

Examinatrice

Mr LARID .M

Examineur

Promotion : (2009-2010)

Dédicaces

A mes chers parents pour qui aucune dédicace ne saurait témoigner de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus profond respect.

A ceux qui m'ont offert la plus noble des éducations et les plus riches principes.

A ceux qui ont été pour moi à chaque instant, avec tous les sacrifices qu'ils ont fait pour moi.

A ceux qui m'ont donné un magnifique model de labeur et de persévérance.

Je les remercie pour toute l'aide, la patience, la compréhension, la tendresse, l'amour et le dévouement dont ils font preuve, et par lesquels ils m'entourent depuis mon enfance, merci papa, merci maman.

A mes deux anges gardiens qui me sont très chers, mon fiancé Hamza et mon frère Nazim Omar , qui m'ont prodigué des enseignements, suivis pas par pas ,se sont donnés la peine de me soutenir et surtout de supporter mes sautes d'humeur durant l'élaboration de mon mémoire, je les remercie pour tout cela, et puisse dieu tout puissant les protéger.

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à :

- *Monsieur AMARI Mohamed, qui a accepté de m'encadrer, de me suivre, de me guider, et tout l'honneur est pour moi d'être une de ses disciples, et hommage pour ses qualités morales.*
- *A tous les membres du bureau d'études HMI, pour leur aide, pour m'avoir procuré et mis à ma disposition tous les documents et les renseignements nécessaires à mon travail, envers qui j'éprouve beaucoup de respect pour leur qualités morales et pour leur dévouement :Messieurs, Haouchine, Ouabbas, Tirouche, Senouci, Idris bey, Abdi,Chalal, Amari junior.*
- *Monsieur BOUCHERF, Chef Division Veille Climatique de l'Office National de la Météorologie, pour m'avoir facilité l'accès aux données météorologiques, d'avoir répondu à mes interrogations et envers qui j'ai beaucoup de respect pour ses qualités morales. Ainsi que tous ceux qui m'ont aidé au niveau de l'Office National de la Météorologie.*
- *Ceux qui m'ont aidé au niveau de l'Office National de Géologie et de Contrôle Minier, pour m'avoir facilité l'accès aux documents présents dans leur bibliothèque.*
- *Ceux qui m'ont aidé au niveau de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection pour m'avoir facilité l'accès aux cartes topographiques.*
- *Tous mes amis qui ont été présents pour m'aider, qui m'ont soutenu et surtout qui m'ont supporté.*
- *Le personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL pour leur aide et leur extrême gentillesse. qui sont Mer BEN SIDI Ahmed chérif et Melle BAUCHE Fatima et Melle KERMICHE Raoum.*
- *Madame AMAUCHE d'avoir accepté de présider le jury*
- *Monsieur LARID et Madame MAHDID d'avoir accepté d'examiner et de corriger ce travail*
- *L'ensemble du corps professoral de l'INSSMAL de nous avoir offert cette richesse qui est le savoir.*
- *Et enfin Monsieur SEFLANE Directeur des études, ainsi que Monsieur ZOUAKH.D directeur de l'ENSSMAL d'être toujours présents pour nous les étudiants.*

Sommaire

Introduction	02
Chapitre 1: DONNEES NATURELLES DU SITE D'EL KALA	
1.1 Contexte géographique.....	05
1.2 Cadre hydrographique et topographique.....	08
1.2.1 Hydrographie.....	08
1.2.2 Topographie.....	08
1.3 Cadre géologique.....	10
1.4 Contexte météorologique et océanique.....	13
1.4.1 données météorologiques.....	13
1.4.1.1 La pluviométrie.....	13
1.4.1.2 La température.....	15
1.4.1.3 Les vents.....	16
1.4.2 cadre océanique.....	21
1.4.2.1 La Marée.....	21
1.4.2.2 Les courants.....	21
1.4.2.2.1 Les Courants généraux.....	21
1.4.2.2.2 Les Courants côtiers.....	22
1.4.2.3 Les houles.....	23
Chapitre 2 : HISTORIQUE DES TRAVAUX	
Description des étapes de la construction du mur de soutènement.....	26
1) État initial de la plage piscine.....	26
2) Les terrassements.....	27

3)	La mise en Œuvre de la semelle de fondation.....	27
4)	Le ferrailage et coffrage du voile du mur en B.A.....	28
5)	La fin de la construction du mur en B.A, des escaliers et des murets de pierres sèches.....	29
6)	La mise en place du géotube pour la protection du pied du mur.....	29
6.1)	La définition du géotube.....	30
6.2)	L'usage des géotubes dans la lutte contre les phénomènes d'érosion.....	32
6.2.1	Nature des principales applications.....	32
6.2.2	Avantage des géotubes en ingénierie littorale.....	32
6.2.3	L'action de la houle sur le géotube installé.....	33
6.2.4	La mise en œuvre du geotube.....	34
7)	L'achèvement des travaux de confortement du talus de la plage piscine	36

Chapitre 3 : DESCRIPTION DU SITE DE LA PLAGES PISCINE

3.1	Lève topographique	39
3.1.1	Canevas de base.....	40
3.1.2	Rattachement altimétrique	40
3.1.3	Étapes de réalisation du levé	40
3.1.4	Interprétation du levé topographique	42
3.2	Levé bathymétrique	43
3.2.1	Positionnement des sondes	43
3.2.2	Mesure des profondeurs	44
3.2.3	Traitement des données	44
3.2.3.1	Transfert.....	44
3.2.3.2	Calcul du semis des points et dessin du plan	45
3.2.3.3	Report du levé	45
3.3	Interprétation du levé bathymétrique	45
4	Moyens humains et matériels utilisés.....	46
4.1	Moyens humains.....	46
4.2	Moyens matériels.....	46

Chapitre 4 : CALCUL DE LA HOULE DE PROJET

4.1	Problématique	49
4.2	Le phénomène de déferlement de la houle	50
4.3	Calcul de la houle de projet	51
4.3.1	Données de base.....	51

4.3.2	Calcul de la houle de projet	52
-------	------------------------------------	----

CHAPITRE 5 : PREDIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

5.1	Première variante : brise lames en geotubes submersible.....	54
5.2	Deuxième variante brise lame en enrochement émerges.....	56
5.2.1	Fonctionnement des brises lames	57
5.2.2	Influence des caractéristique du brise lames	57
5.2.3	Implantation et détermination et dimensionnement du brise lames	57
5.3.4	Caractéristique des digues à talus	59
5.2.4.3	Calcul de predimensionnement de brises lames émerges.....	61
5.2.5	Comparaison entre brise lames et geotube.....	63
5.2.5.1	Avantages et convenaient.....	63
5.2.5.2	Évaluation du cout de l'ouvrage brise lames émergé.....	63
5.2.6	Dimensionnement de la brise lames immerge en enrochements	64
5.3	Troisièmes variantes brise lames immergé en enrochement.	65
5.3.1	Détermination de la hauteur de la brise lames immergé en enrochement	66

CHAPITRE 6 : VARIANTES D'AMENAGEMENT DU BUREAU D'ETUDE

6.1	Description des variantes d'aménagements	69
6.1.1	Les prix unitaires	71
6.1.2	Estimations du cout des deux variantes	72
6.2	Couts de construction	
	Conclusion	77
	Bibliographie	79

ACRONYMES

ONRGM: office nationale de recherche geologique et miniere.

ONM :office nationale météorologique.

SSMO :summuary of synoptic meteorologique observation .

NGA :nivellement général d'Algérie.

ZH :zéro hydrographique .

LHI :Lanka hydraulique institue (DRI LANKA).

HMI :hydro marine ingénierie.

DTP :direction des travaux publique

LCHF :laboratoire central hydraulique français

CERC : Coastal Engenieering Research Center

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°I.1: moyennes mensuelles des précipitations en (mm).....	13
Tableau N°I.2: moyennes des durées mensuelles des précipitations en (heures).....	13
Tableau N°I.3: moyennes et nombre maximales de jours de pluie.....	13
Tableau N°I.4: moyennes mensuelles des températures moyennes en (c°).....	15
Tableau N°I.5: moyennes mensuelles des températures minimales en (c°).....	15
Tableau N°I.6: moyennes mensuelles des températures maximales en (c°).....	15
Tableau N°I.7: Evolution moyenne mensuelle des vitesses moyennes des vents en (m/s).....	16
Tableau N°I.8: Evolution mensuelle du vent Maximum moyen (en m/s) à EL KALA.....	17
Tableau N°I.9: Evolution journalière des Vitesse moyenne du vent aux heures synoptiques (en m/s).....	17
Tableau N°I.11 : Fréquence des vents les plus forts à ANNABA.....	20
Tableau N°I.12: Conditions extrêmes de la houle au large EL KALA.....	23
Tableau N°I.13: Caractéristiques de la houle avant déferlement (houle réfractée à - 20m).....	24
Tableau N°III.1: Coordonnées des repères géodésiques au niveau de la plage piscine d'EL KALA.....	40
Tableau N° IV 1. : Etats de houle extrêmes à la profondeur de 20 m à EL KALA..... « Weggel, 1972 ».	51
Tableau N° V 1: calcul de la stabilité du geotube	52
Tableau N° VI 1. tableau des coûts des matériaux de construction du projet pour les deux variantes. (HMI) 2010.....	71
Tableau N°2.VI tableau représentatif des coûts de construction de la deuxième variante. (HMI).....	72
Tableau N°3.VI: tableau représentatif des coûts de construction de la première variante. (HMI).....	73

LISTE DES FIGURES

Figure N°I.1: Situation géographique de la zone d'étude «plage piscine» d'EL KALA.....	6
Figure N°I.3: Carte géologique de la région d'EL KALA (1881 par J.TISSOT).....	12
Figure N°I.4: Histogramme des précipitations mensuelles de la région d'EL KALA entre (1991-2001) ans.....	14
Figure N°I.5: courbe illustrative de la variation de la température mensuelle à EL KALA entre (1991-2001) ans.....	16
Figure N°I.6: rose annuelle de la direction des vents à EL KALA (1991-2001) ONM.....	18
Figure N°I.7: rose annuelle de la direction des vents dans la région d'ANNABA. US Naval Command (1963-1970).....	20
Figure N°I.8 Circulation des masses d'eau d'origine atlantique en méditerranée (MILLOT, 1987).....	22
Figure N°II.1: photographie de la plage piscine avant le début des travaux (HMI).....	26
Figure N°II.2: photographie de la plage piscine au début des travaux (HMI).....	28
Figure N°II.3: photographie du Ferrailage et coffrage du voile du mur en B.A au niveau de la plage piscine au début des travaux (HMI).....	28
Figure N°II.4: photographie du mur en BA et de l'escalier et des murets de pierres sèches(HMI).....	29
Figure N°II.5: photographie de la mise en place du géotube au pied du mur (HMI).....	29
Figure N°II.6: détails des éléments typiques constituant le géotube.....	31
Figure N°II.7: géotube pendant la tempête du mois de Mars.....	33
Figure n° II.8: photographie de la fin des travaux (HMI).....	36
Figure N°III.1: photographie du tachéomètre Leica, modèle TCR 407 de(HMI).....	41
Figure N°III.2: photographie de la plage piscine.....	42
Figure N°1.IV : Hauteur maximale de déferlement en fonction de la profondeur en pied de l'ouvrage.....	52
Figure N°1.V : représentation d'un géotube immergé et son effet sur la houle incidente.....	56
Figure N°2.V : Abaque mettant en relation le coefficient de transmission $C_t = H_t/H_i$ avec F/H_i (Van der Meer 1992).CERC.....	65

INTRODUCTION

Introduction générale

L'acceptation du terme plage, vient de l'italien PIAGGIA, pente douce, siège d'accumulations de sédiments « sable, galet, gravier », une cote sableuse en général évolue en fonction des agents géologiques, dynamiques (houles, vents, marée) et anthropiques (urbanisation et pollution).

L'érosion des plages est un phénomène général dans le monde, définit comme étant un déficit et une pénurie de sable et de galets sur la frange côtière. Cette carence sédimentaire a commencé à se manifester après la fin de la transgression postglaciaire, mais a été accentuée à l'époque contemporaine par des actions humaines de toutes sortes de littoralisation, et c'est ce qui a aggravé le problème d'érosion des plages, conjuguais à cela l'élévation inattendue du niveau marin.

Cette bande côtière constitue un territoire très spécifique en matière de risques, alors que la dynamique naturelle lui confère une mobilité intrinsèque, dans la plupart des cas, une tendance au recul vers les terres. L'évolution des installations humaines obéit à une logique inverse qui est la progression vers la mer, cette dynamique convergente est à l'origine des risques côtier.

L'évolution du regard porté sur les plages par les sociétés humaines n'a cessé d'évaluer et de prendre de l'importance, tant de l'usage que dans les représentations, quelques soit le continent et la civilisation, la société. La plage urbaine par l'importance de ses fréquentations constitue une séance sociale parcourue par des mouvements grégaires, donnant lieu à des territorialités éphémères complexes, en dehors du monde occidental, elle constitue davantage un territoire récréatif que balnéaire.

Que ce soit à l'échelle globale ou régionale les plages sableuses sont actuellement en cours de démaigrissement et de recul ce qui est pour le cas de la plage piscine à EL KALA, dont la raison essentielle d'érosion tient au déficit naturel en sédiments dans le domaine côtier, aggravé par l'action de l'homme (travaux d'aménagements adjacents et extraction du budget sédimentaires existant). C'est pour cela qu'une artificialisation de la plage piscine et ce avec injection de sable permettra de contribuer à la restauration du paysage côtier tout

En identifiant les facteurs contrôlant son évolution afin de s'en protéger.

L'étude de l'aménagement d'une plage artificielle au niveau de la plage piscine d'EL KALA comprend 6 chapitres divisés comme suit :

- ❖ Un premier chapitre décrivant les données naturelles du site d'EL KALA.
- ❖ Un deuxième chapitre traitant de l'historique des travaux effectués antérieurement au niveau de la plage piscine d'EL KALA pour la protection du talus.
- ❖ Un troisième chapitre retraçant les étapes de la description du site de la plage piscine.
- ❖ Un quatrième chapitre calculant la houle de projet et ceci à l'aide de l'abaque de WEGGEL.
- ❖ Un cinquième chapitre évoquant les calculs des deux variantes suggérées.
- ❖ Un sixième chapitre exposant les variantes retenues par HMI pour l'artificialisation de la plage piscine au niveau d'études HMI.

CHAPITRE I

DONNES NATURELLES DU SITE D'EL KALA

Introduction

La frange côtière constitue l'un des milieux les plus complexes et variables de la planète, c'est un lieu de travail, de vie et de détente. C'est le cas pour la région d'EL KALA, une région côtière très convoitée par les estivants, elle exerce un attrait touristique considérable. À chaque halte, des vues panoramiques égayent les regards dans cette région.

Cependant les conditions d'accueil sur la plage piscine se trouvant dans cette région sont inappropriées pour prendre en charge convenablement les vacanciers durant la période estivale. Pour cela, les services de la wilaya d'EL TARF ont pensé à un projet d'aménagement d'une plage artificielle, au niveau de cette plage, et cela dans le but de la réhabiliter et de l'élargir, car cela représente un enjeu de préservation du littoral sableux de cette wilaya, dont **24** plages officiellement recensées sur **90 km** de littoral, qui se structurent dans un objectif de développement et de besoin social, et ce pour répondre à l'attente des touristes qui viennent briser la routine de la vie citadine.

1.1) Contexte géographique

Le littoral de la wilaya d'EL TARF s'étend sur **90 km**, La plage piscine se trouve dans le quart oriental de celle-ci.

La plage piscine se situe dans la daïra d'EL KALA qui est aussi une commune, EL KALA anciennement appelée la **CALLE** et aussi la **TUNIZA**, dont la superficie est de **292km²**. Et qui se situe par rapport à la capitale d'Alger par route à **600 km**.

Cette commune est limitée à l'EST par la commune de **SQUAREKH** et l'OUEST **BERRHANE** et au SUD entourée par les communes de **BOUTELDJA**, **EL TAMAL**, **AIN EL ASSEL** et **RAMEL SOUK**.

La surface de la plage piscine actuelle est de **0.25 ha**, et elle sera agrandie après son aménagement à **0.5 ha**.

La plage piscine se trouve dans une encoche entre l'ancien port d'EL KALA à l'EST et la pointe noire ou appelée aussi le point du chacal à l'OUEST, et ceci en étant enclavée dans l'anse du moulin et ayant face à elle au NORD la mer méditerranée. Son ouverture vers cette mer est d'environ **80 m**. Ses coordonnées géographiques sont : voir figure I.1.plan de situation

$\phi = 36^{\circ} 53' 47.04''$ **NORD de l'Equateur**

UTM

$\lambda = 8^{\circ} 26' 5.28''$ **EST de Greenwich**



Source Google Earth 2009

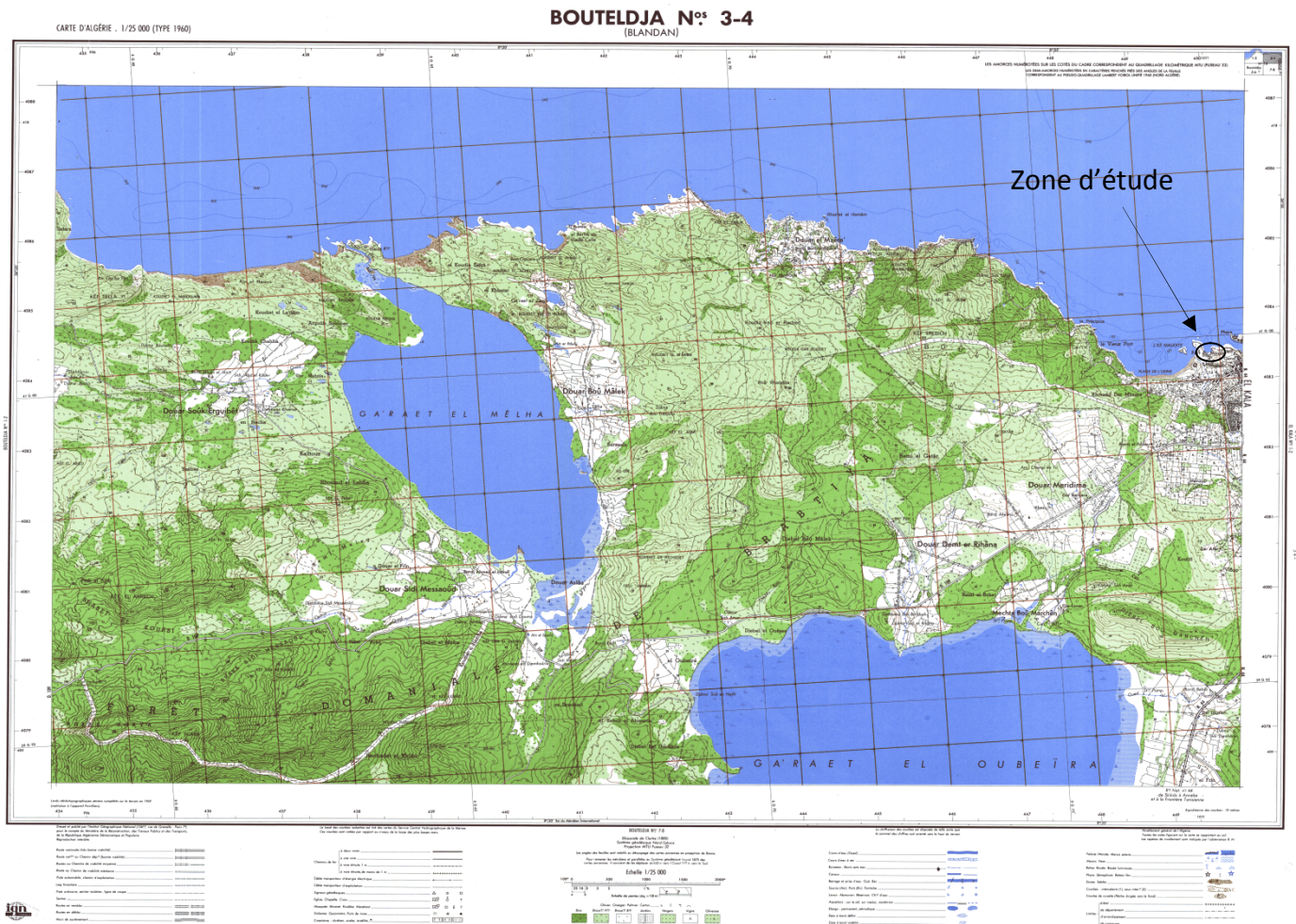


Source Google Earth 2009



Source Google Earth 2009

Figure N°I.1: Situation géographique de la zone d'étude «plage piscine» d'EL KALA



Carte N°I.1:carte topographique de la région de BOU TELDJA 1/25000(INCT, 1960)

1.2) Cadre hydrographique et topographique

1.2.1) HYDROGRAPHIE :

La région d'EL KALA qui est incluse dans notre zone d'étude contient de nombreux plans d'eau, répartis entre lacs et marais, nous pouvons en citer le lac TONGA, le lac OUBEIRA, le lac MELLAH, le lac BLEU, le marais de BOURDIM et beaucoup d'autres dotés d'importances écologiques.

La partie orientale d'EL KALA est mal drainée, de nombreux affluents issus des massifs formant la frontière ALGERO-TUNISIENNE, s'écoulent suivant une direction de l'EST vers l'OUEST et aboutissent à la plaine d'OUM TBOUL. Une partie des eaux alimente alors le lac TONGA par l'intermédiaire de l'Oued EL-HOUT. Une autre partie s'infiltré dans les alluvions et recharge la nappe phréatique. Le reste stagne sous la forme de marécages sur les argiles de Numidie.

Par ailleurs la partie méridionale de cette région est drainée par 3 oueds avec Oued BOUGOUS, Oued MELLILA et Oued EL-KEBIR lequel joue le rôle de collecteur principal.

Par contre la partie occidentale englobe plusieurs chaâbet et oueds liés aux lacs MELLAH et OUBEIRA (Joleaud, 1936).

1.2.2) TOPOGRAPHIE :

La carte topographique de BLANDAN de la région BOUTELDJA n°3-4 à échelle 1/25000, met en évidence la topographie de la région d'EL KALA, qui a une nature particulièrement généreuse. La région offre une palette de reliefs ou alternent les plaines, les piémonts ; des montagnes couvertes de forêts, des lacs, des lagunes et des marécages classés réserves naturelles.

La zone des plaines côtières constituée essentiellement de dunes et de sable et de marécages suivis d'une zone intermédiaire, montagneuse et forestière où se présente en bande de direction WSW-ENE c'est la chaîne numidienne, la zone de plaines agricoles céréalières vers le SUD. (ONRGM).

Le relief de la région d'EL KALA est formé dans sa partie septentrionale par un cordon dunaire qui s'étend d'OUEST en EST le long de la côte sur une distance de 40 km et d'autre part vers le SUD jusqu'au pied du *Djebel SEGLEB*, s'enfonçant parfois jusqu'à 24 km à l'intérieur des terres, avec de petites éminences de relief gréseux de faible altitude. (Joleaud, 1936).

Dans la région du FORT DU MOULIN où se localise la plage piscine, on constate qu'il y'a une forte croissance d'infrastructures urbaines et économiques.

Sur cette carte topographique l'aspect morphologique de la région côtière EST de la région BOUTLEDJA est mise en évidence, et ce en ayant une plage prénommée la PLAGE DE L'USINE à coté de l'hôtel MORDJANE occupant une anse limité à l'OUEST par la région du vieux port et à l'EST par une ile dont l'appellation est l'île maudite, juxtaposant une proéminence géologique qui est la pointe du chacal adossée à elle nous avons notre plage piscine entourée sous forme de poche entre cette formation géologique côtière.

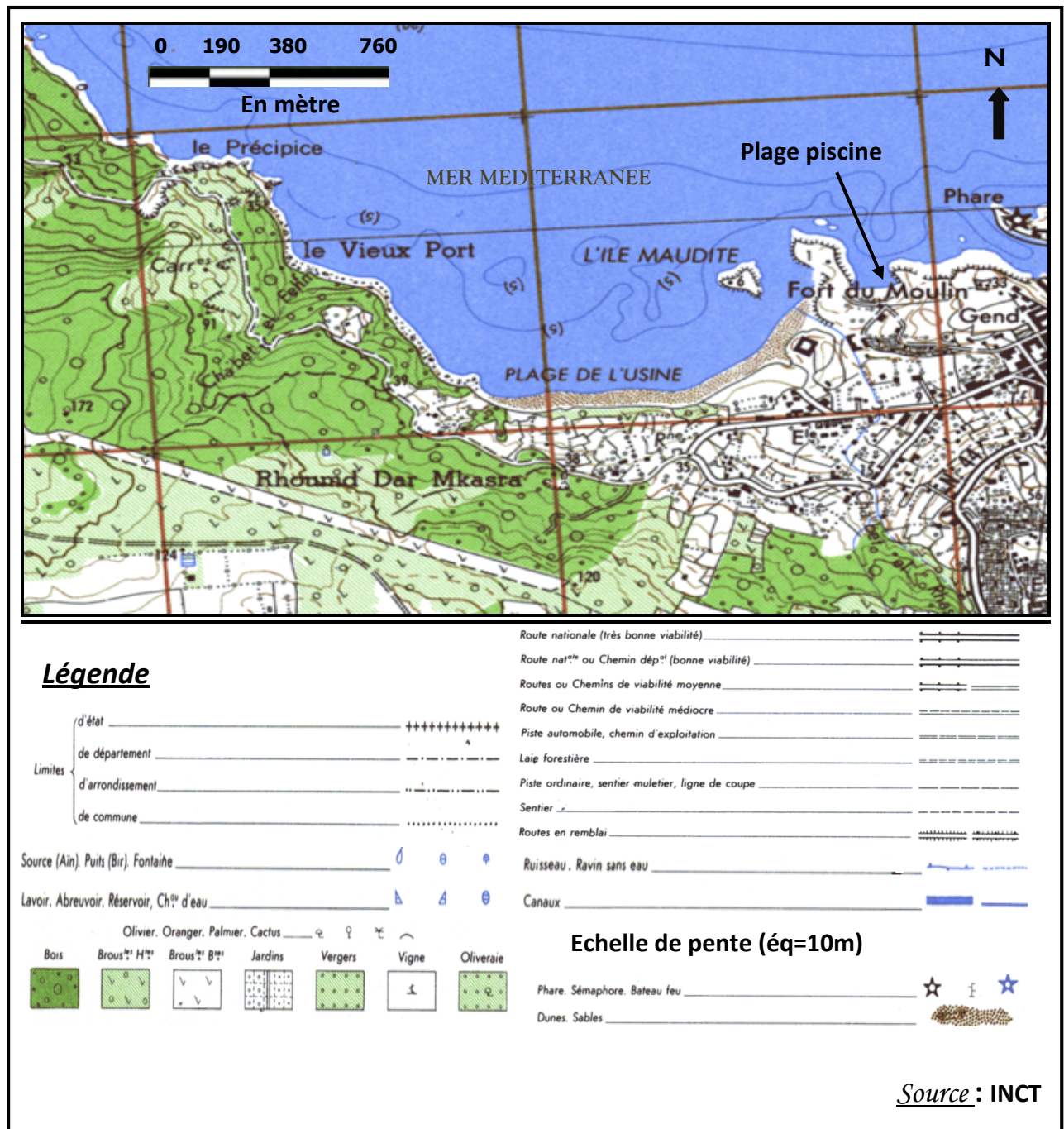


Figure N°I.2: topographie de la région d'EL KALA (1960).

1.3) Cadre géologique

L'étude géologique est importante car elle nous permet de connaître les matériaux qui composent les terrains de notre zone d'étude.

La structure de la wilaya d'EL TARF est constituée par deux complexes allochtones : flyshs à micro-brèche ; et la nappe numidienne dont fait partie la région d'EL KALA (**ONRGM**).

Le Numidien qui s'étale de (*Oligocène à Burdigalien*), est représenté par une formation essentiellement gréseuse comportant à la base et au sommet respectivement des argiles sous numidiennes et des argiles associées à des marnes supra-numidiennes.

La région d'EL KALA date de la formation de la chaîne tellienne. L'actuelle structure morphologique résulte d'une activité tectonique datant du tertiaire et du quaternaire. Cette diversité combinée à l'action de l'eau et du vent contribue jusqu'à présent au façonnement du relief (**Marre, 1987**).

Selon (**Joleaud, 1936**) l'Ère tertiaire se distingue par la formation des argiles de Numidie qui sont datées de l'*Éocène* moyen, qui sont d'une épaisseur de **300 m** environ. Tandis que les grès numidiens datant de l'époque *oligocène*, ils forment la masse principale des reliefs de la quasi – totalité de la région forestière représentée par des grès quartzeux (**ONRGM**).

Durant l'époque du quaternaire : les dépôts sont représentés par des limons, argile, galets et graviers. (**ONRGM**).

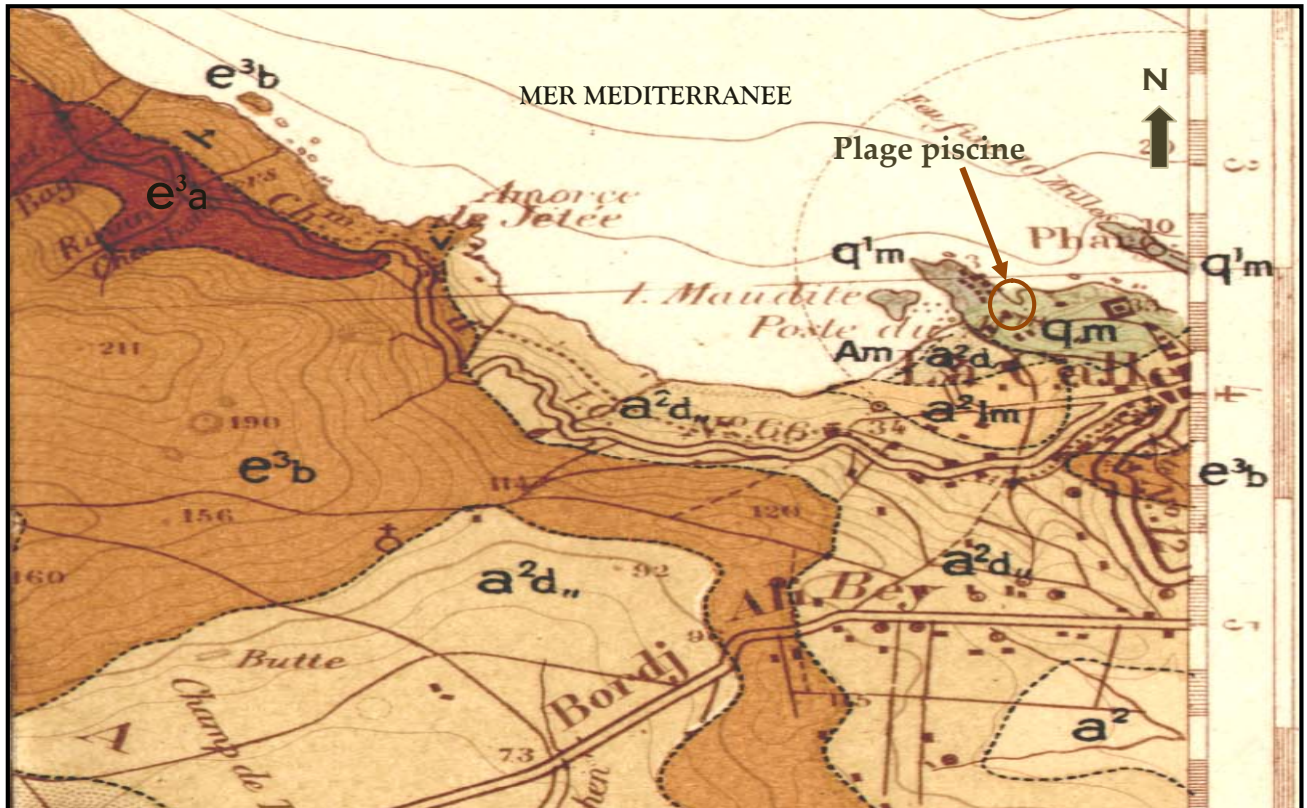
Quant aux dépôts marins éolisés ils sont formés par un amas dunaire issus de l'érosion par la mer des falaises gréseuses (**Joeaud, 1936**).

la feuille de BLANDAN est sur un territoire de dune en grande partie couverte de broussailles, de coteaux boisés, de marécages et des lacs d'eau douce (lac OUBEIRA) et d'eau salée (lac MELLAH).(**NOTICE DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE BLANDAN**).

Notre zone d'étude qui est la plage piscine appartenant à cette carte BLADANE, se localisant à l'EST de cette dernière et se trouve sur un socle géologique **qm1** qui sont des mollasses calcaires marines et dunaires (*pléistocène* récent) attenante de l'autre côté, un autre socle géologique distinct **qm'** qui sont des mollasses calcaires marines et dunaires (*pléistocène* ancien) couvre le

cap Rosa, les coteaux au dessus du déversoir du lac EL MELLAH, BASTION DE FRANCE et la région d'EL KALA .


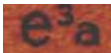

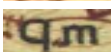
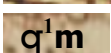
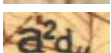
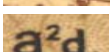
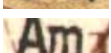
Les mollasses calcaires marines et dunaires (*pléistocène* récent) sont sous forme d'îles et de presqu'île .Ce sont des faluns irrégulièrement consolidés ; jadis par des eaux chargées de calcaires qui ont circulé par capillarité et ensuite se sont évaporés, composée d'un sable quartzeux et de débris de coquilles marines recristallisées cette mollasse passe à son sommet et à sa base à des limons rougeâtres et à des calcaires travertineux. (**NOTICE DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE BLANDAN**).



Légende

source : ONRGM

Terrains sédimentaires

-  Grées de Numidie (*lattorfien*).
-  Argiles de Numidie (*éocène supérieur*).
-  Alluvions limoneuse du fond des vallées (*néopleistocene*).
-  Molasse calcaire marin et dunaire (*pléistocènes ancien*).
-  Molasse calcaire marin et dunaire (*pléistocènes récent*).
-  Dunes sublittoral.
-  Dunes littorales.
-  Plage actuelle.

 Plongement des couches.

 Limites des couches

L'équidistance est de 10 mètres.

Echelle  mètres

Figure N°I.3: Carte géologique de la région d'EL KALA (1881 par J. TISSOT).

1.4) Contexte météorologique et oceanique

1.4.1) données météorologiques

Si la perception des phénomènes météorologiques est globale, leur observation et leur mesure ne peuvent être qu'analytiques, tout comme la compréhension des faits. C'est pour ça qu'il faut étudier séparément les taux de pluviométrie, les fréquences et vitesses des vents ainsi que les fluctuations des températures pour une meilleure compréhension des régimes hydrodynamiques régnant dans la zone d'étude sans oublier que l'effet de chacun des météores retentit sur le déroulement des autres auxquelles il lui est subordonné. Les mesures ci-dessus ont été faites au niveau de la station d'EL KALA sur une durée de **10 ans (1991 – 2001)** à une altitude de 11 m. Ses coordonnées géographiques: Latitude : **36°54 N**, Longitude : **08°27 E**.

1.4.1.1) La pluviométrie : la combinaison saisonnière de tous les phénomènes qui engendrent les précipitations (direction des flux dominants, instabilité de l'air, la position des fronts) détermine le régime annuel et l'abondance de celles-ci. (**P.Pedelabore 1971 in Haddad et Ferry. 1993**).

Tableau N°I.1: moyennes mensuelles des précipitations en (mm).

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	103.5	89	47.1	60.5	39.6	14	2.6	4.5	49.9	74.2	108.2	115.9

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.2: moyennes des durées mensuelles des précipitations en (heures).

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	4	1	8	0	1	5	2	3	1.6	1.6	2	2

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.3: moyennes et nombre maximales de jours de pluie.

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	13.2	12.7	10.3	10.4	5.8	3.9	1.3	4.0	9.1	8.6	13.6	15.3
Nombre maximale	17	21	15	15	8	12	3	7	15	18	19	18

Source: ONM (1991-2001)

Commentaires

Vu qu'au Maghreb, le climat est méditerranéen c'est-à-dire tempéré, il se caractérise alors par une alternance d'un hiver doux et humide et d'un été chaud et sec.

Durant la saison sèche concernant le reste de l'année, pendant les mois les plus chauds, dans la région d'EL KALA les précipitations deviennent minimales voir insignifiantes avec des taux très faibles, mois de juillet **2.6mm**, mois d'août **4.5mm**. Par contre la saison pluvieuse qui s'étale du mois d'**Octobre** au mois de **Mars-Mai** on remarque un régime pluviométrique qui se caractérise par des pluies abondantes, le mois de Décembre reçoit **115.9mm** et le mois de janvier **103.5mm**, ce qui indique que cette zone est humide.

EL KALA reçoit des précipitations annuelles variables entre **(500-800) mm** et dans le cas des mesures effectuées dans cette zone entre **(1991-2001)**. La moyenne annuelle des précipitations est de **718.5mm (ONM)**.

Le régime mensuel de cette saison pluvieuse est assez important, il est suivi d'une diminution presque régulière au printemps où le temps s'adoucit et atteint par la suite quelques millimètres par mois pendant la période d'été.

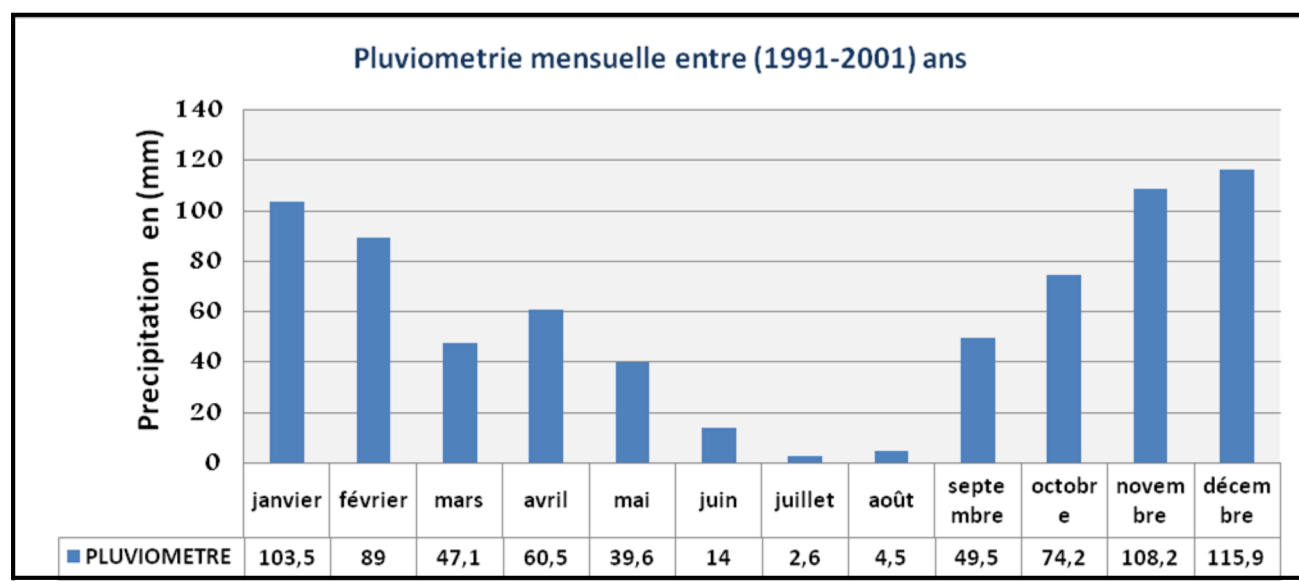


Figure N°I.4: Histogramme des précipitations mensuelles de la région d'EL KALA entre (1991-2001) ans.

❖ Par manque de données 2000-2010 on a utilisé des données de **1991-2001**.

1.4.1.2) La température : est définie comme la résultante des différents échanges thermiques qui affectent tout Corps. (P.PEDELABORE 1971 in Haddad et Ferry. 1993).

Tableau N°I.4: moyennes mensuelles des températures moyennes en (c°).

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	12.9	12.4	14.6	15.4	19.5	22.7	25.5	26.9	24.1	21.2	16.8	13.8

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.5: moyennes mensuelles des températures minimales en (c°).

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	9.4	8.8	10.8	11.7	15.6	18.8	21.4	22.9	20.1	17.1	13.0	10.3

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.6: moyennes mensuelles des températures maximales en (c°).

<i>Année 1991-2001</i>	<i>Janv</i>	<i>Fevr</i>	<i>Mars</i>	<i>Avri</i>	<i>Mai</i>	<i>Jui</i>	<i>Juil</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept</i>	<i>Octo</i>	<i>Nove</i>	<i>Dèce</i>
Moyenne	16.5	15.9	18.3	19.2	23.4	26.8	29.6	30.9	28.2	25.3	20.5	17.3

Source: ONM (1991-2001)

Commentaires

EL KALA est une région côtière où règne des températures chaudes durant l'été, la moyenne des températures mensuelles est supérieure à **23 C°**, avec des températures maximales atteignant **30.9 C°** au mois d'août selon les mesures faites entre **(1991-2001)** ans. Tandis qu'on remarque un hiver doux avec des températures minimales mensuelles généralement supérieures à **8C°** où elles commencent à grimper considérablement au mois de Mai.

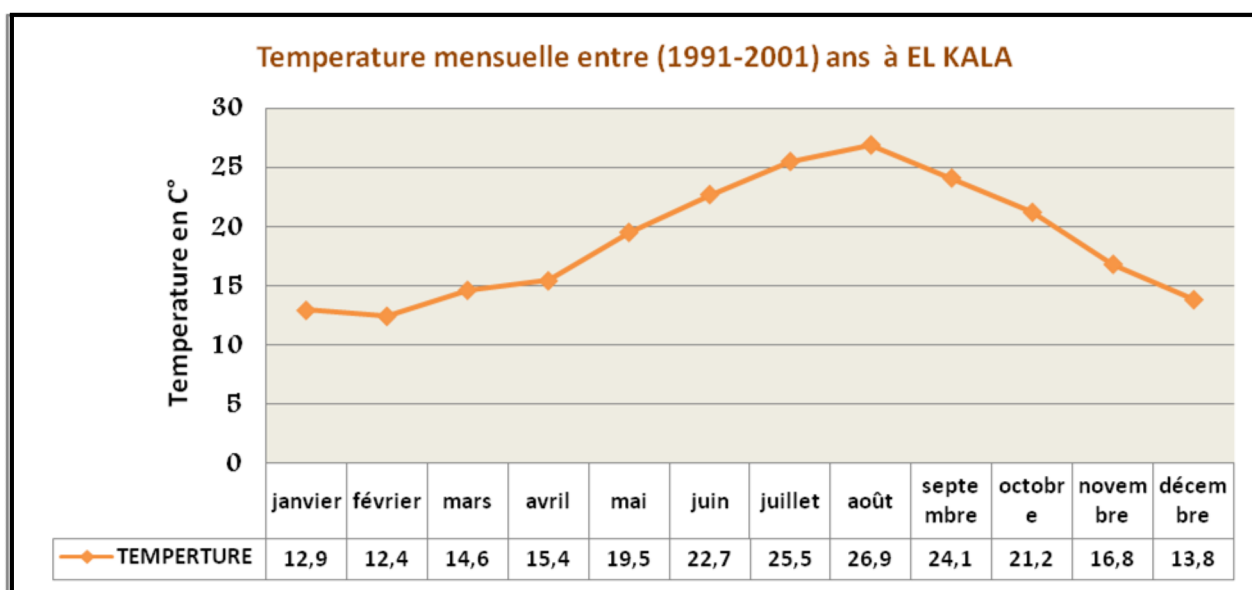


Figure N°I.5: courbe illustrative de la variation de la température mensuelle à EL KALA entre (1991-2001) ans

1.4.1.3) Les vents : appelés vents de surface ou parfois vents au sol, les vents résultent d'une mesure effectuée à **10 mètres** au dessus du sol. Dans l'étude des vents deux données numériques sont mesurées ; la direction d'où soufflent les vents et la vitesse des vents. **(P.Pedelabore 1971 in Haddad et Ferry. 1993).**

En milieu maritime il est commode, d'estimer cette vitesse par la seule observation des effets du vent sur la surface de la mer et qui est estimée selon une échelle conventionnelle « échelle de Beaufort comportant **13** degrés de **0 à 12** » quantifié strictement avec des vents moyens.

Les vents sont des données anémométriques importantes pour une étude hydrodynamique car c'est un générateur de houle et de courant superficiel **(A. Guilcher, 1979 in Yahi, Djeraf et Lardjen 2005)**. Qui de par leurs fréquences et intensités sont à l'origine d'importantes quantités de sables mobilisées, déplacées sur la cote. Leur impact croit avec leur vitesse **(Moulin, 1978)**.

Tableau N°I.7: Evolution moyenne mensuelle des vitesses moyennes des vents en (m/s)

Année 1991-2001	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dèc
Moyenne	4.3	4.9	4.6	4.5	3.6	3.7	3.2	3.1	3.6	3.8	4.2	4.3

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.8: Evolution mensuelle du vent Maximum moyen (en m/s) à EL KALA.

Année 1991-2001	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dèce
Moyenne	13.4	14.0	13.3	12.7	10.2	9.8	8.3	8.3	9.9	9.8	10.5	11.1

Source: ONM (1991-2001)

Tableau N°I.9: Evolution journalière des Vitesse moyenne du vent aux heures synoptiques (en m/s)

Heurs	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h
Moyenne mensuelle	3.3	4.7	3.4	3.9	4.6	4.7	4.2	3.2

Source : ONM (1991-2001)

Commentaires

les observations régulières de l'intensité et de la direction du vent sont obtenues au niveau de la station météorologique d'el EL KALA. Les données recueillies entre **1991 et 2001** correspondent à des valeurs moyennés sur **10 minutes** obtenues toutes les **3 heures**, et cela à l'aide d'un anémomètre et une girouette pour déterminer la direction d'où souffle le vent.

L'effet éolien a une action capitale sur la dynamique sédimentaire, c'est pour cela que l'étude de la force éolienne est nécessaire dans l'étude d'une plage artificielle.

Selon le tableau 1.7 des moyennes mensuelles des vitesses des vents, on remarque des vitesses moyennes annuelles qui varient dans l'intervalle de **[3 et 5] m/s** c'est-à-dire **(10.8 à 18 km/h)**.

les vents les plus faibles sont d'ordre **3.1m/s** observés en mois d'août, par contre les vents les plus forts sont observés durant le mois de février avec **4.6 m/s** de vitesse. L'appréciation globale du régime des vents selon l'échelle de Beaufort est que cet intervalle de vitesse est classé comme étant force numéro **3** et qui est appelé petite brise.

A.) Selon les observations des fréquences des vents des dix années (1991-2001)

On' a pu faire ce récapitulatif des secteurs dominants du vent qui sont les secteurs NORD, NORD OUEST et SUD.

- Trimestre hivernal** : Les vents prédominants sont de secteur NORD (**20.9%**), NORD OUEST (**16.9%**) et SUD (**16.06%**). (ONM 1991-2001).
- Trimestre printanier** : la supériorité du secteur NORD est très discernable avec (**28.56%**) et pour le secteur SUD (**11.44%**) ainsi que pour le secteur NORD OUEST (**12.76%**). (ONM 1991-2001).
- Trimestre estival** : le secteur NORD dans ce trimestre est le plus prédominant avec (**35.28%**) suivis du secteur NORD OUEST (**10.86%**) et le secteur SUD (**8.16%**). (ONM 1991-2001).
- Trimestre automnal** : le secteur les plus dominant avec (**20.8%**) NORD, SUD (**17.5%**) et NORD OUEST (**12.2%**) sont les plus dominants comparés aux autres secteurs. (ONM 1991-2001).

Tableau N°I.10: récapitulatif des fréquences de vents en pourcentage affectant la région D'EL KALA selon l'ensemble des directions (1991-2001) ans ONM.

Directions	Fréquences des vents
NORD	24.9%
NORD EST	4.3%
EST	4.9%
SUD EST	4.4%
SUD	14%
SUD OUEST	7.1%
OUEST	9%
NORD OUEST	13.7%

Vent calme 17.7%

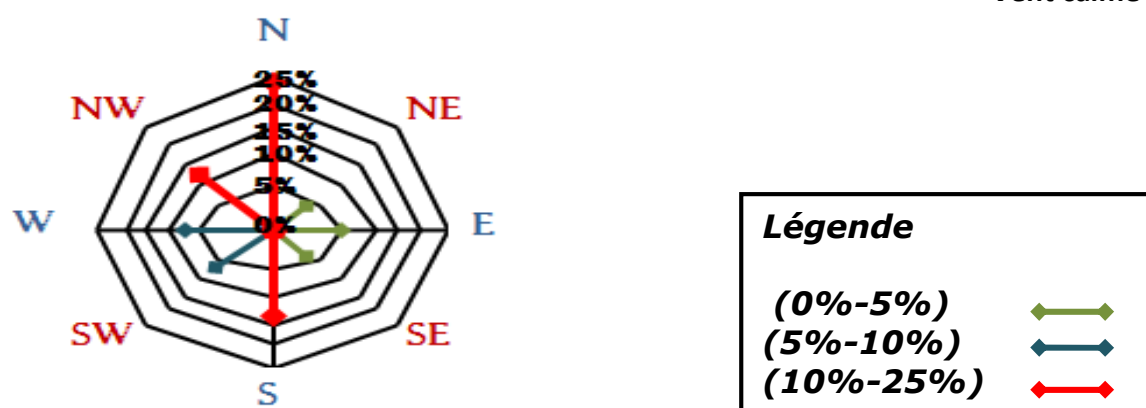


Figure N°I.6: rose annuelle de la direction des vents à EL KALA (1991-2001) ONM.

**B.) Selon les observations de la station en mer au niveau d'ANNABA
(37°N et 7.6°E).**

Au large des cotes des observations des vents ont été faites à bord des navires. Ces données sont reprises du document de l'US Naval Command intitulé « **Summary of Synoptic Meteorological observation** » (SSMO -tome 4-zone 13). Elles s'étalent sur une période de **8 ans (1963-1970)**.

a) -Trimestre hivernal :

Les vents prédominants sont de secteur OUEST (**28.48%**) NORD-OUEST (**19.3%**) et SUD OUEST (**11.65%**), la fréquence d'apparition des vents des autres secteurs n'excède pas (**8.25%**).

La vitesse maximale supérieure à 48noeud se rencontre parmi les vents de NORD-OUEST (**50.2%**) et OUEST (**0.16%**). (SSMO in Haddad et Ferry. 1993).

b) -Trimestre printanier :

La nette prédominance des vents d'OUEST s'observe avec un pourcentage maximal de (**30.48%**), les vents du NORD OUEST et EST sont moins fréquent représentent respectivement (**17.25%**) et (**13.35%**), les autres directions n'enregistrent pas plus de (**7.25%**). (SSMO in Haddad et Ferry. 1993).

c) -Trimestre estival :

Ce trimestre est caractérisé par des vents de secteurs OUEST, EST, NORD OUEST avec respectivement (**23.45%**), (**17.75%**), (**15.46%**), et pour le vent OUEST (**0.13%**) et pour ce qui est des autre secteurs n'excédant pas (**8.76%**). (SSMO in Haddad et Ferry. 1993).

d) -Trimestre automnal :

Les vents de secteur EST (**20.35%**) , OUEST (**17.75%**), NORD (**15.66%**) et NORD EST (**14.41%**) sont les plus prédominants, les autres secteurs ont enregistré des fréquences inférieurs au prédominants avec (**9.40%**) vent NORD-OUEST (**0.13%**) OUEST (**0.10%**) reste vitesse maximales des 34 à 47 noeuds. (SSMO in Haddad et Ferry, 1993)

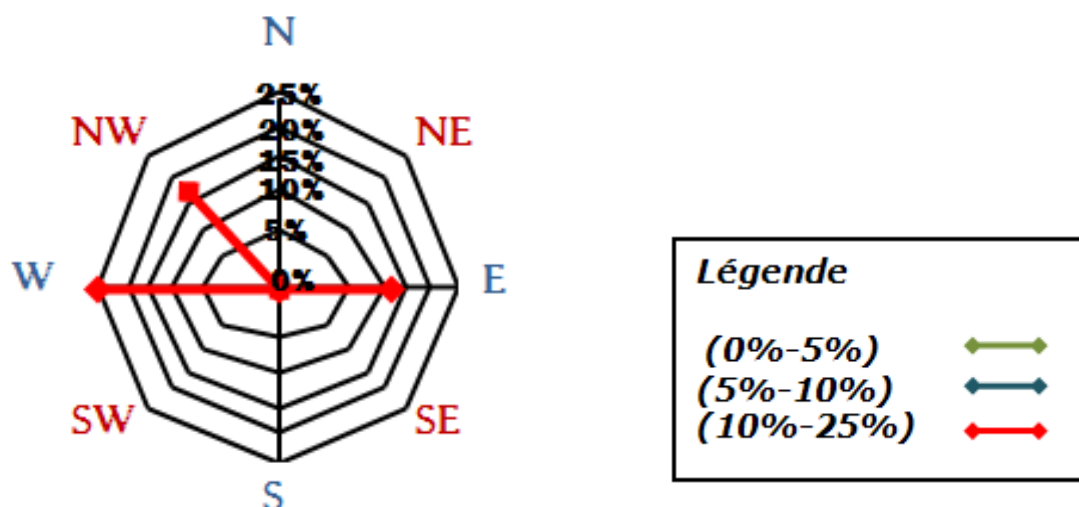


Figure N°I.7: rose annuelle de la direction des vents dans la région d'ANNABA.
'US Naval Command (1963-1970).

Commentaires

Les résultats des mesures des vents au large effectuée par l'U.S. Naval nous a permis de conclure que le secteur **OUEST** est dominant avec (**25%**) et le secteur **NORD EST** avec (**18 %**) et pour le secteur **EST** (**14.60%**). Et que les vents les plus forts proviennent de la direction OUEST.

Tableau N°I.8 : Fréquence des vents les plus forts à ANNABA

Direction	NORD	NORD EST	NORD OUEST	EST	OUEST
Fréquence pour vitesse >17m/s	0.1	0.1	0.8	0.1	1.1
Fréquence totale	9	10.9	16.4	16.7	31

HMI (2008)

1.4.2) cadre oceanique

1.4.2.1) La Marée

La marée est le résultat de deux phénomènes distincts, la marée astronomique liée à l'action de la lune et du soleil sur la terre, et la marée barométrique liée aux variations climatologiques (pression et vents). Ajouté à cela l'effet de la configuration du plateau continental, influe aussi sur le marnage de marée et ce en ayant une pente abrupte ou étalée.

À l'aide du marégraphe, des mesures continues ont ainsi été faites, ce qui permet de connaître l'impact de celle-ci sur l'environnement littoral, et de prévoir ses risques et de s'en protéger.

La Méditerranée est plus connue pour la faiblesse de ses marées que pour leur intensité. Pourtant, à l'encontre des idées reçues, en l'absence d'enregistrement de marée sur le site d'EL KALA on s'est référé aux données d'ANNABA dont le marnage (différence entre les plus basses eaux et les plus hautes eaux) est connue comme **0.90 m**. la marée moyenne à EL KALA est de **+0.40m**,

Le zéro hydrographique (ZH) étant le niveau des plus basses mers, a été établi à la cote **(-0.34) m** NGA (étant le Nivellement Général d'Algérie).

1.4.2.2) Les courants

1.4.2.2.1) Les Courants généraux :

La mer méditerranée limitrophe du pré continent algérien est sujette à une circulation marine très active, tant en surface qu'en profondeur, étant semi fermée avec une seule voie de communication étroite et peu profonde avec l'atlantique qui est le détroit de Gibraltar. Un courant atlantique y pénètre d'OUEST en EST dans un ordre de grandeur de **0.5 à 1 m/s** au large des cotes algériennes (L.Leclaire; 1972) avec une largeur d'environ **50 km**, et qui devient instable. Des tourbillons cycloniques (**100 à 150 km** de diamètre) et anticycloniques qui se développent dérivent vers l'EST le long des cotes. Seuls les tourbillons anticycloniques évoluent pour atteindre des diamètres allant de l'ordre de **100km** et plus en se dirigeant vers le centre du bassin plus ils s'étendent. (Millot, 1987).

1.4.2.2.2) Les Courants côtiers :

Les instructions nautiques signalent l'existence d'un courant général au large portant vers l'Est et pouvant atteindre **2.5 nœuds**. Au voisinage de la côte, il y aurait un courant allant du Cap de Garde vers l'Oued Matrah d'une vitesse maximale de **1.5 nœuds**. (HMI)

Les courants induits par la houle au large ou à la cote sont considérés comme étant les seuls à agir de façon active sur la sédimentation (J.CAULET, 1972- L.CLAIRE, 1972 in (M.Yahi, S.Djerf et S.Lardjane).

Sous l'action de houle oblique un courant de houle prend naissance, et se dirige parallèlement à la cote, il est susceptible de transporter en suspension, ou par charriage des masses considérables de sédiments dans la zone de déferlement de la houle (C.MIGNIOT in (M.Yahi, S.Djerf et S.Lardjane).

On déduit que l'amplitude et l'incidence de la houle sur la côte a une influence sur le sens et l'intensité du transport des courants marins, sans oublier la contribution de part de la configuration topographique et la plage sous marine ainsi que la granulométrie des sédiments.

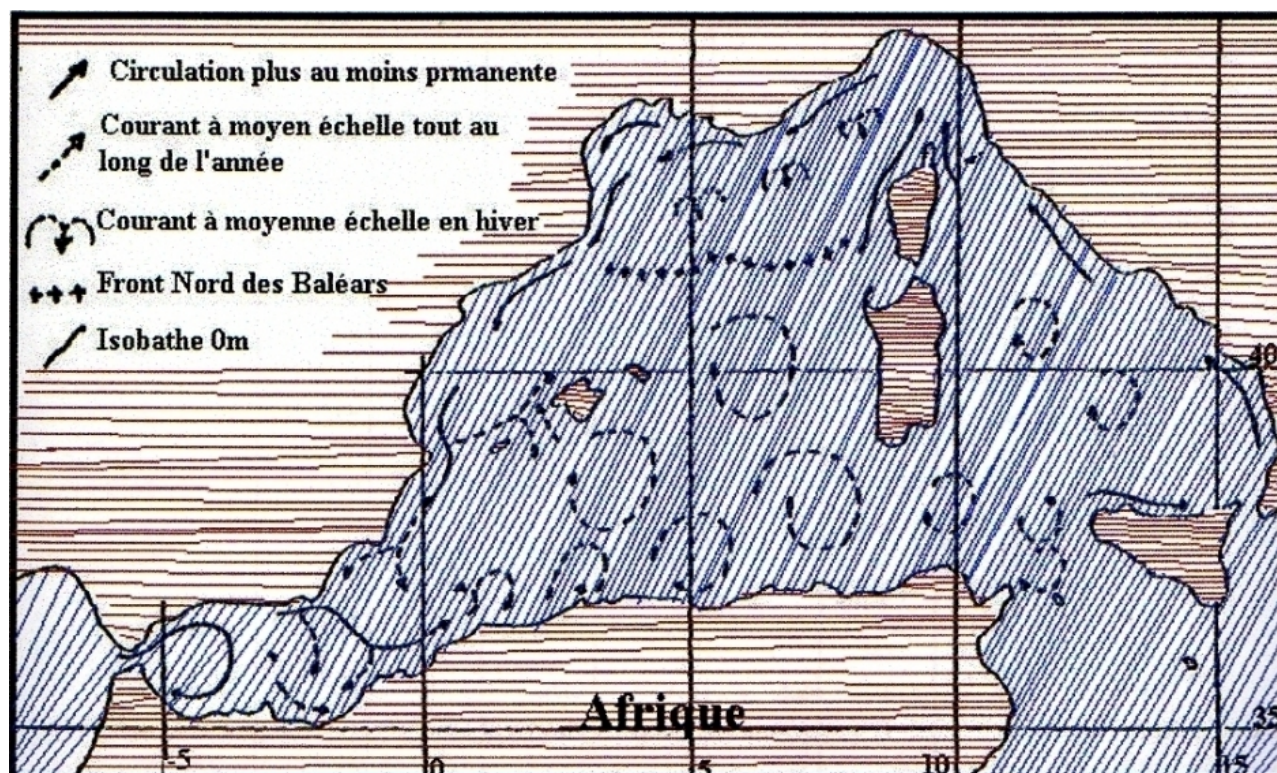


Figure N°I.6 Circulation des masses d'eau d'origine atlantique en méditerranée
(MILLOT, 1987)

1.4.2.3) Les houles

On appelle une houle un système d'oscillations plus ou moins régulières, correspondant à une déformation de la surface de l'eau, et, induites par le vent (A.GUILCHER, 1979).

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

L'analyse des données de la houle au large d'EL KALA a montré que les houles les plus fréquentes proviennent des secteurs Ouest et Nord –Ouest. Les grandes houles viennent surtout de la direction Ouest en hiver et de la direction Est en été. (HMI).

Tableau N°I.11: Conditions extrêmes de la houle au large EL Kala

Période de Retour TR (ans)	NW (315°)		N (0°)		NE (45°)	
	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe Tp (s)	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe Tp (s)	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe Tp (s)
1	6.80	11,5	5,20	10,0	3,80	8,5
2	7,40	12,0	5,60	10,5	4,10	8,5
5	7,80	12,5	6,00	11,0	4,40	9,0
10	8,50	13,0	6,80	11,5	4,70	9,5
20	9,25	14,5	7,30	12,0	5,30	10,0
50	10,00	15,0	8,00	12,5	5,80	10,5

HMI(2008)

Réfraction de la houle

Une étude de réfraction de la houle sur modèle mathématique a été effectuée par LHI. Les directions et les périodes moyens des houles étudiées sont les suivantes :

- Périodes : 6,8 et 10 s
- Directions : 00 N, 350 N, 70 N, 325 N et 300 N.

Les résultats de cette étude sont donnés dans le tableau suivant :

LHI : Lanka Hydraulic Institute (Sri Lanka)

Tableau N°I.12 : Caractéristiques de la houle avant déferlement (houle réfractée à - 20m)

Directions Des houles	Périodes (S) moyenne	Profondeurs (M)	Coefficients de réfraction	Hauteurs de houles réfractées(M)	Angles d'arrivée à la côte (°)
NORD (0°)	6	12.06	0.99	7.31	1.67
	8	16.66	0.98	7.24	2.54
	10	22.48	0.98	7.21	3.53
NORD-EST (35°)	6	10.20	0.97	5.14	30.41
	8	15.76	0.96	5.05	29.70
	10	20.50	0.94	5.04	27.82
EST-NORD-EST (70°)	6	9.78	0.77	4.09	55.35
	8	15.92	0.72	3.86	52.83
	10	23.91	0.87	4.64	59.18
NORD-OUEST (325°)	6	11.64	0.89	7.83	332.7
	8	18.30	0.88	7.71	334.01
	10	23.72	0.83	7.32	337.06
OUEST-NORD-OUEST (300°)	6	12.22	0.40	4.11	320.21
	8	17.43	0.35	3.57	325.53
	10	23.42	0.67	7.02	318.84

HMI(2008)

On conclue que :

Pour des profondeurs situées entre **11m et 23 m**, les houles réfractées sont celles provenant du secteur OUEST-NORD-OUEST, alors que les houles venant des secteurs Nord et NORD-EST sont faiblement réfractées ;

Les houles pouvant avoir un impact important sur le site sont celles venant des secteurs NORD et NORD-OUEST.

La houle maximale après réfraction au large du site de la plage artificielle (**-11,6m**) pour le secteur NO (N325 °) est de **Hs=7,83m**.

CHAPITRE II

CONFORTEMENT DU TALUS

HISTORIQUE DU SITE

Introduction

Vu la dégradation que subissait le talus se trouvant dans la plage piscine EL KALA ;une étude a été faite par HMI en **2007** où un mur de soutènement a été proposé pour être construit et ce afin d'arrêter l'érosion et d'éviter un risque éventuel d'affaissement de la chaussée ,et des bâtiments limitrophes. Ainsi en **2008-2009** réponse a la demande de la DTP d'EL TARF un mur de confortement a été bâti et ce dans les meilleurs conditions, tout en respectant les exigences d'esthétique afin de répondre aux besoins touristiques de la région.

Description des étapes de la construction du mur de soutènement

1) Etat initial de la plage piscine :

Le mouvement affectant ce terrain en pente est un glissement et chute de pierres rocheuses qui, affectent essentiellement les sols cohérents et c'est due en partie aux discontinuités géologiques associées à cela l'effet de l'érosion marine et le ruissèlement des eaux pluviales.



Figure N°II.1:photographie de la plage piscine avant le début des travaux (HMI).

Quand on veut consolider un glissement, peu importe la surface de rupture qu'elle soit circulaire ou plane, il est de la plus grande importance de connaître ses dimensions et d'avoir une idée sur son origine, car le choix de la consolidation en dépendra dans ce cas de figure. Le talus de la plage piscine subit une altération suivi d'une action érosive à la base par l'action de la mer en hiver.

Face aux problèmes de stabilité, la solution consiste à s'affranchir des mouvements de la pente sans les empêcher. Dans ce cas de figure il conclue de concevoir l'ouvrage de telle sorte qu'il ne soit pas endommagé, et ce pour équilibrer les efforts de poussées du talus, en optant pour un mode de construction de sorte que la fondation soit dissociée du sol en mouvement. Le début des travaux s'est effectué en début du mois de **Décembre 2007** par une entreprise locale EDH(Djefel) et le contrôle et suivi des travaux par le bureau d'études **HMI**.

2) Les terrassements :

Les conditions de stabilité étant directement liées à la pente du terrain, le terrassement reste le moyen d'action le plus naturel et nécessaire pour réaliser l'ouvrage. Les terrassements consistent à effectué, des déblais, surtout à l'aide d'engins tels que les pelles mécaniques.

3) La mise en œuvre de la semelle de fondation :

La semelle de fondation est en béton, élément essentiel dans la construction, elle est superficielle de type continue et, permet lorsqu'elle est bien faite, d'éviter les fissures dans les murs. Le sol doit être de bonne qualité et avoir une portance suffisante (élimination de la terre végétale). Ainsi La profondeur dépend de la nature du sous sol, son épaisseur dans ce cas est de **1.5 mètre, 1 mètre** enfouie sous terre et **50 cm** en surface.

Le matériau utilisé est le béton armé ; un matériau composite, résultant d'un assemblage de deux matériaux non miscibles, le béton et l'acier, qui allient la résistance à la compression, tout en ayant une forte capacité d'adhésion.



Figure N°II.2: photographie de la plage piscine au début des travaux (HMI).

4) Le Ferrailage et coffrage du voile du mur en B.A

Dans la mise en place de la semelle, le ferrailage est un point crucial. La semelle reçoit un ferrailage très conséquent. Au coulage de la semelle, des fers en attente doivent être prévus, suivi du coffrage qui est une structure provisoire, utile pour maintenir le matériau en place, en attendant sa prise puis son durcissement.



Figure N°II.3: photographie du Ferrailage et coffrage du voile du mur en B.A au niveau de la plage piscine au début des travaux (HMI).

5) La fin de la construction du mur en BA, des escaliers et des murets de pierres sèches.



Figure N°II.4:photographie du mur en BA et de l'escalier et des murets de pierres sèches(HMI).

A cette étape le mur en béton armé est pratiquement fini muni de barbacanes sorte de tuyaux creux de **10 a 15 cm** de diamètre, traversant le mur de part en part pour faciliter le drainage des eaux ainsi empêchant l'eau de s'accumuler derrière.

Les travaux de construction des murs en pierres aussi sont à leur fin ainsi que les escaliers dont le premier se trouvant au centre et le deuxième à l'EST et ce à fin de faciliter l'accès des estivants à la plage. Un accès pour véhicules est également prévu à l'EST

6) La mise en place du géotube pour la protection du pied du mur

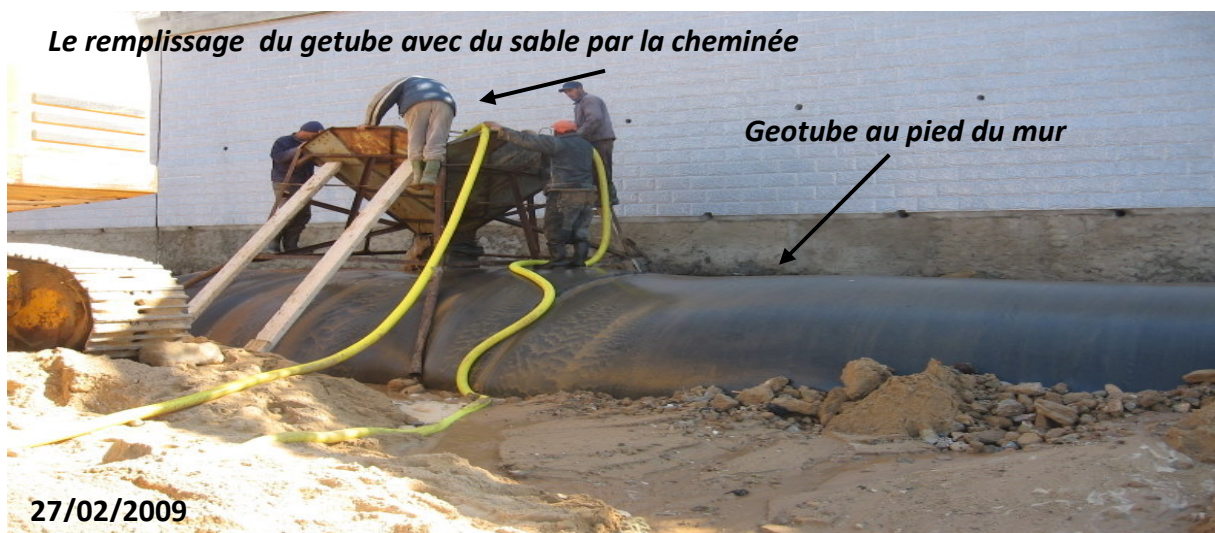


Figure N°II.5:photographie de la mise en place du géotube au pied du mur (HMI).

Les géotubes remplis de sable ci-dessus sont les premiers à être utilisés pour la première fois en Algérie et cela par HMI. Ils ont été mis en place au pied du mur afin de le protéger de l'attaque érosive de la mer et cela sur **172 mètre linéaires**.

Les géotubes sont fabriqués avec des géotextiles tissés en usine chez le fournisseur TEN CATRE Pays Bas (HOLLANDE). La filtration élevée permet au liquide de s'évacuer, tout en confinant les solides. C'est un matériau robuste qui dure à long terme et dont la durée et de vie peut aller jusqu'à **30 ans** maximum tout en ayant un entretien continu, son coût est moindre par rapport aux autres moyens de défense en enrochements ainsi qu'à leur aptitude d'être inerte par rapport aux produits chimiques. Ces géotubes sont remplis à **85%** de sable et **15%** d'eau avec une hauteur pouvant aller de **1.60 mètres** à **1.80 mètres** une fois remplie avec un diamètre initial de **3 mètres**. Sachant qu'il prend une forme d'une ellipse une fois remplie.

Sur ce site **7** géotubes ont été implantés avec des longueurs différentes pour épouser la forme en arc du mur de soutènement :

- **Géotube de longueur de 14,90 mètres : une seule unité.**
- **Géotube de longueur de 20,00 mètres : deux unités.**
- **Géotube de longueur de 30,20 mètres : une seule unité.**
- **Géotube de longueur de 35,30 mètres : trois unités.**



Diamètre \varnothing : 3 mètres

6.1) La définition du géotube :

C'est un long tube en géotextile tissé rempli hydrauliquement par pompage avec des matériaux locaux (sable fin) à l'intérieur du tube. Ceci entraîne la création d'une structure flexible monolithique et continue, qui est très résistante aux forces de l'eau à cause du poids important une fois rempli.

C'est le sable qui est le matériau de remplissage dans ce cas avec un pourcentage de **85%** et **15%** d'eau. Le sable est le plus communément utilisé, du fait de son incompressibilité, sachant que d'autres types de sol peuvent être pompés. Le géotube est fabriqué sur mesure selon les besoins de l'ouvrage dont les dimensions et longueurs dépendent des spécifications de l'étude préconisée pour la construction d'ouvrage maritime.

Il est idéal pour une installation à sec ou à des profondeurs d'eau n'excédant pas **5 mètres**. Le géotextile utilisé dispose de pores fins capables de retenir les matériaux injectés tout en ayant une grande perméabilité permettant l'écoulement de l'eau durant la phase d'injection hydraulique. Essaurage de l'eau sort, le matériau piégé à l'intérieur.

Un géotube est caractérisé par son diamètre qui peut aller jusqu'à **10mètre** de circonférence et sa longueur qui peut atteindre jusqu'à **105 mètres**. Mais après remplissage, la structure géotube n'atteint pas la même hauteur que son diamètre théorique mais plutôt atteint un maximum de **55 à 70%** et ce selon la mise en œuvre et la technique de remplissage, (forme d'une ellipse aplatie à sa base). Voir figure II.6

Dans notre cas les géotubes utilisés au niveau de la plage piscine ont un diamètre théorique de **3 mètres** mais après remplissage il a été mesuré une hauteur moyenne de **1.6 mètres**. (**53%** du diamètre).

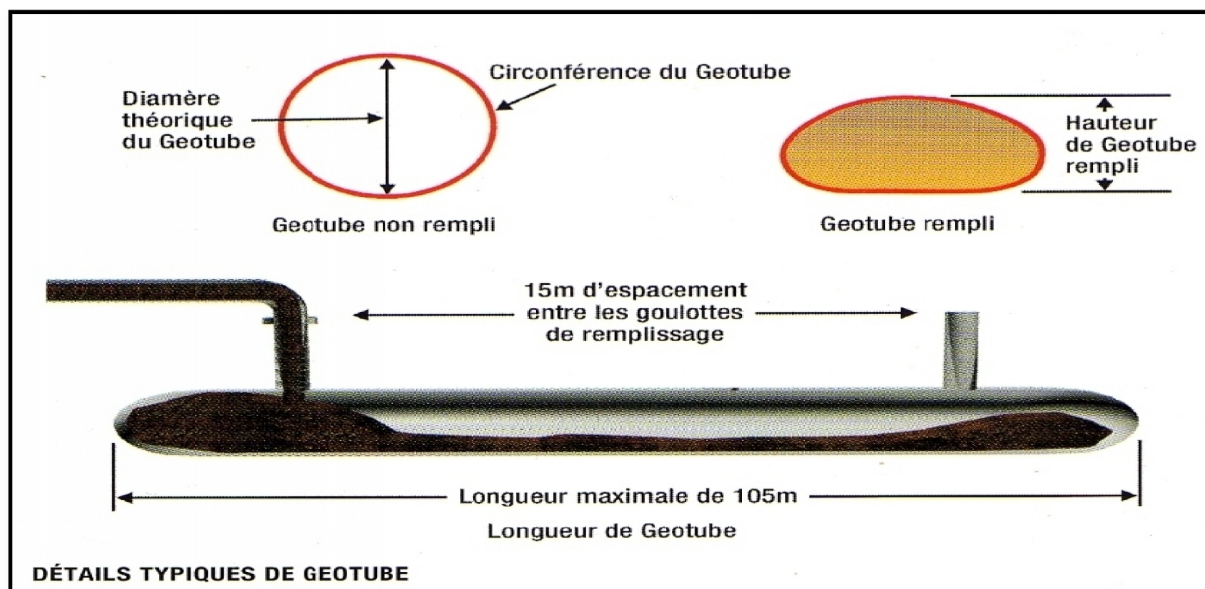


Figure N°II.6:détails des éléments typiques constituant le géotube.

La contribution des géotextiles à la stabilité des ouvrages hydrauliques est souvent sous estimée, notamment parce que leur coûts unitaires est très bas comparé à celui de l'enrochement, dont l'utilisation habituelle pour la protection du littoral au pied des ouvrages maritimes.

Les conséquences de l'érosion engendrées pas les forces hydrodynamiques peuvent aller d'une simple perte de surface de sol à l'affouillement et l'effondrement de structure.

“L'érosion est la déstructuration de surface par arrachement et déplacement des particules d'un sol ou d'une roche sous l'action d'un agent extérieur naturel (eau, air, froid, chaleur, hygrométrie, gel, dessiccation...)” Définition de l'érosion selon la **Comité Français des Géosynthétiques (CFG)**.

6.2) L'usage des géotubes dans la lutte contre les phénomènes d'érosion marine.

6.2.1) Nature des principales applications

Les géotubes sont utilisés dans la construction, dans des opérations d'entretien ou de confortement d'ouvrages existants. Ils interviennent alors en tant que constituants principaux de ces ouvrages, assurant un rôle capital dans leur comportement, essentiellement les fonctions de séparation et de filtration.

6.2.2) Avantages des géotubes en ingénierie littorale:

Au sein des ouvrages de protection contre l'érosion, l'utilisation de produits géosynthétiques présente un certain nombre d'avantages qui concourent à la fiabilité et à la qualité des Construction. Ces avantages sont :

- le remplacement d'une ou plusieurs couches de matériaux granulaires ou de petits enrochements par un produit qui se présente généralement en nappes minces de grandes dimensions, limitant les extractions en carrières et les transports en réduisant les emprises résultantes.
- Les interventions subaquatiques sont spécialisées, réduites et sécurisées.
- lorsque la granulométrie des matériaux facilement disponibles est insuffisante pour que ces matériaux soient stables vis à vis des sollicitations hydrodynamiques, leur confinement par un géosynthétique permet d'obtenir un nouveau matériau, qui constitue alors une partie d'ouvrage,
- l'absence de critère stricts sur la granulométrie des matériaux utilisés, ce qui faciliterait l'habitude de le remplir par du sable local.(réduction du cout)
- Filtration et séparation et ce en ayant une perméabilité faible afin d'empêcher les particules fines de s'échapper tout en permettant le passage de l'eau, sous la forme d'une seule assise sans le rajout d'un enrochement ce qui permettra ainsi de faire des économies.

- retiennent le sol protégé et permettent une dissipation rapide des pressions hydraulique excédentaires.

6.2.3) Action de la houle sur le geotube installé (tempête du 6 Mars 2009).

Le geotube a été particulièrement efficace pour la protection au pied de l'ouvrage « mur de soutènement », dans ce cas, le geotube a été recouvert de sable pour donner l'aspect d'une plage naturelle. Lors du passage de la tempête du 5 et 6 mars 2009, seul le sable sur le geotube a pu être érodé, de cette façon, toute la structure à l'arrière est restée protégée, après la tempête le sable de la plage peut se remettre en place naturellement à nouveau, où il peut être déposé artificiellement pour reconstituer la plage.

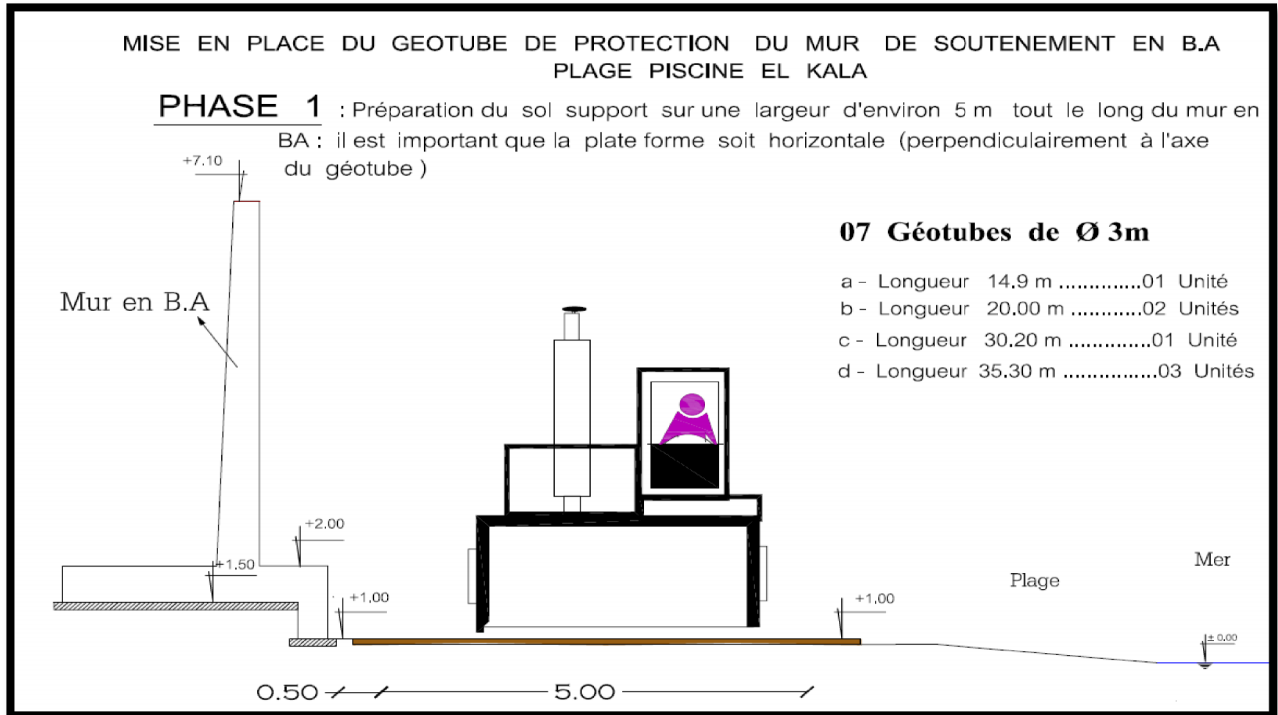
Les géotubes ont été utilisés au lieu des enrochements qui étaient prévus de **1 à 3 tonne**, le bureau d'étude (HMI) a opté pour une protection douce et souple et moins onéreuse avec des moyens matériels rudimentaires et peu de personnel. En substituant l'enrochement usuellement érigé au pied de l'ouvrage qui a tendance à casser la force hydrodynamique, contrairement au géotube qui fait dissiper cette force, et tout cela afin de pérenniser le trait de côte et protéger le pied du mur de soutènement, contre les affouillements, donc pour assurer sa stabilité à long terme. voir figure II.7



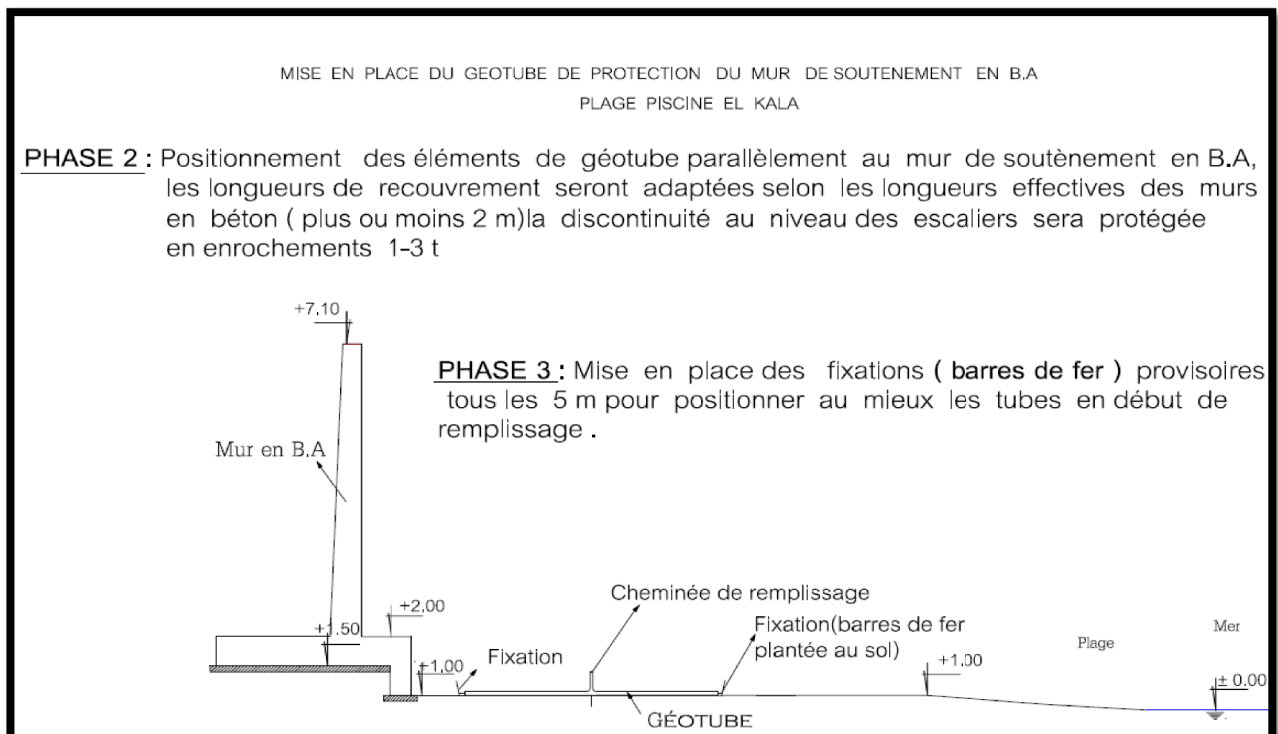
Figure N°II.7: géotube pendant la tempête du mois de Mars.

6.2.4) la mise en œuvre du géotube :

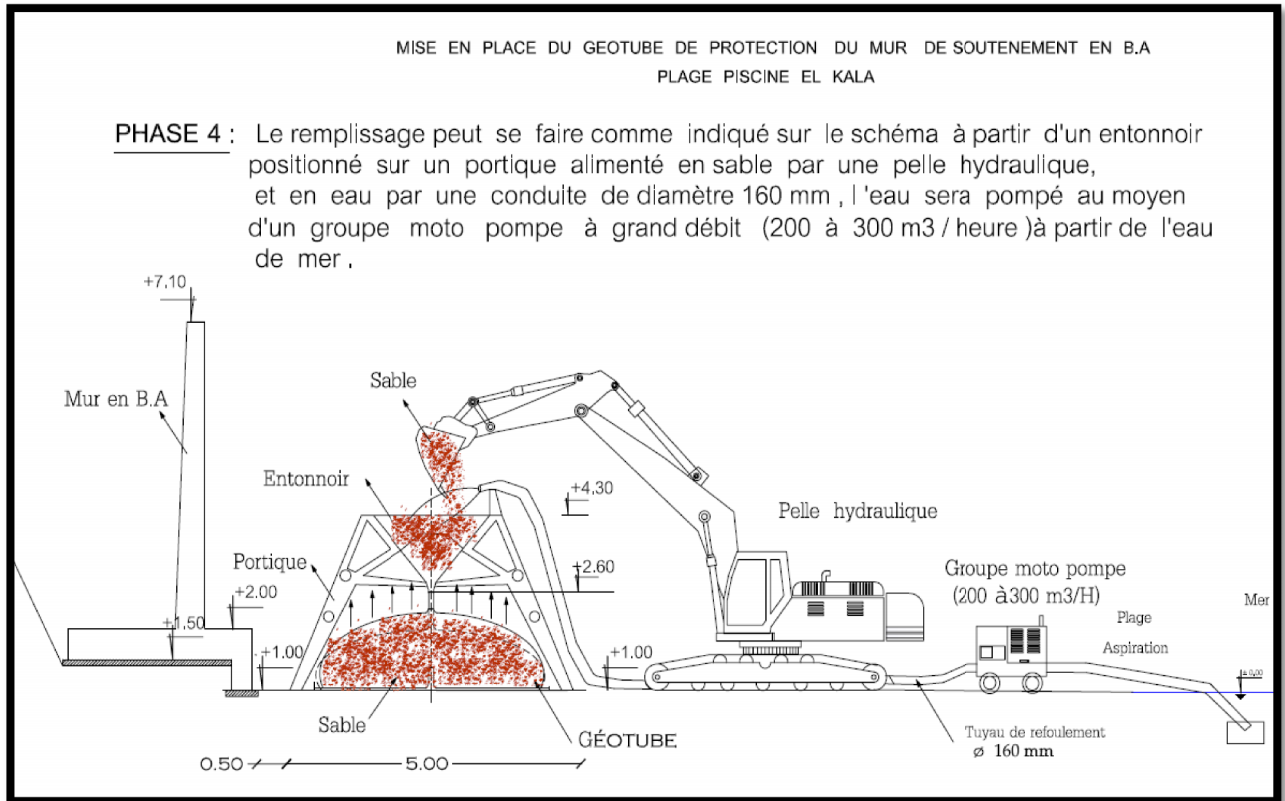
Ces 5 figures montrent explicitement les étapes de la mise en place des géotubes au pied du mur de soutènement au niveau de la plage piscine EL KALA.



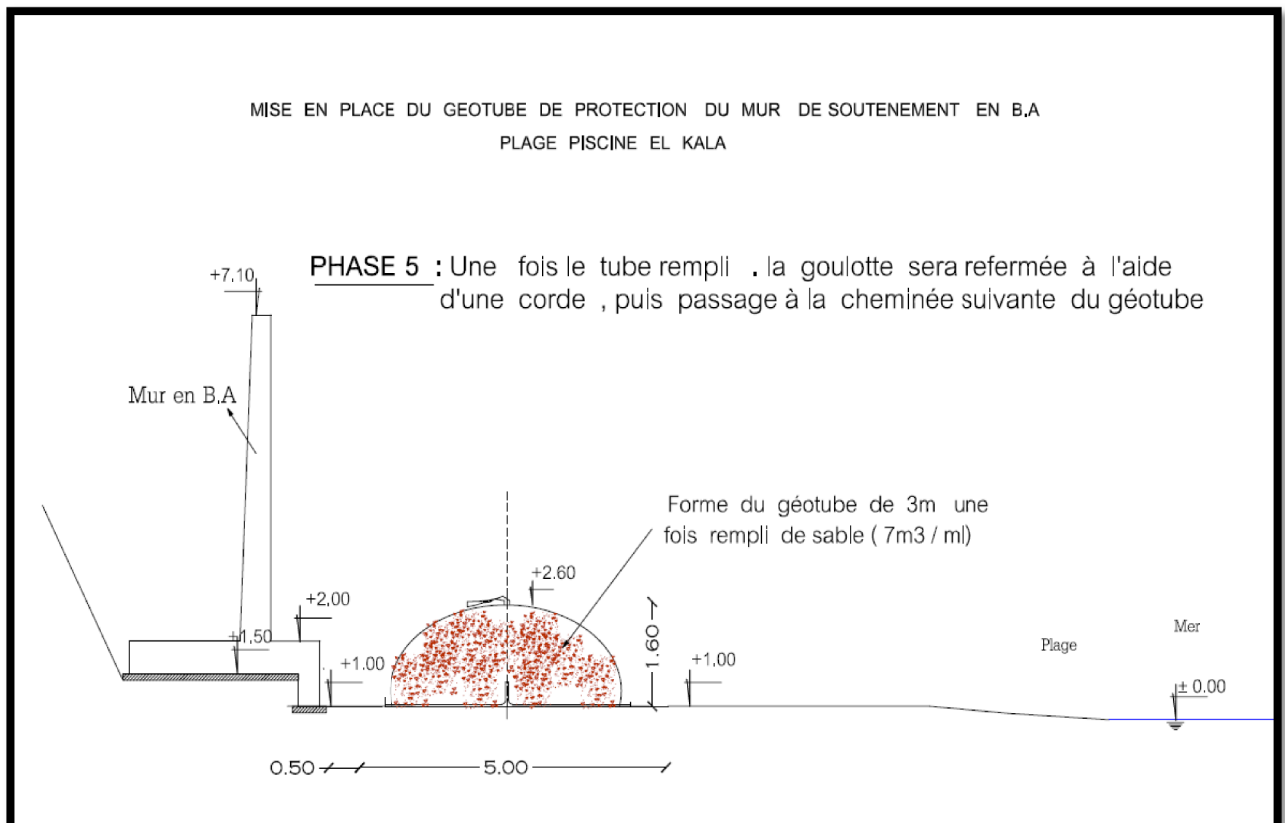
HMI



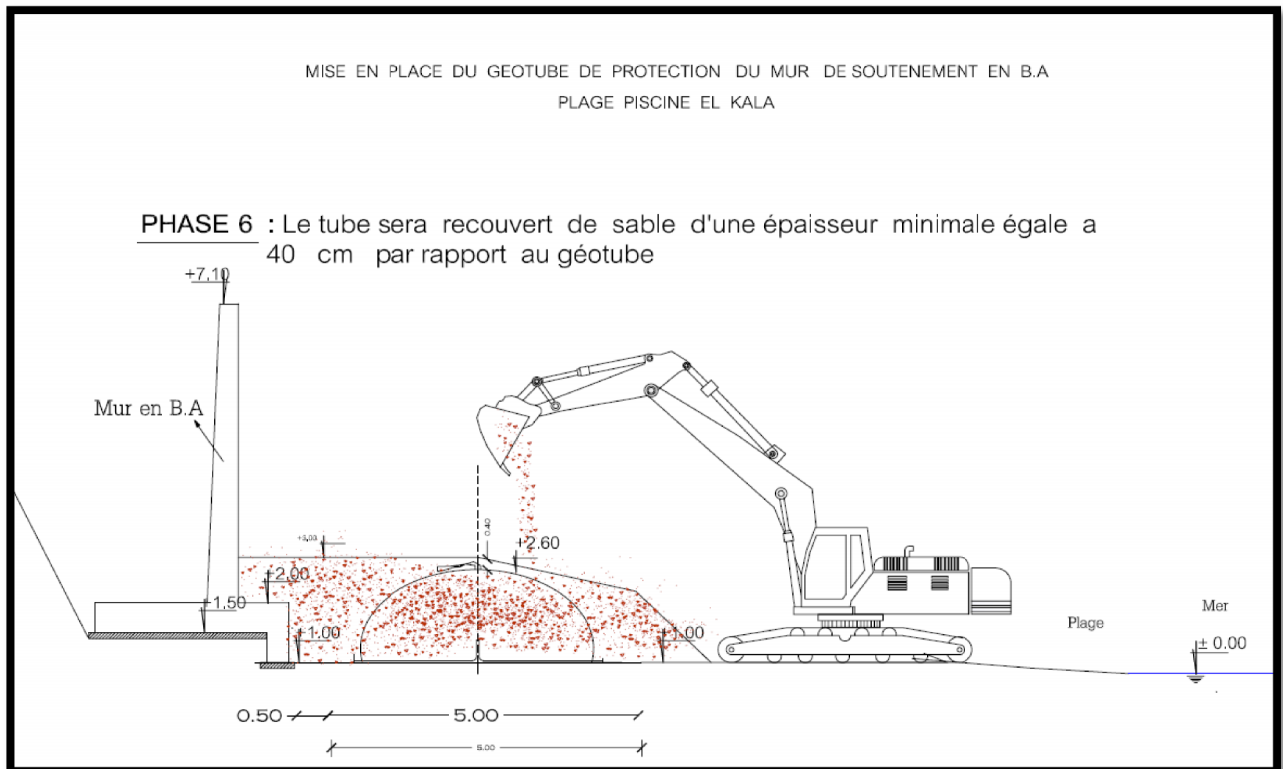
HMI



HMI



HMI



HMI

7) L'achèvement des travaux de confortement du talus de la plage piscine.



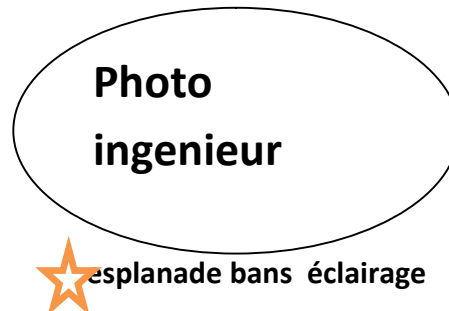
Figure n° II.6: photographie de la fin des travaux (HMI).

L'achèvement des travaux de confortement du talus de la plage piscine a été réalisé dans un délai de **14 mois** et ce entre **2008** jusqu'à **avril 2009**. Exploité à compter du mois de Juin. Le coût du projet était de l'ordre de **72 MILLIONS** de DA.

Ayant en finalité **3murs** de soutènement sur une hauteur globale de **12 mètres** et **185 ml** de longueur.

- Avec un premier mur en béton armé de **5mètres** de hauteur suivi de **2 murets** en pierres sèches de **3.5 mètres** de hauteurs ornés de balustrade.
- Séparés par une esplanade de dalle flottante armée en treillis soudé de **6mètres** de largeur entre le mur en BA et le premier muret de pierres sèche, puis une autre esplanade de **3 mètres** entre les deux murets puis de **3.40mètres** entre le muret et la chaussée.

Trois accès ont été Crès pour l'accès à la plage, un au milieu et un deuxième vers l'Est pour l'accès des vacanciers sous forme d'escaliers, et un **3eme** à l'extrémité Est pour tout engin de locomotion et ce avec **6ml** de largeur et une pente de **5%** environ .Les **3** esplanades sont équipées de bancs métalliques munies d'un éclairage adéquat et d'une route goudronnée tout autour de l'ouvrage dans sa partie supérieure.



Conclusion

Comme un complément à vocation environnementale et esthétique il est souhaitable de faire proliférer une végétation adéquate et cela en faisant planter des oyats. C'est une planter vivace qui plonge ses racines jusqu'à **1,50 mètre** dans le sable.

Les oyats ralentissent l'érosion, retiennent le sable et ce ci servira d'enveloppe à la surface du geotube ce qui permet d'assurer une protection complémentaire.

CHAPITRE III

DÉSCRIPTION DU SITE

Introduction

Afin de faire croître le tourisme balnéaire au niveau de la ville d'EL KALA un aménagement de réhabilitation de la plage piscine s'impose, car elle manque de sable et de protection contre la houle et dont une grande partie est rocheuse ce qui n'est pas évident pour l'utilisation des estivants. A ce terme la DTP de la Wilaya d'El Tarf, suite à une consultation restreinte a confiée au BET HMI l'étude d'une plage artificielle à cet endroit en Novembre 2009.

Un état des lieux est primordial pour la reconnaissance des lieux. Pour cela deux missions de reconnaissance sur site ont été organisées par le bureau d'études HMI, la première s'est déroulée sur le terrain du 22 au 25 novembre 2009 (4 jours) et la deuxième du 28 février au 3 Mars 2010 (4 jours), Ces deux missions comprennent :

- **le levé topographique sur une bande de 40 x 375 ml, soit 1.5 ha;**
- **Le levé bathymétrique sur une surface de 4 ha (200 x 200 ml) ;**

Ces informations serviront à l'étude d'injection et d'implantation de la plage artificielle notamment pour la quantification des matériaux à mettre en place et l'élaboration des variantes d'aménagement par un ouvrage de protection contre l'effet de la houle.

3.1) LEVE TOPOGRAPHIQUE

Étymologiquement, la topographie (du grec topos, « lieu ») consiste à représenter graphiquement un lieu sur le papier à fin d'élaborer un plan topographique. L'opération correspondante est le levé topographique et ce à partir d'informations obtenues sur le terrain.

Un plan couvre en général une surface limitée, et cela avec une grande échelle (de **1 : 500** à **1 : 2 500**), de sorte que tous les détails du paysage peuvent y être représentés rigoureusement. A ce titre le plan topographique conserve partout une valeur métrique. Un levé a été réalisé au niveau de la plage piscine selon 9 radiales dans un quadrillage de maillage de **20x20m**.

3.1.1) CANEVAS DE BASE

Il a été réalisé un canevas de points de polygonaion afin de définir un système de coordonnées et cela en UTM, un système de coordonnées qui permet de représenter les coordonnées géographiques d'un point du globe terrestre au moyen d'un quadrillage basé sur la projection dite de Mercator. Ces repères géodésiques devront servir de base aux levés exécutés. Le canevas se compose de trois (03) points, une borne déjà existante issue du levé topographique effectué lors de l'aménagement du port d'EL KALA par HMI, ces trois points sont matérialisés et répartis de façon homogène sur l'ensemble de la zone des levés.

Tableau N°III.1: Coordonnées des repères géodésiques au niveau de la plage piscine d'EL KALA

STATIONS	X (m) (Locale)	Y (m) (Locale)	Z (m) (NGA)
ST3	449804.548	4083665.235	+ 9.089
ST 12	449858.470	4083749.870	+ 4.500
Borne	449885.412	4083743.435	+ 12.567

3.1.2) RATTACHEMENT ALTIMERIQUE

Les côtes altimétriques des travaux de levés sur site sont rattachées au NGA (nivellement général algérien) grâce à l'exploitation des stations matérialisées par le Bureau d'études Hydro Marine ingénierie HMI « voir Tableau N°1 ».

Les trois stations de base utilisées pour les levés sont comme suit :

- **ST 12**, située en bas du grand rocher de la plage piscine du coté EST.
- **ST 3** situé au centre au niveau de l'esplanade 2.
- Borne, située en haut du grand rocher de la plage piscine du coté sud EST.

3.1.3) ETAPES DE LA REALISATION DU LEVE

IL existe différents modes d'acquisition de données. Une d'entre elle consiste à mettre un appareil de mesure déterminé qui est le tachéomètre ou appelé la station totale, on l'utilise lorsque les mesures angulaires sont associées aux mesures des distances qui se font grâce a la présence de stadimetre.

Le levé topographique de la plage piscine a été opéré dans un quadrillage de **20x20 mètres** ou seront reportés **x,y** « les coordonnées spatiale » de chaque point de mesure.

On commence par introduire les coordonnées des trois stations établies au préalable qui sont les trois stations de référence, ce qui nous permettra de faire les mesures des autres points en réalisant un cheminement selon **9 radiales**, à l'aide d'un prisme réflecteur qui procède par rayonnements.

Il faut positionner le tachéomètre de manière à ce que l'axe vertical de l'appareil soit perpendiculaire au plan horizontal de la station. Il est ensuite possible de relever tous les points caractéristiques du terrain en déplaçant l'appareil de mesure afin de pouvoir couvrir tout le terrain de l'étude.

Le cheminement consiste à relever les coordonnées du point de la station 2 à partir du point de station 1. Pour que le repérage soit complet, il ne faut pas oublier de relever sur la station 2 la position de la station 1. Les points des stations successifs (station 1, station 2, station 3, ...) s'articulent ainsi les uns aux autres selon des radiales couvrant le terrain.

L'appareil peut enregistrer un code en plus de la position d'un point. Le code permet d'identifier le point relevé, ce qui facilite le travail de dessin à l'ordinateur. Toutes sortes d'objets peuvent avoir leur code (coins, portes de bâtiments, trottoirs, candélabres, tampons, crête de talus, fossés, etc.) pour que l'ordinateur trace automatiquement les traits significatifs entre les points.

Ce tachéomètre est doté d'une carte mémoire pour stocker les mesures effectuées sur terrains et cela afin de pouvoir les transférer sur ordinateur grâce à son logiciel (leica géo office Tools)



approprié à l'appareil ; en général au format (DXF ou DWG). Pour effectuer le report et éditer le plan final cela s'effectue à l'aide de logiciel que ce soit AUTOCAD ou bien COVADIS.

Figure N°III.1:photographie du tachéomètre Leica, modèle TCR 407 de(HMI).

3.1.4) INTERPRETATION DU LEVE TOPOGRAPHIQUE

Selon le report élaboré, un environnement rocheux domine au niveau de cette zone et cela avec la présence d'une plage encastré entre deux proéminence rocheuses qui sont le grand rochet à l'EST et la pointe noire à l'OUEST dont elle a une configuration de petite falaise et cela en ayant des points qui culminent jusqu' **12,32 mètres** de max et des point les plus bas de **1,747 mètres** avec un penchant vers le coté EST.

Les courbes de niveau font apparaître au niveau de la plage une forme de cote basse, surtout cela est observé au niveau de la plage avec des points coté maximum de **2,021 mètres**, du a la présence des géotubes dont certain sont enfouis sous le sable dont les formes hétérogènes fait apparaître ça sur le report, et un point minium de **0,017metre** (trait de cote).

Cette plage a une pente moyenne de **12,12%** avec une longueur moyenne de **155 ml** et une largeur moyenne de **16 mètres**. La pente de la plage se distingue par ses pentes d'un coté à l'autre **13,7%** du coté Ouest de la plage; de **9,63%** au centre de la plage; de **13,03 %** du coté Est de la plage.



Figure N°III.2:photographie de la plage piscine

3.2) LEVE BATHYMETRIQUE

La campagne bathymétrique qui a été établie couvre une surface de **4HA** soit **(200×200)** avec un maillage de **(10×10)**, où la profondeur maximale de sonde a été observée au niveau d'une fosse à **200 mètres** au nord de la cote avec une profondeur de **11 mètres**.

Le levé de zones immergées a été réalisé en couvrant l'ensemble du plan d'eau voulu du bassin enclavé entre la pointe noire et le grand rocher et cela en allant jusqu'à **200 mètres** de distance vers le large.

Ce sondage a été effectué et élaboré avec deux méthodes. La première est définie comme étant un sondage ponctuel et ce de manière aléatoire de sorte de faire un balayage, et la deuxième s'établit selon des radiales rectilignes vers le nord ou sur le long desquelles sont réalisées des mesures bathymétriques parallèles dont la distance est de **10 mètres**.

Ce travail sur terrain s'est déroulé selon des étapes comme suit :

3.2.1) Positionnement des sondes :

En absence du GPS les coordonnées géographiques de l'embarcation sont établies en continue et en temps réel et cela à l'aide d'un tachéomètre ou station totale, type **Leica, modèle TCR 407**, implantée en un point dont on connaît les coordonnées **(x,y,z)**, une des stations de référence ou de polygonation.

L'embarcation est dotée d'un réflecteur, embarqué sur un support nautique, installé le plus près possible du sabot ; un élément qui nous servira à étalonner et calibrer l'instrument.

Le sabot de l'échosondeur type **Furuno FCV 620** est fixe et ne bouge pas et cela afin de permettre une meilleure précision de positionnement des sondes et cela en étant à la verticale d'un moniteur d'affichage des données « profondeurs ».

La communication et le transfert des instructions entre la station à terre et l'embarcation s'effectuent à l'aide d'un émetteur et un récepteur c'est-à-dire deux portables téléphoniques. Cette communication est indispensable car elle permet de synchronisation parfaite des tops et des positionnements avec ceux de l'échosondeur du sondeur.

La station à terre guide l'embarcation sur les profils à élaborer et enregistre les coordonnées (x, y) des points de sondage sachant que z est la profondeur.

3.2.2) Mesure des profondeurs :

À l'aide d'un réflecteur placé sous le sabot de l'échosondeur et cela à différentes profondeurs sachant que la profondeur d'eau est mesurée grâce à un échosondeur de précision à ultrasons fonctionnant en plusieurs types de fréquence installé sur le support nautique.

Le mode de bi-fréquence a été sélectionné pour ce type de sondage, la précision des profondeurs est de l'ordre de **5 cm**.

Les « tops » numérotés et donnés pour chaque profil par la station totale à terre sont communiqués simultanément à l'embarcation sur laquelle l'opérateur inscrit instantanément la profondeur correspondante qui s'affiche sur le moniteur.

Avant chaque intervention, l'appareil est calibré et étalonné à l'aide d'un réflecteur placé sous le sabot de l'échosondeur à différentes profondeurs connues.

La variation du niveau d'eau et les mouvements verticaux de l'ensemble n'influent pas sur les mesures des profondeurs grâce à la parfaite synchronisation de la prise des valeurs et des profondeurs avec la détermination des coordonnées spatiales (x,y,z) de l'embarcation par la station totale à terre qui fonctionne en mode robotisé (signal continu).

3.2.3) Traitements des données

3.2.3.1) Transfert :

L'utilisation du tachéomètre type LEICA implique un transfert d'informations sur un support informatisé et cela grâce à l'enregistrement des données prises sur terrain sur une carte mémoire incluse à l'intérieur du tachéomètre. Le transfert est lancé à travers un câble de type « **RS232** » vers l'ordinateur grâce au logiciel « **Leica géo office outils, sous Windows** ».

Le chargement des données issues du transfert est converti au format de base TXT, afin d'être utilisé par le logiciel de topographie « COVADIS ».

3.2.3.2) Calcul du semis des points et dessin du plan :

A l'aide du module de calcul topo métrique, le canevas et le semis de points sont calculés automatiquement. Le fichier définitif est ensuite utilisé par le module « D.A.O. » dessin assisté par ordinateur pour la sortie du plan à l'échelle choisie (**1/500**) dans notre cas.

3.2.3.3) Report du levé :

Le plan est élaboré à l'aide du logiciel « COVADIS ». Le report totalement automatisé est réalisé à l'aide des modules suivants :

- Le module « D.A.O. » pour tout ce qui est du dessin des plans.
- Le module « modèle de surface » pour générer le « M.N.T. » (Modèle Numérique du Terrain).
- Le module « courbe de niveau » pour la représentation en plan des isobathes.

3.3) INTERPRETATION DU LEVE BATHYMETRIQUE

L'élaboration du levé bathymétrique a permis de mettre en évidence l'importance des tracés des isobathes, effectuées sur la base des points de sondage bathymétriques, réalisés sur une aire de près de **4 ha (200 x 200 m)** permettant de mettre en évidence la morphologie du fond caractérisant la typologie des côtes basses avec des lignes d'égaux profondeurs relativement serrées, avec des cotes très faibles d'où la profondeur la plus importante est de **11 mètres** n'est observée qu'à partir de **200 m** de la plage

D'après le levé bathymétrique on remarque plusieurs pentes en allant vers le large au niveau du site d'étude dont les plus caractéristiques sont comme suit :

- Une pente de **3%** calculée entre le trait de côte et la courbe de **- 3,00m**.
- Une pente de **8%** calculée entre la courbe de **-3,00 m** et la courbe de **-11,00m**.
- Une pente de **12 %** calculée entre la courbe de **-4,00 m** et la courbe de **-11,00 m** (courbes serrées).
- Une fosse est localisée vers le nord au large à **200 m** du trait de côte avec une profondeur de **- 11,79 m**.

4) MOYENS HUMAINS ET MATERIELS UTILISES

4.1) MOYENS HUMAINS : Les moyens humains mobilisés pour ces travaux sur site et au bureau sont au nombre de 5 personnes :

- Un Ingénieur expert, chargé de l'expertise
- Un Ingénieur d'étude expérimenté, Chef de mission, chargés des levés sur site, établissement du plan et du rapport.
- Un Technicien Supérieur Topographe expérimenté, chargé du levé sur site.
- Un porte mire;
- Un marinier.

4.2) MOYENS MATERIELS : Les moyens matériels utilisés pour ces travaux sont

- Une station totale « tachéomètre » de marque **Leica, modèle TCR 407**; (avec accessoires);
- Un sondeur hydrographique de type **Furuno FCV 620** ;
- Un appareil photos numérique type **CANON** ;
- Une sonde manuelle (pour tarage du sondeur);
- Deux Téléphones portables ;
- Un ordinateur portable ;
- Une embarcation motorisée ;
- Logiciels de calculs et de dessins (**Covadis, Autocad, Surfer, Land développement, logiciels de transferts de données**) ;
- Un complément divers (décamètre, peinture....etc.) ;
- Un véhicule utilitaire.

Conclusion

Les deux levés (topographique et bathymétrique) effectués lors de la campagne de reconnaissance nous ont renseigné sur la configuration de la plage aérienne et sous-marine de la plage piscine dont les caractéristiques générales sont issues du levé topographique ; largeur moyenne de **16 m** et d'une pente moyenne de **12 %** en tenant compte du géotube. La longueur moyenne de la plage est de **155 m**.

Par ailleurs le levé bathymétrique que nous avons obtenu nous renseigne également sur le régime hydrodynamisme qui s'exerce sur le site d'implantation de la plage artificielle qui fait que l'énergie de la houle n'est pas atténuée par les fonds marins (frottement et pente) elle est conservée et même amplifiée et cela est dû à l'existence de la fosse à **-11.79mètres** ce qui engendrera une concentration de cette énergie et une diminution du budget sédimentaire de cette plage.

Un apport de sable est nécessaire pour conserver cette plage et la rendre utilisable aux estivants.

CHAPITRE IV

CALCUL DE LA HOULE DU PROJET

4.1) Problématique

Selon le levé bathymétrique effectué au niveau de la plage piscine, plusieurs pentes ont été relevées ; qui sont comme suit :

- Une pente de **3%** estimée entre le trait de cote et la courbe de **-3.00 mètres**.
- Une pente de **8%** estimée entre la courbe de **-3.00 mètres** et la courbe de **-11.00 mètres**.
- Avec la localisation d'une fosse focalisée vers le nord au large à **200 mètres** du trait de cote dont la profondeur atteignant **-11.00 mètres**.

C'est la pente de **8%** calculée qui fera l'objet des calculs de la houle de projet ou de déferlement, et ce pour le prédimensionnement des blocs de carapace du brise lame, qui est projeté et envisagé afin de protéger la future plage artificielle, et cela à l'aide des formules empirique de HUDSON, afin de pouvoir quantifier les matériaux à mettre en place.

Ainsi le levé bathymétrique a pu nous renseigner sur l'hydrodynamisme qui s'exerce sur le site d'implantation de la plage artificielle liée à l'importance des fonds marin et à la présence de la fosse à **200 mètres** du trait de cote, qui fait que l'énergie de la houle n'est pas atténuée par les fonds marin « forte pente » mais au contraire nourrit et amplifiée.

Donc là nous sommes confronté à un problème, c'est que l'énergie de la houle venant du large est conservée et amplifiée, ce qui indique le danger que subit la plage lors du déferlement, et cela par la concentration d'énergie transportée par la lame qui se localisera et se concentrera dans la petite baie où est incluse la plage piscine. C'est pour cela que nous projetons de bâtir un ouvrage longitudinal qui est le brise lame en faisant obstacle a cette force naturelle, et ce afin de faire réduire et diminuer cette énergie qui aura une conséquence néfaste, sur le budget sédimentaire injecté au niveau de la plage piscine artificielle qui sera réalisée par la suite.

Il est recommandé pour un meilleur dimensionnement de l'ouvrage de protection d'effectuer l'étude sur modèle réduit physique 3D (Bassin à houle) et ce avant d'entamer les travaux sur terrain. Sachant que Lors d'un prédimensionnement on prend le cas le plus défavorable, afin de palier à l'ensemble des possibilités désastreuses pouvant nuire à l'ouvrage, car il faut édifier tout en garantissant une durabilité optimale de cet ouvrage sinon sa nuira l'aspect économique du projet.

4.2) le phénomène de déferlement de la houle

Lorsque la houle atteint une cote inclinée, la diminution progressive de la hauteur d'eau provoque l'augmentation de la cambrure des lames $\alpha=H/L$. Ce paramètre caractérise la stabilité des lames, où α_b limite ou au-delà de cette valeur les lames se brisent et ne sont plus stables et se cassent.

Il existe, pour une houle de période T, une valeur maximum du creux H au-delà de laquelle l'onde n'est plus stable, le phénomène qui se produit alors est le **déferlement**.

Actuellement c'est le déferlement à l'approche du rivage qui fait l'objet de l'étude, car il est important de le connaître lorsque l'on projette un ouvrage maritime. (**A.Graillot, 1987**).

La zone de déferlement est une zone dangereuse du fait de la grande quantité d'énergie libérée. Elle est à éviter pour les aménagements côtiers, cependant il arrive qu'on dimensionne les ouvrages pour les creux les plus dangereux.

Différents types de déferlement de la houle existent, mais celui qui nous intéresse est le déferlement plongeant (**plunging**) car c'est le plus dangereux.

Pour les ouvrages de défense des cotes, comme dans ce cas là, le brise lame, la hauteur de houle déterminante est bien souvent celle qui correspond à la plus grande lame déferlante que l'ouvrage puisse rencontrer. Cette hauteur est en fonction notamment de la hauteur d'eau au pied de l'ouvrage, de la pente locale de l'estran de la plage et de la période de la houle (T_p).

Ces paramètres étant fixés on peut déterminer la hauteur de la plus grande lame déferlante possible. Les lames de hauteurs supérieures à celle-ci déferlent avant d'atteindre l'ouvrage, autrement dit il y'a un filtrage naturel des lames qui peuvent atteindre l'ouvrage.

Cela pourrait être réalisé en utilisant l'abaque de (**WEGGEL, 1972**) sachant que les valeurs issues de cet abaque sont des valeurs maximales, car les graphiques traduisent des courbes qui enveloppent des données expérimentales.

4.3) Calcul de la houle de projet :

4.3.1) Données de base

- **Profondeur au pied de l'ouvrage « brise lame » $D_p=3.5$ mètre.**

Déduite selon les calculs faits concernant la distance du brise lame par rapport au trait de cote, dont on verra les détails dans le prochain chapitre 5 .et ce on utilisant cette formule

$$L_1 \geq 1.2 (L_2 + 0.3L) \text{ L.C.H.F.}$$

- **Pente** des fonds après l'ouvrage $m= 0.08$ mais pour faciliter l'utilisation de l'abaque et les calculs nous avons pris $m= 0.07$.
- **Période de pointe T_p (s)** et cela concernant la plus grande houle réfractée à **20 mètres** de profondeur, qui se produit tous les **10 ans** .Le choix a été porté sur cette période de retour et non sur la plus grande période **50 ans**, car ici on est dans un cas qui concerne une protection d'une plage artificielle, dont elle sera sujette à des renouvellements continus. Il faut donc essayer de converger la protection avec la considération du coût. La valeur a été extraite de ce tableau si dessous :

Tableau N°1. IV : Etats de houle extrêmes à la profondeur de 20 m à EL Kala.

Période de Retour (ans)	N15°W		N		N30°E	
	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe T_p (s)	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe T_p (s)	Hauteur de houle Hs (m)	Période de pointe T_p (s)
1	5.0	13.0	4.5	11.0	3.2	9.0
2	5.5	13.0	4.8	12.0	3.5	9.0
5	5.9	14.0	5.1	12.0	3.7	10.0
10	6.5	14.0	5.8	13.0	3.9	11.0
20	7.3	16.0	6.3	13.0	4.3	11.0
50	8.0	16.0	6.9	14.0	4.6	12.0

HMI(2008)

Les houles pouvant atteindre le site de la plage artificielle viennent des secteurs NNO, N, et NNE. Les plus fortes houles viennent du secteur NNO avec une amplitude HS de **8,00 m** à une profondeur de **20 m**. Pour **TR=10 ans**, **Hs=6.5m**

4.3.2) calcul de la houle cote mer (houle de déferlement H_b) :

Et ceci pour une profondeur de 3.5m, et ce pour le prédimensionnement de la carapace cote extérieur du brise lames celui opposant la mer, ainsi que pour le prédimensionnement du musoir de ce brise lames.

$$D_p/gT_p^2 = 3.5/(9.81) \cdot 14^2$$

D_p = profondeur en pied

$$D_p/gt^2 = 0.0018$$

g = accélération pesanteur

T_p = période pointe de la houle

En projetant cette valeur sur l'abaque de (WEGGEL, 1972) croisant la courbe de la pente de plage, qui est de $m = 0.07$ et cela en allant de l'isobathe -3 mètres jusqu'au -11 mètres on aura la valeur comme suit :

$$H_b/D_p = 1.6 \longrightarrow H_b = (D_p) \cdot (1.6) = (3.5) \cdot (1.6)$$

$H_b = 5.6$ mètres

Qui sera donc la houle de dimensionnement (houle de projet).

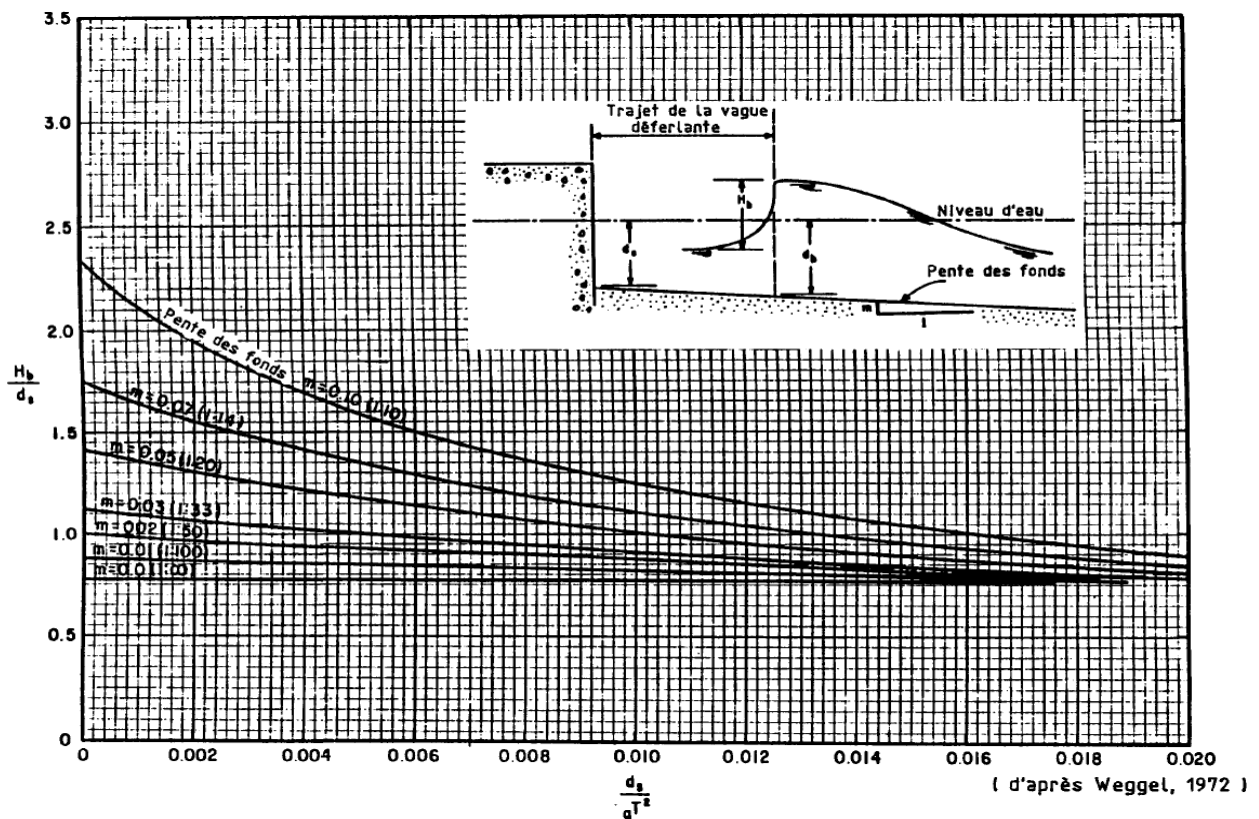


Figure N°1.IV : Hauteur maximale de déferlement en fonction de la profondeur en pied de l'ouvrage

« Weggel, 1972 ».

CHAPITRE V

PREDIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE DE DÉFENSE

Introduction

Les brises lames sont des ouvrages longitudinaux de basses plages à petits fonds. Ils sont constitués d'enrochements ou en blocs de béton, ou bien en geotubes, et ayant pour objet d'atténuer l'impact des vagues en les réfléchissant ou en absorbant leur énergie avant qu'elles n'atteignent le rivage. En provoquant une diminution de l'énergie de la houle cela permet aux sédiments en transit de s'accumuler à leur abri dont ils induisent généralement des dépôts sédimentaires à leurs abris pouvant aboutir à de véritables tombolos. Ils limitent la dispersion des matériaux transversaux lorsque les transports de sédiments sont importants, ils et permettent à la plage qu'il abritent de s'engraisser suffisamment pour fournir un stock tampon mobilisable pendant les tempêtes, tout en maintenant le débit du transport littoral naturel et ce pendant les conditions normales de houle.

Dans le cas de plage artificielle, l'inconvénient qu'offre le brise lames c'est la formation d'une sorte de langue de sable, d'allure triangulaire se développe à partir du rivage dont l'appellation tombolos et qui devient dans ce cas de figure un avantage car on cherche à recharger cette plage. Alors non seulement on contribue à accroître l'espace disponible favorisant l'élargissement et l'expansion de la plage mais encore en même temps la plage est protégée.

On étudiera dans ce qui suit 3 variantes de protection de la plage piscine :

- Variante 1: brise lames immergé en geotube.
- Variante 2: brise lames émergé en enrochements et BCR.
- Variante 3: brise lames immergé en enrochements.

5.1) Première variante : brise lames en geotubes submersible

Des brises lames en geotube submersible peuvent être construits pour éviter l'érosion des plages par l'action des houles. Dans ce type de cas, les brises lames sont des structures submersibles immergées, ce qui oblige les vagues à se briser à leurs bases, et leur fait perdre beaucoup de leur énergie. Les vagues brisées ne disposent pas de l'énergie suffisante pour éroder la plage à leur arrivée, sachant que dans certains cas c'est l'inverse qui se produit, le réengraissement naturel, ce qui engendre par la suite une évolution du trait de côte vers le large.

Les dimensions du geotube sont définies de sorte que la hauteur du remplissage permette de casser la houle et permette d'éviter qu'elle ne dépasse la structure. Au bout d'un certain temps, la végétation marine s'y prolifère à la surface du geosynthétique servant d'enveloppe au tube, ce qui permet d'assurer une protection complémentaire à cet ouvrage.

Le coût dans ce cas là est bien moindre et ce du fait du remplissage par le sable local ou de carrière. Ceci peut être réalisé dans les conditions de faibles profondeurs $D_p \leq 10$ mètres, en prenant en considération comme H_s , la houle influente, celle dont le période de retour est de 10 ans, voir tableau n°1. 4 et cela tout en considérant les trois directions affectant la plage piscine, qui sont respectivement NW, N, NE.

En utilisant la formule de **PILARCZYK (2000)**, qui est relative à la stabilité des geotubes dans les faibles profondeurs, nous pouvons de ce fait se prononcer sur l'emploi ou pas de la structure :

$$H_s / D_b < 1 \quad \text{PILARCZYK (2000)}$$

H_s : houle significative pres de l'ouvrage.

D : largeur ou diamètre théorique du geotube.

b : hauteur ou épaisseur du geotube.

Sachant que l'épaisseur ne doit pas être au delà de 75% et pas en deça de 55% du diamètre théorique, ce sont des critères concernant les caractéristiques physiques du geotube.

Les valeurs prises ainsi que les calculs effectués sont résumés dans ce tableau ci-dessus ;

Tableau N°1. ψ : calcul de la stabilité du geotube

Direction houle	H _s	Diamètre (mètre) (D)	Épaisseur 60%(mètre) (b)	Épaisseur 70%(mètre) (b)	H _s /D _b (60%)	H _s /D _b (70%)
NW	6.5	3	1.8	2.1	1.20	1.03
N	5.8	3	1.8	2.1	1.07	0.92
NE	3.9	3	1.8	2.1	0.72	0.62

Observations

On utilisant une épaisseur de **70%** on peut conclure que le brise lames peut être stable et cela selon l'attaque des trois directions NW, N, NE.

Commentaires

Selon les résultats obtenus de ces calculs, cela veut dire qu'on peut ne pas se contenter d'un seul geotube et d'élever le nombre, en mettant **2** ou **3** par exemple, empilés l'un sur l'autre, est logique vu qu'un seul ne fera pas l'affaire, mais le problème qui se pose c'est que la formule de **PILARCZYK** néglige la pente de l'estran et ne la prend pas en compte, sachant que c'est un élément dont on ne peut se passer, car l'importance dont il aura par la suite influera sur la stabilité de l'ouvrage.

En admettant d'utiliser le geotube immergé à **3.5 mètres** de profondeur, la pente qui s'en suit est de **8%**, sachant que cette dernière étant en hausse tant que nous nous dirigeons vers le large. L'effet que peuvent subir ces grands boudins remplis de sable avec la conjugaison de l'effet de la mer et son énergie qui est amplifiée par la présence de la fosse dont on ne peut négliger l'importance, c'est d'être déplacées et de ne pas accomplir leur rôle de réduction de l'énergie. De plus il aura aussi un incident néfaste sur le coût lié à son installation et réalisation, malgré qu'il sera bien moindre que celui d'un brise lames ordinaire dont la construction usuelle est constituée d'accumulation de matériaux de grande taille (enrochements).

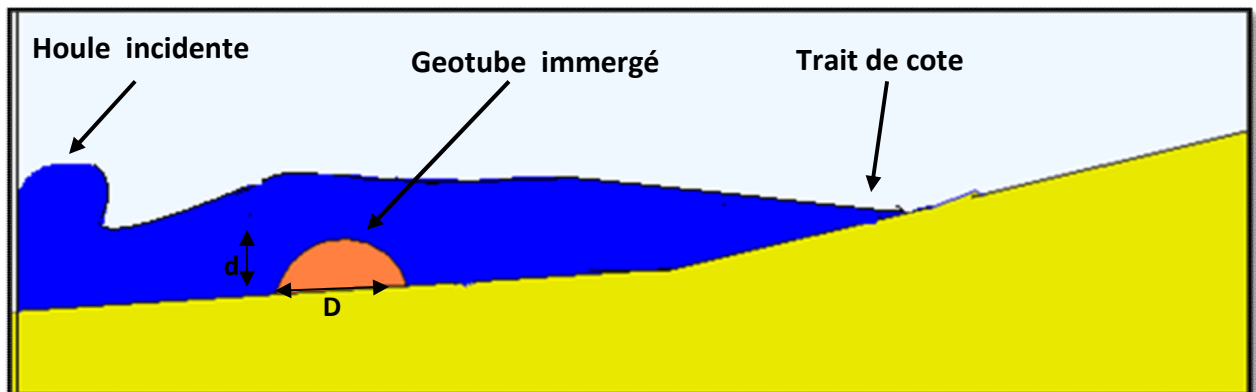


Figure N°1.V : représentation d'un geotube immergé et son effet sur la houle incidente.

5.2) Deuxième variante brise lame en enrochements émergé

Le but c'est de dissiper l'énergie sur un talus d'enrochements (digue à talus); ouvrage longitudinal. Il semble en tout état de cause que les brise lames efficaces sont ceux qui ne sont pas franchis par les vagues, mais ce n'est pas évident à réaliser car on risque de construire un mur d'une grande envergure et couteux.

De tels ouvrages permettent d'obtenir des zones calmes propices à l'accumulation des sédiments et de former des tombolos dont l'importance dépendra des caractéristiques du brise lames.

La longueur de l'ouvrage, sa distance du rivage sont primordiales et ce pour la sécurité des plans d'eau et afin d'éviter la pollution devront être pris en compte. La meilleure solution ne constitue pas forcément celle qui donnera la plus grande accumulation sédimentaire avec des plages qui se raccordent aux ouvrages mais dans celle qui permettra de stabiliser le littoral et un plan d'eau propre à la baignade et ce en évitant les eaux confinées.

Il s'agit dans tous les cas de trouver un équilibre et un compromis entre différents paramètres tout en prenant en considération les facteurs économiques.

5.2.1) Fonctionnement des brise lames

Les brises lames agissent en :

- 1) ils diminuent l'énergie des houles atteignant le plan d'eau derrière son abri.
- 2) Les houles résiduelles étant transmises par-dessus l'ouvrage par franchissement et absorbées au travers de l'ouvrage.
- 3) Il provoque la diffraction des houles à ses extrémités, ce qui en découle un changement du tracé des orthogonales des houles, et qui engendre une avance de la ligne du rivage avec la formation de tombolos.

5.2.2) Influence des caractéristiques du brise lames

De nombreuses recherches ont été réalisées pour tenter de préciser les caractéristiques optimales des brises lames (hauteur, longueur, profondeur d'implantation, distance à la cote,) permettant d'obtenir la formation d'une plage alvéolaire et s'opposer à l'érosion du littoral. Ils dépendent des amplitudes des marées, des houles de mauvais temps, (hauteur, période, longueur d'onde), en plus de tout ça de la pente de l'ouvrage et de la pente des fonds marins.

5.2.3) implantation et détermination de la longueur et dimensionnement du brise lames

Il existe une distance et une profondeur d'implantation optimale, l'efficacité des brise lames parallèles à la cote dépend bien entendu de leurs distances par rapport à celle-ci, mais aussi

Parallèlement, de leurs longueurs. S'ils sont trop éloignés leur efficacité diminue, à moins de leur donner une longueur appréciable, et ce pour minimiser l'effet de la houle diffractée à leurs extrémités. Par contre s'ils sont trop près du rivage, le bassin de dissipation du brise lames est trop petit pour absorber la dissipation de l'énergie de la houle après déferlement, lorsque la hauteur de la structure bien sur autorise son franchissement.

Il faut aussi tenir compte de la bathymétrie qui influe sur le coût et la structure de l'ouvrage, directement en fonction du volume des matériaux nécessaires et des problèmes liés à son exécution, indirectement à travers les sollicitations dues à la houle qui tiennent compte de la propagation de la houle depuis le large.

les études faites au L.C.H.F. (Laboratoire Central d'Hydraulique de France) ont montrés que pour un brise lames d'une longueur L_1 puisse provoquer la formation d'un tombolo se raccordant à l'ouvrage, il faut que les limites d'expansion de la houle, issues de chacune des extrémités de l'ouvrage, se croisent sur le trait de cote.

Il existe donc un rapport entre la longueur du brise lames, et sa distance à la cote L_2 et la longueur d'onde L au point considéré qui se traduit par une formule

Avec :
$$L_1 \geq 1.2 (L_2 + 0.3L) \quad \text{(L.C.H.F)}$$

L_1 : longueur du brise lames ;

L_2 : distance du brise lames à la cote ;

L : longueur d'onde de la houle au point considère.

Aussi le **CERC** (Coastal Engineering Research Center) U.S.A, a élaboré selon plusieurs observations au niveau des plages Que si :

$L_1 < L_2$ pas de formation de tombolo.

$L_1 > L_2$ forte possibilité de formation de tombolo.

$L_1 < 2 L_2$ la formation de tombolo est certaine.

La structure des brises lames de basses plages de petits fonds suivra les mêmes impératifs que celle des digues en mer. On devra en particulier éviter les affouillements au pied des ouvrages et

aux voisinages des musoirs dont la crainte que ces affouillements atteignent **3** a **4** mètres dans certains cas.

- **La hauteur des brises lames :**

Un brise lames dépend dans son efficacité en grande partie de sa cote d'arase qui conditionne la hauteur des houles qui le franchissent sans déferler.

la hauteur des brise lames peut être déterminée afin de permettre un franchissement partiel par la houle de projet, sachant que la hauteur définitive ne sera bien déterminée de façon précise que par la suite d'essais sur modèle réduit physique car le nombre de paramètres entrant en jeu est important .

Des expériences réalisées en laboratoire ont montré que si la cote d'arase d'un brise lames doit abaisser, cette diminution rendant l'ouvrage plus vulnérable est peu efficace lors des tempêtes dont elle peut être compensée par la largeur de la crête.

Selon le **CERC** :

Largeur $B=hd \rightarrow 4hd$

hd : (houle de projet)

Hauteur $hd < L < 1.5hd$

B : largeur de la crête

L : hauteur du brise lames

La Formule du cours de modélisation (E.N.S.S.M.A.L)

Cote d'arase hauteur $H : 0.8 < H < 1.3hd$

Largeur de dalle de couronnement : $L > hd$

5.2.4) Caractéristiques des digues à talus

5.2.4.1) disposition générales

En règle générale les ouvrages à talus en enrochements comprennent au minimum trois couches de matériaux de granulométrie différente, et ayant des fonctions bien spécifiques : la **carapace** en enrochements naturels ou artificiels à fort indice des vides de **37** à **63** % supporte directement l'action de la houle ; le **noyau** (généralement massif en tout-venant)constitue le corps de la

digue ;enfin le **filtre** dispose entre le noyau et la carapace, assure la transition entre ces deux couches et le poids de ces éléments ne doit pas être inférieur à **1/10** de ceux constituant la carapace.

5.2.4.2)Caractéristiques des différentes parties de la digue à talus

- a) **Le soubassement** : Le soubassement des ouvrages à talus, entre le terrain naturel et le niveau de fondation de l'ouvrage, est très généralement constitué par des matériaux de qualité suffisante, mais de faible poids unitaire. Il peut s'agir de matériaux extraits sur le site par dragage (graviers, galet) ou de matériaux de carrière de faible granulométrie.
- b) **Le Noyau** : Il doit assurer une transition entre le soubassement en matériaux fins, ou le terrain naturel, et les matériaux plus grossiers du filtre. En général on utilise des matériaux bon marché provenant des carrières proches, matériaux tout venant de carrière **(0-500kg)**.
- c) **Le Filtre** : Le filtre, que l'on désigne aussi comme « sous-couche de la carapace » assure la transition entre le noyau et la carapace .d'une part et il empêche l'entraînement des matériaux fins du noyau, d'autre part. La qualité du frottement entre la carapace et sa sous couche améliore la stabilité de cette carapace. Il s'en suit qu'il n'est pas souhaitable d'avoir des matériaux de poids unitaire inférieur à **W/10**, en partant de la carapace vers le noyau.(W étant le poids des enrochements de carapace).
- d) **La carapace** : 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 .la stabilité de la carapace dépend du poids unitaire des blocs.

Remarque :

Les brises lames non reliés au rivage, sont construits par voie maritime, sont des ouvrages onéreux, même si compte tenu du mode de construction on peut réduire la largeur en tête. Il ya donc souvent intérêt à construire une piste provisoire permettant d'accéder à l'ouvrage, avec les réserves suivantes sur la largeur en tête. Toute fois il est bien évident que si l'ouvrage est trop éloigné cette solution peut ne pas être avantageuse.

5.2.4.3) Calcul de predimensionnement de brises lames émergé.

Le predimensionnement d'une digue à talus ne se résume pas au calcul du poids des blocs de la carapace. Toute fois, cette détermination constitue un élément essentiel. Les deux formules utilisées sont celles de HUDSON et plus récemment celle de VAN DER MEER, mais cette dernière nécessite dans ses calculs le nombre de vagues dont cette donnée est indisponible, il importe de souligner que les formules des ces 2 auteurs sont issues de l'extrapolation des résultats menés en canal à houle.

Toute fois pour le talus cote plage qui est moins sollicité que celui situe cote mer, on pourra raidir le talus ce qui sera bénéfique pour le coût. La formule de HUDSON est une formule empirique s'écrit comme suit :

$$W = \frac{\rho_s \cdot H_s^3}{K_d \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cotg \alpha} \quad \text{HUDSON}$$

Avec :

W: poids des blocs en tonnes ;

ρ_s : masse volumique du matériau du bloc de la carapace ;

ρ_w : masse volumique de l'eau de mer en t/m³ ;

α : pente du talus ;

Kd: coefficient adimensionnelle, de stabilité ;

Hs =Hd: houle de dimensionnement ;

Le calcul de Hd a été effectué dans le chapitre 4 et ce après avoir validé la profondeur d'implantation qui est de 3.5m, calculée après avoir estime la distance adéquate a l'implantation du brise lames par la formule $l_1 \geq 1.2 (l_2 + 0.3L)$ L.C.H.F

5.2.4.4) Coté mer vers le large : détermination du poids des matériaux et épaisseurs**1.1Partie courante :**

a) Poids de la carapace Wp

Kd : 6.8 BCR vague déferlante

Cotg α :2/1

ρ_s : 2.4 t/m³(béton).

ρ_w : 1.028 t/m³.

Hd: 5.6m.

$$W_p = 13 \text{ T}$$

b) calcul de l'épaisseur de la carapace cote mer (t_a)

Pour le calcul de cette épaisseur, on' a utilisé la formule du CERC (Coastal Engineering Research Center).

$$t_a = n * K_t * (w / \rho_s)^{1/3} \quad \text{CERC}$$

Avec :

w: poids unitaire des blocs en béton;

n: nombre de couches (n=2) ;

K_t : coefficient de couche 1.1 pour le béton.

$(w / \rho_s)^{1/3}$: diamètre nominal du bloc en béton.

$$t_a = 3.8 \text{ M}$$

c) calcul du poids de la sous-couche cote mer

$$W_{s/c} = W_p / 10$$

$$W_{s/c} = 1.3 \text{ T}$$

Calcul de l'épaisseur de la sous couche (t_u)

$$t_u = 1.8 \text{ M}$$

5.2.4.5) Cote plage :

a) W interne = $W/10$ Externe W interne = 1.3 T catégorie d'enrochement (1-3t) $W_r = 2T$

b) calcul de l'épaisseur de la carapace cote plage (t_a) cela en utilisant la formule du CERC

w: poids unitaire des blocs en enrochements ;

n: nombre de couches (n=2) ;

K_t : coefficient de couche 1.15 pour l'enrochement.

$(w / \rho_s)^{1/3}$: diamètre nominal du bloc en enrochement.

$$t_a = 1.68 \text{ m}$$

c) calcul du poids de la sous-couche cote mer

$$W_{s/c} = W_p / 10$$

$$W_{s/c} = 0.2 \text{ T}$$

Calcul de l'épaisseur de la sous couche (t_u)

$$t_u = 1. \text{ M}$$

5.2.5) Comparaison entre brise lames et geotube**5.2.5.1) Avantages et inconvénients**

Solution proposée	Avantages	Inconvénients
Brise lames	-Structure fixe	-Cout élevé -délai plus long
Geotube immerge	-Coût minime -délai court réalisation	-Risque qu'il bouge -Risque de déchirure. sol rocheux et vandalisme.

5.2.5.2) Evaluation du cout de l'ouvrage (brise lames émergé).

N°	Matériaux	Unité	Qte	prix unitaire (DA)	Montant
1	BCR 13 T	M ³	23892.4 t/m3	25000	59731000 DA
2	ENR1-3 T	T	86940 t/m3	3500	30429000 DA
3	ENR 0.2-0.5T	T	296.723 t/m3	3500	103855 DA
4	TVC 0-500Kg	T	19448.8 t/m3	2500	3896000 DA

Rajouter a cela amené et replie du matériel en plus de l'installation de chantier qui vaut 10% de cout total.

Le cout total pour l'ouvrage bris lames est de **103.575.8405 DA**

5.2.6) Dimensionnement du brise lame émergé

Hd =5.6m correspondant à une profondeur déduite après avoir utilisé la formule de **L.C.H.F**

$L_1 > 1.2 (L_2 + 0.3L)$ où l'on a émis l'hypothèse que le brise lames est partiellement franchissable.

Après avoir testé les profondeurs comme suit **2** et **2.5** et **3** mètres dont la loi **L.C.H.F** n'était possible à réaliser car tout est lié, il faut cordonner la bonne profondeur dont elle nous donnera le **Hd** et ce qui nous permettra de mieux envisager les dimensions du brise lames.

On a finis par adopter la profondeur **3.5 mètres** celle qui nous a permis de déduire **Hd** et d'avoir des résultats concrets en ce qui concerne la distance du brise lame avec le trait de cote.

Pour le calcul de la longueur du brise lames on utilise **$L_1 > 1.2 (L_2 + 0.3L)$**

Cette loi nécessite le calcul de la longueur d'onde pour cela il existe **3** formules appropriées petit fond qui sont comme suit : **$L = T \sqrt{gDp}$**

Selon le plan bathymétrique entre les deux isobathe de **-3 mètre** et **-4 mètres** a une profondeur de **-3.5 mètre** on a estimé la distance entre cette profondeur et le trait de cote de **110 mètres** .La période T utilisée est de **14** secondes de direction **NW** qui correspond au cas le plus défavorable.

Application numérique à notre cas

$$L = 14 \sqrt{9.81 (3.5)} \longrightarrow L = 82 \text{ mètre}$$

Et quand on remplace cette longueur d'onde on aura **$L_1 \geq 161 \text{ m}$**

Donc **$L_1 = 161 \text{ m}$** .

- CALCUL DE LA COTE D'ARASE ET LA LARGEUR DU BRISE LAMES**Selon les formule CERC**

$$\text{Hauteur } H \longrightarrow Hd \leq H < 1.5hd \quad \underline{\text{AN}} \quad 5.6 \leq 6 < 8.4$$

$$\text{Largeur de la crête } L \longrightarrow hd < L < 4hd \quad 5.6 < 10 < 22.4$$

Selon les formules du cours modélisation

$$\text{Hauteur } H \longrightarrow 0.8Hd < H < 1.1Hd \quad \underline{\text{AN}} \quad 4.48 < 5.5 < 6.16$$

$$L \geq Hd \quad 5.6 \geq 10m$$

- On fixe la hauteur **H 5.50 m**.
- Et largeur de la berme **L 10 m**.

C'est vrai qu'il paraît que cette valeur est un peu grande mais il faut se rendre à l'évidence que les ouvrages de défense soient édifiés en prenant les cas les plus défavorables qui peuvent affecter la zone en périodes de tempêtes.

5.3) troisième variante : brise lames immergé en enrochements.

Mais aussi On peut définir Selon abaque Van de der Meer et Angremond (1992) avec le coefficient de transmission et c'est ce qui nous permet de définir le taux des franchissements, et ceci après avoir défini la houle transmise donc après avoir fixé le taux de franchissement souhaité. Pour cela, on peut utiliser l'abaque suivante (figure n°2) mettant en relation le coefficient de transmission $C_t = H_t/H_i$ avec F/H_i où F est la hauteur de la surface libre qui peut être positive dans le cas émergé et négative dans le cas immergé, (CERC 2006). En utilisant le cas le plus défavorable H_s 6.5m de houle incidente H_i .

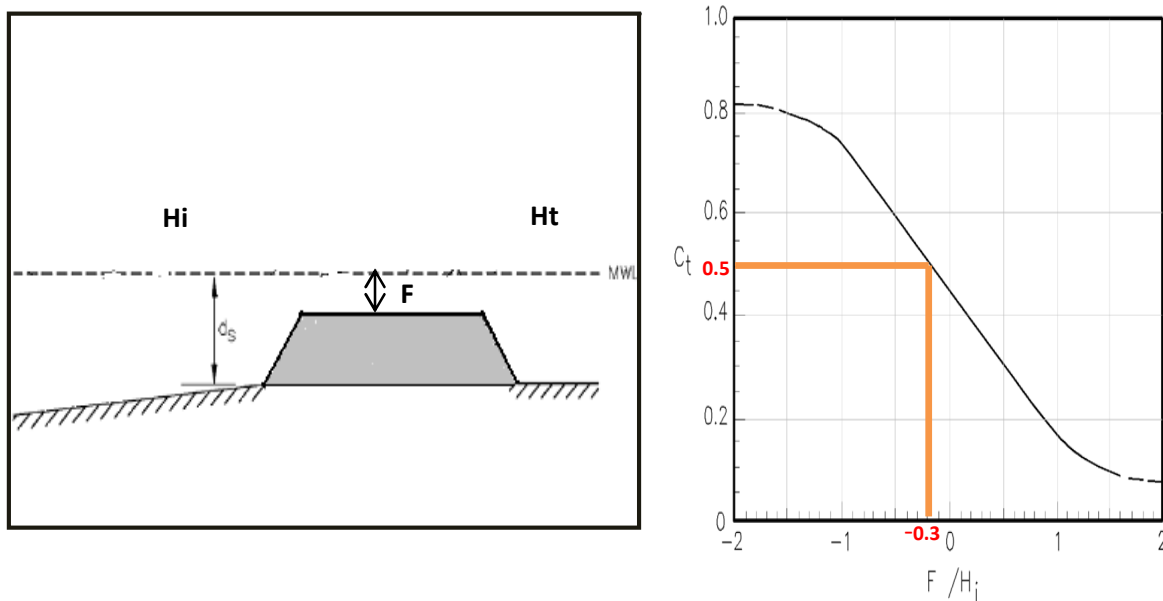


Figure N°2.V: Abaque mettant en relation le coefficient de transmission $C_t = H_t/H_i$ avec F/H_i (Van der Meer 1992).CERC

On admet en général qu'un brise lames immergé crée un amortissement de la houle de 50% si l'ouvrage est à la cote du niveau de l'eau au repos. Cet amortissement diminuera au fur et à mesure que l'ouvrage est plus submergé. Il se traduit surtout par un entrainement des blocs dans le sens de propagation de la houle.

Pour les brises lames nettement immergés la partie supérieure en commençant par les angles nécessite de prévoir une catégorie en enrochements plus importante sur la face supérieure au niveau de la largeur du brise lames.

5.3.1) détermination de la hauteur du brise lames immergé en enrochements.

Pour les ouvrages immergés la hauteur H_t de la houle transmise à l'arrière de l'ouvrage, en fonction de la hauteur H_i de la houle incidente, dépend entre autre de la hauteur d'eau sur le sommet d'ouvrage et de la largeur de la crête.

Un argument parfois avancé pour justifier l'emploi de brise lames immergé consiste à dire qu'il représente une solution esthétique plus satisfaisante. Et un moindre coût à la réalisation.

Si ceci est indéniable, il n'en demeure pas moins que ces ouvrages peuvent constituer un danger pour les baigneurs et les embarcations et il faudra signaler parfaitement leur présence.

Application numérique

Calcul dans le cas de brise lames immergé

On utilise l'abaque de **van deer mer** et cela en voulant dissiper **50%** de l'énergie incidente.

On procède de la sorte :

$$6.5 \longrightarrow 100\% \quad H_t = 3.25 \text{ metres (50 \%)}$$

$$H_t \longrightarrow 50\%$$

$$H_t/H_i = C_t \longrightarrow 3.25/6.5 = 0.5$$

On le fait correspondre dans abaque ce qui nous permette d'avoir $F/H_i = -0.3$

$$F = (H_i) \cdot (-0.3)$$

$$F = (6.5) \cdot (-0.3) = -2\text{m}$$

Donc puisque on est à **3.5 m** de profondeur et $F = -2 \text{ m}$ on aura la hauteur du brise lames immergé de **-1.5 mètres** de hauteur et on prendra la largeur de la crête de **10 mètres**.

Conclusion

C'est vrai que trois variantes ont été proposées et calculées, deux immergées et une émergé ; mais il faut choisir celle qui convient au mieux à la protection de la plage du point de vu d'énergie transmise et de l'incidence des conséquences par la suite et surtout du coût, car il est souhaitable d'édifier un ouvrage pertinent et raisonnable sans pour autant dépenser trop d'argent.

On conclue aussi que les brises lames sont aussi utilisées comme ouvrages de contention et de protection pour la réalisation de plages artificielles avec apport de matériaux.

De ce qui précède nous retenons la variante de la brise lames émergé pour la protection de la plage artificielle d'EL KALA.

CHAPITRE VI

VARIANTE DU HMI

Introduction

Le bureau d'étude **Hydro Marine Ingénierie** (HMI) a reaccommodé deux variantes d'aménagement de la plage artificielle. Au niveau de la plage piscine d'El KALA. Dans ce chapitre nous décrivons chaque variante d'aménagement de la plage artificielle et les profils types de l'ouvrage de protection.

Afin de pouvoir apporter du sable et créer la plage artificielle un dragage et un déroctage des affleurements rocheux existant et s'impose et ce en enlevant environ **1,00 m** d'épaisseur du platier rocheux.

Afin de protéger la plage artificielle qui va être créée de l'attaque érosive de la mer. Une protection est nécessaire contre la houle.

6.1) Description des variantes d'aménagement

6.1.1) Description de la variante n°1 de la plage artificielle voir plan de masse

6.1.1.1) Le plan de masse est composé :

- D'une jetée orientée Est - Ouest et longue de **72 ml**. Elle est fondée à des profondeurs allant de **-2** à **-3.50 m** à l'extrémité du grand rocher où prend naissance la digue actuelle de l'ancien port d'El KALA.
- D'un bassin d'une superficie de **0,70 ha**
- D'une plage artificielle d'une surface d'environ de **0,50 ha**.
- Pour créer la plage artificielle le déroctage du platier rocheux à la cote **0,50 m** est nécessaire.
- La passe d'entrée a une largeur de **25 m**.
- Dans cette variante, un accès routier pour réaliser la jetée est prévu. Sa longueur est de **65 m** et sa largeur de **8 m**. Les dimensions de son couronnement en béton sont de **L x l x e = 65 x 8 x 0,50m**

6.1.1.2) La composition du Profil en travers type de la jetée.

- D'un noyau en TVC (**0 – 500 kg**) arasé à la cote **+ 1,50m**. la pente de talus est de **3/2** côté bassin et **2/1** côté large.

- D'une sous couche, côté bassin comme du côté large, en enrochements naturels (**1 -3t**) arasée à la cote + **3,00m**. Elle a une épaisseur de **2.20 m**, sa pente est de **3/2** côté bassin et **2/1** côté large.
- D'une carapace en blocs cubiques rainurés (BCR) de **15 tonnes** arasée à la cote de + **5,00 m**. La pente de talus est de **2/1**. Cette carapace est prolongée sur **20 m** vers le large.
- D'une dalle de roulement en béton de section **6 x 1,50m**.

6.1.2) Description de la première variante n°2 de la plage artificielle :

6.1.2.1) Le plan masse est composé (voir plan ci-joint).

- D'une jetée orientée Est Nord ouest et longue de 82 ml. Elle est fondée à des profondeurs allant de **0 à - 4.00 m**.
- D'un bassin d'une superficie de **1,00 ha**
- D'une plage artificielle d'une surface d'environ **0,50 ha**.
- La passe d'entrée a une largeur de **30 m**.
- Dans cette variante, un accès routier pour réaliser la jetée est prévu. Sa longueur est de **65 m** et sa largeur de **8 m**. Les dimensions de son couronnement sont de **L x l x e = 65 x 8 x 0,50m**.

6.1.2.2) La composition du Profil en travers type de la jetée.

- D'un noyau en TVC (**0 – 500 kg**) arasé à la cote + **1,50m**. la pente de talus est de **3/2** côté bassin et **2/1** côté large.
- D'une sous couche, côté bassin comme du côté large, en enrochements naturels (**1 -3t**) arasée à la cote + **3,00m**. Elle a une épaisseur de **2.20 m**, sa pente est de **3/2** côté bassin et **2/1** côté large.
- D'une carapace en blocs cubiques rainurés (BCR) de **15 tonnes** arasée à la cote de + **5,00 m**. La pente de talus est de **2/1**. Cette carapace est prolongée sur **20 m** vers le large.
- D'une dalle de roulement en béton de section **6 x 1,50m**.

6.2) Coûts de construction des variantes

6.2.1) Les prix unitaires

Les prix unitaires pris en compte pour déterminer le coût de réalisation de chaque variante sont ceux utilisés par les sociétés algériennes spécialisées dans les travaux maritimes en 2009. Ces prix unitaires sont donnés dans le tableau suivant :

DESIGNATION	UNITE	PRIX UNITAIRE En DA HT
Fourniture, transport et mise en place de TVC (0-500 kg).	T	2 500
Fourniture, transport et mise en place d'ENR (1 -3 t).	T	3 000
Préfabrication, transport, stockage et mise en place de BCR de 15 tonnes en béton dosé à 300 kg/m3.	M3	25 000
Fabrication, transport et mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/m3	M3	20 000
Fourniture, transport, façonnage et mise en place d'armatures de tous diamètres en acier Fe E40.	T	150 000
	M3	15 000
Dragage /déroctage	M2	300
Nettoyage de la plage	M3	1 000
Fourniture, transport et mise en place de sable		

Tableau N°1.VI tableau des coûts des matériaux de construction du projet pour les deux variantes. (HMI) 2010

6.2.2 Estimation du cout des deux variantes n1 et n 2 voir tableau 2.6 et 3.6

N° PRIX	DESIGNATION	UNITES	QUANTITE	PU EN DA HT	MONTANT EN DA HT
1	Installations et repli chantier y compris l'amenée et repli du matériel.	F	01	5370000	60 000 000
2	Fourniture, transport et mise en place de TVC (0-500kg) pour l'accès et le noyau de la jetée	T	17 500	2 500	43 750 000
3	Fourniture, transport et mise en place de TVC (1-3t) pour l'accès et la sous couche de la jetée	T	12 700	3 000	38 100 000
4	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 15 tonnes.	M3	16 300	25 000	407 50000
5	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/M3 pour le couronnement de la jetée et de l'accès.	M3	1 100	20 000	22 000 000
6	Fourniture, transport, façonnage et mise en place d'armatures de tous diamètres en acier Fe E40.	T	35	150000	3 750 000
7	Dragage/déroctage de la zone rocheuse de la plage	M2	2 500	500	690 000
8	Nettoyage de la plage	M3	2 500	1 000	2 500 000
9	Fourniture, transport et mise en place de remblai de sable pour la plage artificielle				
				Montant total HT	600 790 000
				Montant TVA (17%)	102 134 300
				Montant total TTC	702 924 300

Tableau N°2.VI tableau représentatif des coûts de construction de la deuxième variante. (HMI)

N° prix	DESIGNATION	UNITES	QUANTITE	PU EN DA HT	MONTANT EN DA HT
1	Installations et repli chantier y compris l'amenée et le repli du matériel.	F	01	40 000 000	40 000 000
2	Fourniture, transport et mise en place de TVC (0-500kg) pour l'accès et le noyau de la jetée	T	13 400	2 500	33 500 000
3	Fourniture, transport et mise en place d'enrochements (1-3t) pour l'accès et la sous couche de la jetée	T	10 000	3 000	30 000 000
4	Préfabrication, transport, stockage et mise en place de béton dosé à 300 kg/m3 pour BCR de 15 tonnes.	M3	11 150	25 000	278 750 000
5	Fabrication, transport et mise en œuvre de béton dosé à 350 kg/M3 pour le couronnement de la jetée et de l'accès routier.	M3	850	20 000	17 000 000
6	Fourniture, transport, façonnage et mise en place d'armatures de tous diamètres en acier Fe E40.	T	26	150 000	3 900 000
7	Dragage/déroctage de la zone rocheuse de la plage	M3	1 500	15 000	22 500 000
8	Nettoyage de la plage actuelle	M2	2 500	500	1 250 000
9	Fourniture, transport et mise en place de remblai de sable pour la plage artificielle	M3	2 500	1 000	2 500 000
				Montant total HT	429 400 000
				Montant TVA (17%)	72 998 000
				Montant total TTC	502 398 000

Tableau N°3.VI: tableau représentatif des coûts de construction de la première variante. (HMI)

Conclusions et choix des variantes d'aménagement

Selon le levé bathymétrique effectué au niveau de la plage piscine, le premier s'est déroulé sur le terrain du **22 au 25 Novembre 2009 (4 jours)**, et le deuxième du **28 Février au 3 Mars 2010 (4 jours)**, ce qui nous a permis de connaître la morphologie sous marine de la plage qui présente dans sa partie maritime une pente des fonds assez forte variant de **3% à 12%** avec une pente moyenne de **7%**.

C'est de cela qu'on déduit qu'il faut utiliser des BCR cote large, car la pente est importante donc on aura une importante force hydrodynamique (Amplitude de la houle).

La variante N°1 ne diffère de la variante N° 2 que par l'orientation et la longueur de la jetée ainsi que la largeur de la passe d'entrée. En effet la jetée dans la variante N°1 est orientée Est - Ouest et a une longueur de **72 ml** avec une passe d'entrée de 25 m par contre dans la variante N°2 cet ouvrage est orientée Est - Nord Ouest et sa longueur est de **82 ml** avec une passe d'entrée de **32 m**.

Le coût de la variante N°1 est de **502 398 000 DA – TTC** par contre celui de la **variante N°2** est de **705 334 500 DA TTC** soit **29% plus chère**. En conséquence le bureau d'études HMI recommande la **variante N°1**.

Cette digue de protection nous procure l'avantage d'avoir comme vocation d'être un obstacle et de faire face à l'énergie de la houle et de faire en sorte d'en absorber une grande partie, cela afin de procurer à la plage artificielle qui se trouve derrière une stabilité, cela permettra de protéger le sable apporter et éviter la dispersion et la perte de ce dernier, lors de fortes tempêtes.

Le budget sédimentaire utilisé pour l'alimentation d'une plage qui sont estimés a **2500 m³** seront extraits d'une carrière proche, qui sera transporté par des camions et déversé et étalé sur le haut de la plage dont **2 500 m²** seront gagnés sur la mer. A l'aide d'un engin de terrassement. Le profil naturel de la plage s'établira en fonction des tempêtes reçus sur l'ouvrage de protection.

En fin Il est recommandé que cette variante n2 soit testée en modèle réduit physique (3D) en bassin à houle avant sa réalisation, et ce pour s'assurer de sa stabilité hydraulique et optimiser le profil de la jetée propose par HMI.

CONCLUSION

Conclusion générale

On peut contrecarrer le démaigrissement et le recul d'une plage par une alimentation artificielle en sable, en gravier ou en galets. Il s'agit d'une méthode douce qui, en corrigeant le déficit sédimentaire s'attaque à l'origine du mal principal qui ronge le rivage, sans le perturber comme le font les ouvrages de défenses contre la mer. Le jeu naturel des processus dynamiques littoraux, puisque en automne et en hiver, les vagues sont plus hautes et rongent les plages, l'estran rétrécit, car l'équilibre dépend en grande partie du nombre de tempêtes hivernales.

Un préalable important existe, c'est de trouver une source ,proche et aisément accessible ,de sédiments en quantité suffisante et de qualité adéquate .Il est recommandé de recourir à un matériau d'une taille un peu plus grossière que celle du matériau original allochtone. Car si le matériau est plus fin il y aura un risque de dispersion par les vagues, mais si la taille est très très grossière la pente de la nouvelle plage sera plus forte, donc plus réfléchissante d'où un enlèvement plus rapide sur l'estran.

L'étude granulométrique du sable à injecter est primordiale mais pas décisive. Au lieu que l'absence de l'étude soit un handicap, le déficit à relever sera de protéger, par un ouvrage de défense, le stock de sable de carrière qu'on va apporter pour créer la plage artificielle. Car le but c'est de procurer une protection qui stabiliserai et qui éviterai la perte de sable vers le large et de créer un plan d'eau calme en été pour la baignade.

Pour cerner le problème de la création de plage artificielle c'est délicat, car il faut une étude poussée qui touche pas mal de paramètres, de mesures effectuées et d'observations in situ et ce de manière continue, durant toute une année à fin de cerner le rythme d'évolution de la plage et du trait de cote pouvoir extrapoler par la suite pour trouver la solution optimale d'aménagement.

Il ne faut pas se contenter uniquement d'apport de sable lors de la création de la plage artificielle au niveau de la plage piscine car le réensablement doit être renouvelable et continue un engraissememet de la plage est nécessaire une fois tout les 5 ans au moins.

Le manque de données granulométriques nous empêche de définir la longévité de la plage. C'est pour cela que la plage doit être nourrie en matériaux sableux fréquemment, Afin d'augmenter la longévité de cette plage qui est nourrie artificiellement car constamment rongée par la mer.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

AKHZEROU. A, BOUARAF. D, 2005. Travaux de protection de la plage de Ain Chorb (Ex Surcof). Mém. ing. ISMAL, 6, 8, 21-25P.

BONNEFILLE.R., 1980. Cours d'hydraulique maritimes. Masson. Paris. 17P.

BOUKAHEL. C, BERKHAFELLAH. S, 1999. Perspective de protection de la Plage de Stamboul (Bordj El Kiffen) et son environnement. Mém. ing. ISMAL, 108, 109P.

DJERF. S, LARD. S, YAHIS. M, 2005. Travaux de dragage de port de Bou Haroun. Mém. ing. ISMAL, 11, 12, 14, 15P.

FERRY. C, HEDDAD. S, 1993. Environnement Météo-océanographique au large des cotes algériennes et en zone littoral, Mém. ing. ISMAL, option géologie marine .USTHB, 12-32P.

FICHAUT. B, SUANEZ. S, 2008. Etude de faisabilité du rechargement en sable de la plage de la CANTINE (document PDF).

GRAILLOT.A., 1987. Cours de travaux maritimes. Havre cedex France. Tome1, 52-62P.

GUILCHER.Q., 1972. Précis d'hydrologie marine et continent. Edition Masson, 344P.

LECLAIRE.L., 1972. la sédimentation Holocene sur les versant meridional du basin Algero-Baleares (precontinent Algerien) museum histoire naturele. Paris seris. Tome 24, 391P.

MIGNOT.C., Manuel sur l'hydrodynamique sédimentaire et l'érosion et sédimentation du littoral, cours enseigne a l'école nationale des travaux publique d'état a la faculté des sciences d'ORSAY. Paris SUD. 47-78P.

La houle comment s'en protéger, département de la Martinique direction départementale de l'équipement , **chapitre houle de projet**, 3-19P.

Chapitre protection des cotes en enrochement 4-8, 18, 78P.

Chapitre dossier technique EPIS ,BRISE LAMES 14-18P.

MILLOT.C., 1987. the circulation of the levantine intermediate water in the algerian basin, Jour geophysique, Research,Vol.92,nC8:8265-8276.

PASCOF.R., 1993. Cote en danger . coll. « pratique de geographie », Paris, Masson, 45,79,74,84,86P.

PINOT.JEAN-PIERRE., 1998. La gestion du littoral-littoraux tempéré. cote rocheuse et sableuse ,coll « Propos », Paris, institue océanographique, 255P.

SABRI. F, 2004. Travaux de protection de la cote d'Ain Baida (Ex Suffren).

Mém. ing. ISMAL, 11, 12, 28, 35P.

VAN DER MEER., 1990. stabilité statique et dynamique des matériaux non cohérents sous l'action de la houle, édition intitule (coastal protection) traduit de l'anglais par l'ingénieur expert Mer AMARI (LEM) 25, 26, 41, 42P.

Conception et dimensionnement des digues a talus, Janvier 1997. PM.01/
centre d'études technique maritimes et fluviale (document PDF)

APD : AVANT PROJET SOMMAIRE

APS : AVANT PROJET DETAILLE

DAO : DOSSIER APPEL D'OFFRE

Les sites internet

www.ornithomedia.com

<http://fr.wikipedia.org/wiki/EL-KALA>

www.universalis.fr/encyclopedie

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Topographie>