

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 POUR L'OBTENTION DU DIPLOME

DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

**Proposition d'ouvrages de protection par  
méthodes douces (géotextiles)  
de la plage centre d'Azeffoun.**

Présenté par:

- Mme DELMI Nesrine

Soutenu le 13 / 10 / 2012 devant le jury suivant :

M.	Larid. M	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Président
M.	Belkessa. R	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Promoteur
Mme.	Benzouai	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Examinatrice
M.	Hamdane. Y	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Examinateur

Promotion : (2012)

## ***Remerciements***

*J'adresse mes très vifs remerciements et exprime toute ma reconnaissance à mon promoteur le Professeur Rabeh BELKESSA, pour sa confiance, son soutien amical, et ses encouragements, sa perspicacité en s'intéressant vivement à ma recherche. Il m'a dirigé avec compétence et bienveillance en manifestant son souci de développer mes propositions de recherche. Il m'a permis de consolider mon savoir et d'effectuer mon travail avec une qualité inestimable dans les meilleures conditions possibles d'accompagnement et d'aide à la recherche, il m'a toujours soutenu depuis mon cursus de DEUA, d'ingénieur et maintenant de Master en attendant le Doctorat ; et pour tout cela je le remercie.*

*Je remercie Monsieur YOUS Aidane Nacer de la Subdivision des Travaux Publics d'Azeffoun ainsi que l'ensemble de ses collaborateurs qui n'ont ménagé aucun effort pour apporter leur assistance permanente en expliquant jusqu'au moindre détail la réalité pratique du déroulement du projet et pour avoir permis l'obtention de toutes les informations nécessaires pour cette recherche.*

*Une très grand merci à mon Directeur Général du Commissariat National du Littoral Monsieur BEGHOURA Abdelâali qui m'a permis de poursuivre et d'atteindre ce but de pouvoir continuer mes études tout en me permettant de travailler avec amour au sein de cette institution qui m'a tant appris.*

## ***Dédicaces***

*Aux deux grandes femmes qui m'ont toujours encouragé à étudier et qui prônaient l'émancipation de la femme, mes deux grands mère (Hadjouja et Tissime) que Dieu ait leurs âmes.*

*A mon grand père lah irahmou Djedou El Amri qui me manque tant après toutes ses années.*

*A mes parents tant chérie ABDERRAHMEN et DEHBIA qui m'ont offert tous les moyens possible pour réussir dans mes études, le soutien moral ainsi que l'amour sans faille. Vous vous êtes tellement consacrés pour moi sans compter. En reconnaissance de tous vos sacrifices je ne vous remercierai jamais assez sauf avec ma persévérance dans la volonté de toujours de m'élever un peu plus loin et de convoquer la fierté à chaque fois que les conditions sont propices.*

*A mon adorable époux ADEL qui a eu plus de patience que n'importe qui envers moi durant cette année où il a du me partager, avec sa gentillesse, sa générosité et son soutien indéterminé.*

*A notre petite ou petit bout de choux qui fera de notre vie un bonheur.*

*A mes frères adorés Walid et Karim mes deux premiers amours.*

*A ma belle famille HADROU.*

*A mes cousins et cousines, mes tantes et oncles de Constantine et de Yakouren.*

*Toute mon affection et la reconnaissance à mes amis pour le soutien en me conseillant dans les moments difficiles de contribution à ma formation et en m'apportant toute l'attention requise.*

*A Monsieur GRIMES Samir Directeur National de Projet pour ses conseils si judicieux ainsi qu'à tous mes collègues du Commissariat National du Littoral C.N.L.*

*Je dédie ce travail.*

***Nesrine***

## Sommaire

### **Chapitre I : Cadre général d'évolution et diagnostic**

Introduction .....	1
I-1 Situation géographique : .....	3
I-1-1 Baie d'Azeffoun : .....	3
I-1-2 Site d'étude : .....	4
I-2 Caractéristiques de la zone d'étude .....	4
I-2-1 Caractéristiques de l'Oued Tifrest et l'Oued M'Tlata: .....	4
I-2-2 Aspect et évolution du trait de cote : .....	6

### **Chapitre II : Problématique de la zone**

II-1 facteurs d'érosion intervenants dans la zone d'étude .....	9
II-1-1 Aménagement portuaire .....	9
II-1-2 Construction sur le cordon dunaire littoral .....	11
II-1-3 Les aménagements de front de mer : .....	11
II-1-4 Mauvaise conception des ouvrages de défense : .....	12
II-2 Situation et problème : .....	13
II-3 Objectifs de l'aménagement : .....	14

### **Chapitre III : Solution de protection et aménagement**

III-1 Solution proposée : Brises lames immergés en Géotextile .....	15
III-1-1 Généralités : .....	15
III-1-2 Les types de géotextiles : .....	16
III-1-3 Caractéristiques et propriétés les plus importantes : .....	17
III-1-4 Géotextiles utilisés et leurs caractéristiques .....	18
III-1-5 Emplacement et dimensionnement de l'ouvrage de protection .....	20
III-1-6 Technique de mise en oeuvre : .....	27
Conclusion .....	31
Bibliographie .....	33

## Liste des figures :

<b>Figure n°1 :</b>	Situation de la zone d'étude (Azeffoun).....	<b>3</b>
<b>Figure n°2:</b>	Zone d'intervention « Le littoral urbain d'Azeffoun » .....	<b>4</b>
<b>Figure n°3:</b>	Evolution du trait de côte du littoral d'Azeffoun 1980- 2011.....	<b>7</b>
<b>Figure n°4 :</b>	Plage d'Azeffoun durant les années 2005, 2007, 2010, 2011.....	<b>8</b>
<b>Figure n°5 :</b>	Aménagements sur littoral urbain d'Azeffoun.....	<b>10</b>
<b>Figure n°6 :</b>	Plage à gravelets sous forme de croissant de la plage centre d'Azeffoun.....	<b>10</b>
<b>Figure n°7 :</b>	Evolution du littoral de la plage centre d'Azeffoun entre 1980 et 2011.....	<b>11</b>
<b>Figure n°8:</b>	Front de mer de la ville d'Azeffoun.....	<b>12</b>
<b>Figure n°9:</b>	Influence des terres pleines du port d'Azeffoun .....	<b>12</b>
<b>Figure n°10 :</b>	Enjeux à protéger : la plage et la RN 24.....	<b>13</b>
<b>Figure n°11:</b>	Géotextiles de types non tissé , S61et F80 .....	<b>16</b>
<b>Figure n°12:</b>	Géotextile de type tissé.....	<b>17</b>
<b>Figure n°13:</b>	Géotextile système GT1000M.....	<b>18</b>
<b>Figure n°14:</b>	Géotextile pour le tapis anti affouillement de type PP80L.....	<b>20</b>
<b>Figure n°15:</b>	Modélisation de courant retour avec les brises lames immergées.....	<b>20</b>
<b>Figure n°16:</b>	Répartition des boudins par tronçons.....	<b>22</b>
<b>Figure n°17:</b>	Essais en modèle réduit : canal à houle.....	<b>24</b>
<b>Figure n°18 :</b>	Plan du tronçon du boudin .....	<b>26</b>
<b>Figure n°19:</b>	Coupe A-A de brise lame en géotube .....	<b>26</b>
<b>Figure n°20:</b>	Technique de mise en œuvre.....	<b>27</b>
<b>Figure n°21:</b>	Stock de sable destiné au remplissage des géotubes.....	<b>28</b>
<b>Figure n°22:</b>	Balises de positionnement.....	<b>29</b>
<b>Figure n°23:</b>	Phases d'exécution des travaux dans la zone d'étude « La plage centre d'Azeffoun ».....	<b>30</b>
<b>Figure n°24:</b>	Phase actuelle de l'exécution des travaux dans la zone d'étude « La plage centre d'Azeffoun » .....	<b>30</b>

## Liste des tableaux :

<b>Tableau n°01 :</b>	Débits et apports moyens annuels de l'Oued M'Tlata (ANRH, 1997-2000).....	<b>5</b>
<b>Tableau n°02:</b>	Fréquences mensuelles des houles au large par direction (USSMO, 1963-1974).....	<b>6</b>
<b>Tableau n°03 :</b>	Caractéristiques minimales recommandées pour le géotextile des géotubes (STMA, 2010) .....	<b>18</b>
<b>Tableau n°04 :</b>	Caractéristiques minimales recommandées pour le géotextile du tapis anti affouillement (STMA, 2010).....	<b>19</b>
<b>Tableau n°05 :</b>	Dimensions d'un boudin à un remplissage de 70 % (TenCate, 2010).....	<b>24</b>
<b>Tableau n°06 :</b>	Nombre de boudins à mettre en place dans la région du centre d'Azouffoun	<b>25</b>
<b>Tableau n°07 :</b>	Nombre d'unités de system GT1000M avec les nouvelles dimensions... ..	<b>28</b>
<b>Tableau n°08 :</b>	Résultats des essais granulométriques .....	<b>28</b>

## Liste des abréviations :

**ANRH:** Agence Nationale des Ressources Hydrologiques  
**C.E.R.C:** Coastal Engineering Research Center  
**L.C.H.F :** Laboratoire Central Hydraulique de France  
**LEM:** Laboratoire d'Etude Maritime  
**MATE :** Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement  
**O.N.M :** Office Nationale de Météorologie  
**STMA :** Subdivision des Travaux Maritimes d'Azeffoun  
**USSMO:** US Naval Weather Service Command.

## Liste des symboles:

**B** Largeur de la berme  
**C<sub>t</sub>** Coefficient de transmission  
**D** Epaisseur du géotube  
**d** Profondeur d'implantation  
**DCR** Distance critique  
**E** Espacement entre les brises lames  
**G.P.S** Global positioning system.  
**H<sub>i</sub>** Hauteur incidente  
**H<sub>s</sub>** Hauteur significative (houle de projet)  
**K<sub>r</sub>** Coefficient de réfraction  
**l** Longueur de l'ouvrage  
**l<sub>c</sub>** Distance entre l'ouvrage et le trait de côte  
**L<sub>o</sub>** Longueur d'onde de la houle au large  
**M<sub>z</sub>** Taille moyenne des sédiments  
**P** Pente de la plage  
**R** Vecteur résultant  
**r(x, y)** Vecteur tendance  
**R.T.K** Real Time Kinematic  
**R<sub>c</sub>** Côte d'arase  
**S<sub>o</sub>** Cambrure  
**T** Période de la houle  
**Γ<sub>s</sub>** Masse volumique du sable  
**Γ<sub>w</sub>** Masse volumique de l'eau de mer  
**ζ<sub>p</sub>** Paramètre de déferlement.

## Introduction:

Depuis l'antiquité, le littoral en Algérie a été particulièrement convoité. L'ouverture sur la Méditerranée est devenue un lieu d'échange commercial et culturel. Son climat et sa position géographique ont favorisé l'implantation des établissements et des activités humaines.

Cette tendance a été renforcée pendant l'occupation française par le caractère extraverti de l'économie coloniale. Après l'indépendance, cette pratique s'est perpétuée à travers d'importants investissements industriels, rendant cette partie du territoire encore plus attractive.

Le littoral algérien a une façade maritime d'une longueur de 1600 km linéaire riche et variée mais fragile et convoitée, il alterne les rivages rocheux, les plages sablonneuses et zones humides. Toutefois, la population vit dans la bande côtière et cette proposition ne cesse d'augmenter. Cette présence ne cesse de causer de plus en plus de torts que de bien à ce littoral avec toutes ces activités économiques entre l'attractivité industrielle et touristique entraînant par la suite des modifications considérables dans le fonctionnement des transferts sédimentaires entre les plages et leurs compartiments (dune, avant plage, haut plage). Pour protéger le littoral il faudrait identifier et comprendre ces aléas. L'un des aléas le plus pertinent qui est entraîné par ces modifications est l'érosion.

Dans le cadre de mon mémoire de master, le choix est porté sur le littoral d'Azeffoun (wilaya de Tizi-Ouzou) comme zone d'étude, plus précisément la plage centre d'Azeffoun. Ce choix n'a pas été fortuit car suite aux interventions humaines intensives, qui présentent des risques pour les différents équipements implantés sur le rivage côtier (routes, hôtels ...), en 2005 des inondations ont provoqué la perturbation du trafic routier entre les deux wilayas côtières Tizi-Ouzou et Bejaïa (RN 24). Pour faire face aux conséquences néfastes de l'érosion, des travaux de protection seront réalisés.

L'objectif de ce travail est d'apporter des éléments de réponses au problème d'érosion que subit le littoral dans ce secteur, et de donner des explications sur les nouveaux procédés à mettre en place pour y remédier.

Par le passé dans de nombreux sites, des solutions ont été appliquées ; par exemple la construction d'ouvrages lourds de protection ont aggravé l'érosion sur les zones à protéger et les rivages proches. Ces solutions sont de moins en moins utilisées au détriment de solutions plus douces, qui ont une approche plus environnementale. En outre, les infrastructures naturelles littorales se présentent comme des infrastructures dont le rôle majeur est l'augmentation et la préservation de la biodiversité ayant aussi un rôle dans la protection des côtes proches des agglomérations. (Albinet V et all, 1999)

Afin de limiter le phénomène d'érosion inéluctable, il faut d'une part comprendre l'intérêt et le rôle des infrastructures naturelles littorales, et d'autres part envisager des solutions, de préférence, « douces » conçues pour travailler avec la nature en intégrant la dynamique naturelle du littoral et la mobilité du trait de cote. La gestion dynamique du trait de cote est une démarche continue qui varie entre observation et actions et qui durera aussi longtemps que des enjeux seront exposés aux risques côtiers. (Gouguet L, 2010)

Dans notre cas les géotextiles ont été proposés comme solution douce regroupant de nombreux avantages, économiques, écologiques et esthétiques, cette méthode est encore nouvelles en Algérie et fait l'objet de beaucoup de proposition d'aménagements côtiers doux.

Pour répondre à cette problématique, une synthèse bibliographique est nécessaire avant tout ainsi qu'une recherche pointilleuse.

Ce travail englobe trois chapitres qui les sont suivants :

- Chapitre I : Cadre générale d'évolution et diagnostic.
- Chapitre II : Problématique de la zone d'étude.
- Chapitre III : Solution de protection aménagement.

# **Chapitre I :**

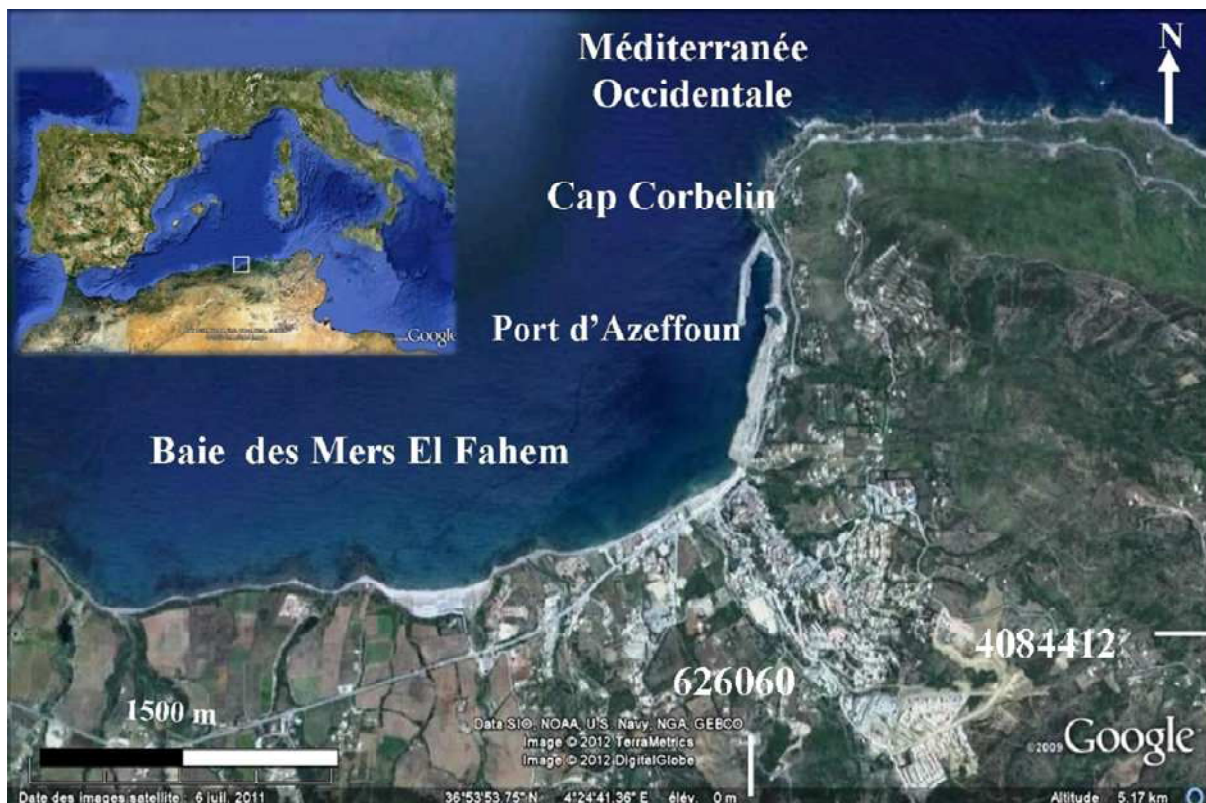
## **Cadre général d'évolution et diagnostic**

## I-1 Situation géographique :

### I-1-1 Baie d'Azeffoun :

La baie de Mers El Fahem se situe à une soixantaine de km à l'Est de la wilaya de Tizi-Ouzou dans la commune d'Azeffoun qui est la plus grande commune littorale de la wilaya, la commune représente: 27,47 km en linéaire côtier, 47,37 km<sup>2</sup> en surface du domaine littoral soit 80 % du linéaire de la bande côtière de la Daïra d'Azeffoun, la baie est relativement ouverte, limitée à l'Est par le Cap Corbelin (Sidi Corchi, nomination actuel) et à l'Ouest par la Pointe Ait Raouna offrant ainsi une large bordure littorale, dont le rivage est orienté selon un axe Nord-Ouest, et ses coordonnées Lambert sont :

- Latitude (Nord) : 36°54'4" et 36°53'28"
- Longitude (Est) : 4°24'59" et 4°23'53"



**Fig.01:** Situation de la zone d'étude (Azeffoun)

### I-1-2 Site d'étude :

Le site choisi est le rivage urbain d'Azeffoun, cela en vue de le protéger contre l'érosion, (voir fig.02), il représente un linéaire de 500m et d'une largeur d'environ 2 à 3m. « La plage centre d'Azeffoun » est limitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud par la RN°24.
- A l'Est par les terres pleines du port d'Azeffoun (cordon d'enrochement naturel).
- A l'Ouest par Oued Tifrest



**Fig.02:** Zone d'intervention «Le littoral urbain d'Azeffoun» Carte de Google earth

## I-2 Caractéristiques de la zone d'étude :

### I-2-1 Caractéristiques de l'Oued Tifrest et l'Oued M'Tlata:

#### a) Bassin versant :

Le bassin versant des deux oueds occupe une superficie de 44.3 km<sup>2</sup> (A.N.R.H 1978), caractérisé par un relief montagneux qui présente des dénivellations très abrupts et des terrains en pentes plus au moins légères de 1/10 à 1/20 vers la mer, il se trouve à une altitude

moyenne de 800 m. Caractérisé par un couvert végétal dense. Ces oueds drainent les eaux pluviales vers la mer sur une longueur qui peut atteindre 7 km pour M'tlata et 4 km pour Tifrest.

b) Débits liquides et apports solides :

La série de mesures relevées provient de la station hydrométrique d'Azzefoun M'tlata (02.08.08) des services de l'A.N.R.H contrôlant 34.3km<sup>2</sup> soit 77% du bassin versant. Les valeurs des débits et des apports annuels collectés les plus significatifs entre 1990 et 2001, sont reportées dans le tab.01.

**Tab.01** : Débits et apports moyens annuels de l'Oued M'Tlata (ANRH, 1997-2000)

Année	Débit liquide (m <sup>3</sup> /s)	Apport solide (hm <sup>3</sup> )
1997 – 1998	0,942943	29,81523
1998 – 1999	0,521239	15,97074
1999 – 2000	0,313172	10,01842

Les résultats obtenus montrent que les valeurs des débits liquides et des apports solides sont faibles. Le débit moyen annuel de l'Oued M'tleta est de 0,592451 m<sup>3</sup>/s; les apports solides annuels sont évalués à 18,60146 hm<sup>3</sup>, sachant que les débits solides sont estimés à partir des débits liquides et des teneurs en suspension. Selon certains auteurs le transport par charriage est estimé à environ 25% du transport par suspension (Larfi et Remini, 2006), ce qui donne un transport solide total d'environ 23.25 hm<sup>3</sup>/an, ainsi, compte tenue de la distance qui sépare le lieu de mesure et l'embouchure, on estime que les apports qui arrivent en mer sont sous estimés.

Les côtes évoluent par les processus d'érosion et de sédimentation engendrés par les mouvements de la mer dû aux perturbations atmosphériques (dépression) qui se traduisent par la formation des houles et des vagues; ces dernières sont plus ou moins forts et rapides et peuvent être même violente c'est ce qui est à l'origine d'une part, de la remise en suspension des sédiments et leurs déplacement, d'autre part, lorsqu'elles sont obliques au rivage, elles engendrent un courant de dérive qui transporte des matériaux.

L'analyse de la houle au large, des côtes algériennes située en longitude Est entre 2° et 5° et en latitude Nord entre 36° 50' et 38° est basée sur des observations (tab.02) faites par l'USSMO, s'étalant sur une période de 8 ans de 1963 à 1970 regroupant 45000 observations.

**Tab.02** : Fréquences mensuelles des houles au large des cotes algériennes par direction (USSMO, 1963-1974) Tab en 10

Direction Période	Nord	Nord- Est	Est	Sud-Est	Sud	Sud- Ouest	Ouest	Nord- Ouest
Janvier	8.10	12.90	18.20	5.00	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	13.30	12.60	4.00	6.00	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.60	4.50	13.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.30	16.00	2.00	4.40	13.70	26.60	10.20
Mai	8.40	26.30	31.90	3.00	3.30	17.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	18.20	16.30	2.00
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	0.90	5.90	16.20	2.00
Août	8.90	27.70	37.40	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.40	40.50	2.20	2.30	4.50	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.30	14.80	28.80	6.90
Novembre	5.40	5.70	10.00	5.10	8.00	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.30	4.60	7.40	15.00	37.10	1.00
<b>Total</b>	8.53	18.51	23.08	3.15	4.18	12.80	25.20	5.62

A travers la lecture de ces données, nous notons que les houles les plus fréquentes sont de secteur Ouest, Est et Nord-Est avec des fréquences d'apparitions respectives de 25,20% 23,08% et 18,51%. En période hivernale, les houles d'Ouest prédominent, à l'encontre de la période estivale, où se sont les houles d'Est et Nord-Est qui le sont.

### I-2.2 Aspect et évolution du trait de cote :

Le littoral d'Azeffoun a connu une dynamique côtière particulière sous l'influence des processus naturels et anthropiques.

Pour dresser un état des lieux de la morpho-dynamique littorale et déterminer les tendances d'évolution de la frange littorale d'Azeffoun, nous nous sommes appuyés sur la superposition des images satellitaires récentes ([Google Earth, 2004 et 2011](#)) ainsi que des photographies aériennes des missions de 1987 et de 1999.

Une méthode a été mise au point à partir du logiciel MapInfo pour la cartographie du trait de côte avec des erreurs acceptables dans la mesure où les évolutions constatées sont importantes. Le trait de côte est assimilé à la ligne de rivage de pleine mer, facilement identifiable sur les photographies aériennes, par la différence radiométrique entre les parties sèches et humides de l'estran ([Dolan et al, 1978](#) ; [Douglas et al, 2000](#)).



**Fig.03:** Evolution du trait de côte du littoral d'Azeffoun 1980- 2011

### Interprétation :

Le recours à la quantification de l'érosion par l'approche spatiale et temporelle s'impose comme une démarche pertinente quant à l'appréciation de l'évolution de la côte.

L'étude des photographies aériennes (1980; 1999) et des images satellitaires (2004 ; 2011) du littoral d'Azeffoun, nous a permis de mieux cerner l'évolution de toute la zone étudiée. Sur l'ensemble de la période étudiée, les valeurs d'évolution mesurées sont très significatives (fig.03)

La plage subit un recul continu du trait de côte qui se manifeste par la formation de croissants de plage et l'apparition de cordons de galets de disposition perpendiculaire à la côte, c'est un indice morphologique indiquant une mobilité des sédiments perpendiculaires au trait de côte dû aux courants d'entraînement. Ce recul est estimé de 20 à 25 m pendant 25 ans, soit un taux de démaigrissement compris entre 0.80 et 1 m/an.



**Fig.04** : Plage d'Azeffoun (2005, 2007, 2010, 2011).

**Conclusion :**

Cette étude a pour principal objectif de faire un état des lieux et d'évaluer l'évolution du trait de côte. La superposition des photos aériennes (1980, 1999) et des images satellitaires (2004, 2011) nous a permis de faire une analyse multi datée pour mettre en évidence les états successifs du trait de côte et pour analyser son évolution entre 1980 et 2011. Les résultats ont démontré des changements très significatifs qui ont atteint le littoral d'Azeffoun ainsi, les images de la figure 04 peuvent en témoigner.

## **Chapitre II :**

# **Problématique de la zone d'étude**

## **II-1 Les facteurs d'érosion intervenant sur la zone d'étude:**

L'érosion côtière est un cycle naturel de déplacement des sédiments causé par l'action combinée de la mer et des facteurs climatiques tels que les niveaux d'eau, les glaciers, les tempêtes les précipitations et le gel-dégel. L'homme y est aussi pour quelque chose car son action anthropique, il favorise largement ce phénomène. Dans notre zone d'étude, ce phénomène semble s'accroître depuis quelques années, ce qui représente une menace pour les activités et les infrastructures de transport situées près des côtes (route). Cette intensification de l'érosion côtière a été bien expliquée dans l'aspect évolution du trait de côte. (Paskoff R et Clus-Aubey C 2007)

L'érosion du littoral englobe à la fois des facteurs naturels induits par les forces marines et d'autres générés ou accélérés par l'homme, particulièrement sur les côtes sableuses (sur fréquentation des cordons dunaires qui détruit la végétation et expose le sable à l'action du vent, extraction de matériaux et ouvrages côtiers qui modifient les échanges sédimentaire, ...). Ces facteurs agissent différemment selon les caractéristiques du substrat et les caractéristiques du milieu. Tous les facteurs doivent être pris en considération lors de l'étude de l'érosion côtière. (Paskoff R, 2006)

Le littoral est depuis toujours un lieu convoité par les hommes car il permet le développement du commerce, de l'industrie et du tourisme. Le rivage et les écosystèmes littoraux subissent de profondes perturbations, liées à ces pressions humaines. Ces perturbations agissent conjointement et placent les plages dans une situation précaire.

L'urbanisation et les activités économiques dont l'interférence croissante dans la zone côtière a transformé l'érosion côtière, processus initialement naturel, en un problème d'intensité visible.

Le littoral d'Azeffoun connaît un développement tant au niveau de l'aménagement des infrastructures portuaires (élargissement du port d'Azeffoun et de ses terres pleins), qu'au niveau des installations urbaines (habitats, hôtels...) au détriment de cordon dunaire. Ces modifications peuvent être l'origine de cette évolution néfaste de ce littoral. A ce stade de l'étude, une description des phénomènes qui ont engendré la situation géomorphologique actuelle est abordée.

### **II-1-1 Aménagements portuaires :**

Ils sont initialement créés pour protéger les habitations et autres constructions urbaines, les épis et digues risquent de perturber gravement le transit des matériaux et de modifier l'évolution du rivage.

Cet aménagement sur le littoral, modifiera le transit littoral et provoquera donc des phénomènes d'érosion. L'élargissement du port d'Azeffoun ainsi de ses terres pleins ont induit une dynamique rapide du trait de côte qui s'est traduit par une érosion importante de la

plage centre ayant déjà nécessité la mise en place de mesures de sauvegarde dont un mur de garde en année 2007.



**Fig.05 :** Aménagements sur le littoral urbain d'Azeffoun.

Cette érosion est due au fait que la configuration géomorphologique de la zone ait été modifiée, en conséquence la modification de direction de la houle et le transfert de son énergie, en créant un courant d'entraînement qui transporte des quantités importantes des sédiments vers le large. On remarque aussi la présence des sédiments grossiers (graviers) sur la haute plage qui indique une forte virulence de la houle à cette endroit (fig. 06)



**Fig.06 :** Plage à gravelets sous forme de croissant de la plage centre d'Azeffoun

### II-1-2 Constructions sur le cordon dunaire littoral :

Les dunes bordières constituent une réserve importante en sédiments qui peut être mobilisée par les vagues lors des tempêtes.

Leur déstabilisation peut être liée tout simplement à la fréquentation touristique, l'extraction de matériaux, tels les granulats, pour les besoins de constructions, crée des dommages importants pour les dunes, qui en sont fragilisées.

Certains moyens de transport, comme les tracteurs, empruntent souvent le même chemin, ce qui à force, crée un chenal et donc une érosion et une déstabilisation de la plage.

Dans notre zone d'étude, les complexes touristiques et les habitations implantés sur les dunes bordières contribuent considérablement à la fragilisation de ces dunes. Ils empêchent celle-ci de jouer convenablement leurs rôle de réserve sédimentaire nécessaire à l'équilibre saisonnier et dynamique de la plage ( fig.07)



**Fig.07** : Evolution du littoral de la plage centre d'Azeffoun entre 1980 et 2011.

### II-1-3 Aménagements du front de mer :

Les villas, les promenades, les routes, ou les parkings, construits sur l'emplacement de dunes voire sur le haut des plages réduisent la largeur de l'estran. Toutes ces constructions sont par conséquent directement menacées des risques d'inondations ou de destruction par la mer, en plus de diminuer le pouvoir de dissipation de l'énergie des vagues par les dunes. Autre conséquence; la nature des sédiments des plages s'en trouve modifiée.



**Fig.08** : Front de mer de la ville d'Azeffoun 2010

#### **II-1-4 Mauvaise conception des ouvrages de défense :**

La mauvaise conception des ouvrages de défense est responsable des modifications dans le transport côtier. Ces interventions, si elles parviennent parfois à résoudre localement le problème, finissent souvent par le déplacer sur les plages adjacentes.



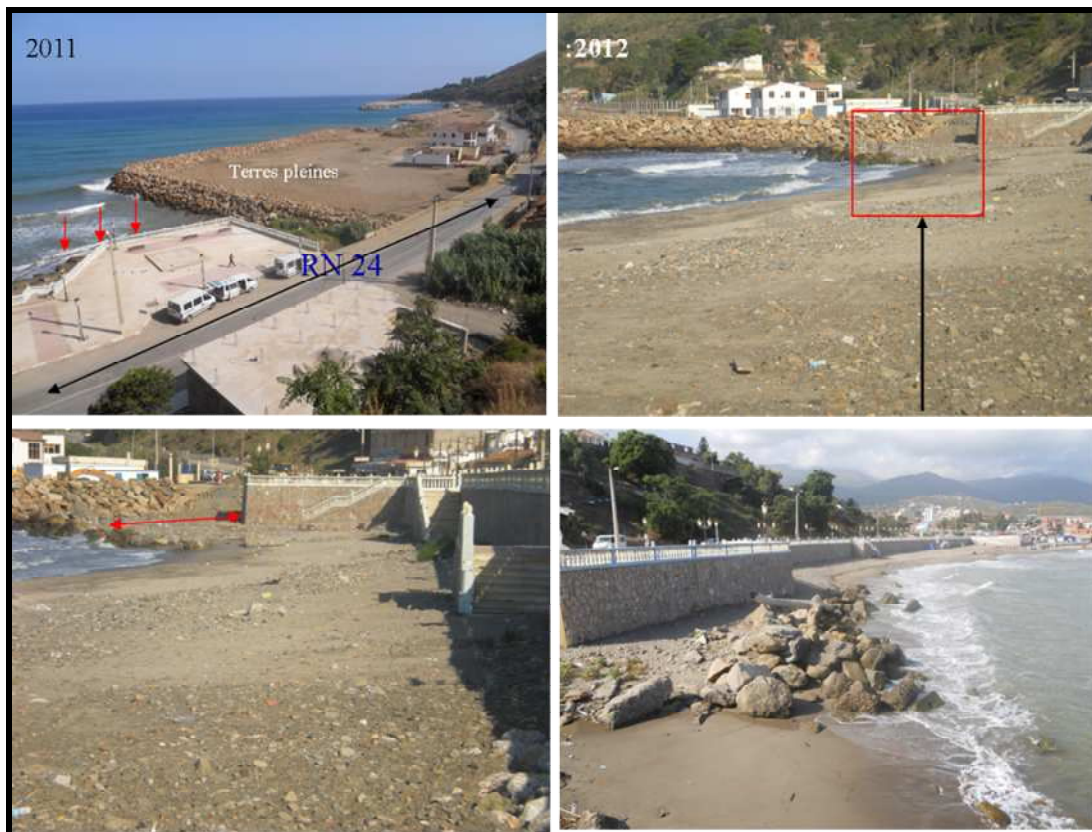
**Fig.09** : Influence des terres pleines du port d'Azeffoun sur l'évolution de la plage centre.

## II-2 Situation et problème :

Le littoral urbain d'Azeffoun correspond à la bordure maritime dont la plage centre constitue l'une des plus belles plages de la commune d'Azeffoun. Contribuant largement à l'attractivité touristique de cette dernière, son impact sur l'économie locale est important.

Au cours de ces dernières dizaines d'années, ce littoral a été perturbé par différents phénomènes naturels mais ou anthropiques (l'expansion des terres pleines du port d'Azeffoun), cette plage est devenue le siège d'une érosion importante qui a entraîné un recul moyen du trait de côte d'une vingtaine de mètres au cours des trente dernières années.

Ce phénomène a entraîné la disparition de la plage et a mis en péril la stabilité de la route nationale RN°24 et toute l'activité économique qui en découle.



**Fig.10** : Enjeux à protéger : la plage du centre d'Azeffoun et la RN 24

Ces espaces présentent donc des enjeux patrimoniaux, des enjeux liés à la protection des biens (économiques, sociaux,...). Compte-tenu de ces enjeux, les acteurs de ces espaces représentés par la **Subdivision des Travaux Maritimes d'Azeffoun de la Direction des Travaux Publics** de la wilaya de **Tizi-Ouzou** ont prévu des aménagements littoraux pour lutter contre l'érosion, en fonction de leurs moyens financiers disponibles.

Le choix de la variante du projet d'aménagement s'est orienté vers une association de techniques innovantes dites "douces", **Brise lame immergé en géosynthétique «Géotube»**

et **rechargement de la plage**, utilisée pour la première fois en Algérie en mer ce qui offre la meilleure solution du point de vue économique, environnementale, touristique et par rapport à stabilité.

### **II-3 Objectifs de l'aménagement :**

Cet aménagement a pour but de protéger la plage centre contre les agressions de la houle frontale, de la reconstituer comme elle été en **1980**, d'éviter la réflexion des vagues sur le mur de haut de plage en atténuant leurs énergies par la mise en place des atténuateurs en géotextiles, d'améliorer la qualité visuelle et urbanistique du front de mer, et d'assurer la protection de la route **RN 24** sans avoir d'incidences négatives sur l'équilibre sédimentaire des plages avoisinantes.

# **Chapitre III :**

## **Solution de protection et aménagement**

Il existe de nombreuses parades face à l'érosion des plages. La distinction entre méthodes « douces » et « dures » se fait essentiellement selon les critères d'impact sur la dynamique sédimentaire naturelle et la réversibilité des ouvrages. Ces critères étant eux-mêmes dépendants du choix des matériaux utilisés, de la souplesse des ouvrages, de leurs emprises spatiales, de l'impact visuel. (ANCRIM, 2011)

Dans ce chapitre nous présenteront la solution proposée « Brises lames en géotextile » tout en définissant le type de géotextile utilisé et en donnant les dimensions de l'ouvrage à mettre en place pour parer à ce problème d'érosion ainsi que la méthodologie de sa mise en œuvre.

### **III-1 Solution proposée : « Brises lames immergés en Géotextile »**

#### **III-1-1 Généralités :**

##### **A. Introduction :**

L'histoire du géotube a commencé suite à une catastrophe naturelle qui a provoqué une chute de digue et la perte de nombreuses vies humaines en Hollande dans les années 50.

Pour éviter que ce désastre ne se répète, les ingénieurs hollandais en hydraulique pensèrent alors à de nouvelles méthodes et des matériaux nouveaux pour construire des futures structures de défenses côtières.

Les systèmes géotextiles sont pour la plupart du temps de meilleurs marchés alternatifs pour des matériaux/systèmes plus traditionnels. Ces nouveaux systèmes ont été appliqués avec succès dans de nombreux pays et ils méritent d'être appliqués à plus grande échelle

Ten Cate répondit en développant la première génération de géotextile tissé de filtration pour faire du renforcement et pour lutter contre l'érosion dans les structures de protections côtières.

##### **B. Définition :**

Les géotextiles sont des matériaux perméables qui se présentent sous forme de nappe, habituellement fabriqués avec des matériaux à base de polymères synthétiques. Ils sont utilisés en génie hydraulique et associés à des matériaux granulaires, comme partie intégrante des ouvrages hydrauliques. Les géotextiles ont une famille de matériaux en forme de nappes appelés géosynthétiques. Des fonctions de bases sont à prendre en considération: La séparation, la filtration, transmission, le renforcement et la protection.

Ils visent à maintenir le sable et peuvent être employés perpendiculairement (ex. : épis lorsque la dérive littorale domine) ou longitudinalement par rapport au rivage, par exemple pour armer le cœur d'un bourrelet dunaire à l'arrière d'une plage.

##### **A. Avantages :**

L'impact visuel des ouvrages en géotextiles est souvent moins agressif que d'autres structures de type épis, brise lames, etc., d'autant plus qu'ils sont souvent recouverts de sable. Lorsqu'ils sont dissimulés et disposés pour former des casiers, les sacs peuvent être utilisés pour le maintien du sable en lui servant d'ancrage (par exemple après le rechargement artificiel sur un

estran). Ils sont réversibles et la structure de dernière génération est perméable, souple, résistante aux UV et favorise l'installation de la végétation. La mise en place de ces ouvrages est rapide et reste moins onéreuse que des ouvrages lourds ( en enrochements par exemple). Ils perturbent peu l'écosystème littoral. (Paskoff R et Clus Auby C, 2007)

### **B. Inconvénients :**

Les ouvrages en géotextiles présentent les mêmes inconvénients que les ouvrages lourds, face à la dynamique sédimentaire. Leur rôle étant de limiter les transits sédimentaires, ils entraînent des déficits en sédiments des zones non protégées voisines, accentuant l'érosion. Ayant un rôle limitant la circulation de l'eau, ils peuvent éventuellement entraîner des complications au niveau des aires de baignade notamment en présence de pollution. Comme tout type d'ouvrage, ceux constitués, en particulier face à d'éventuelles dégradations de la part des usagers (notamment en période estivale). (Paskoff R et Clus Auby C, 2007)

## **III-1-2 Les types de géotextiles :**

### **A. Les géotextiles non tissés :**

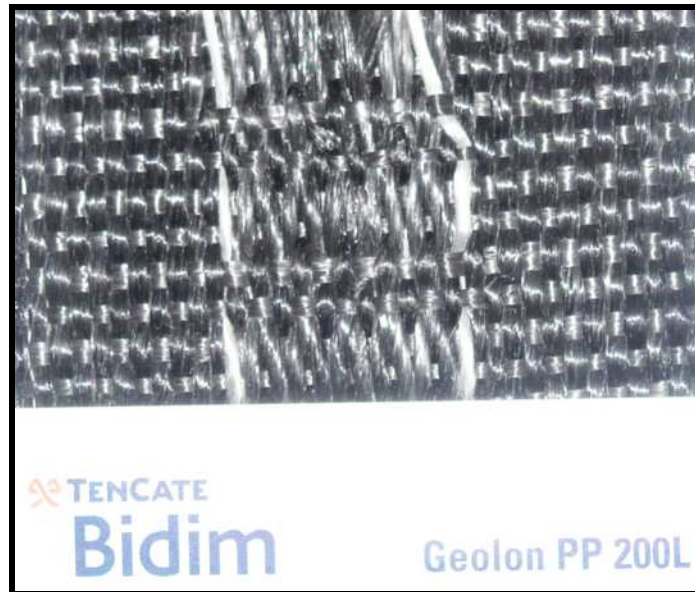
Ce sont des structures textiles obtenues par aiguilletage, ils sont classés selon les types de fibres et la méthode de liage utilisés :



**Fig 11 : Géotextiles de types non tissé , S61et F80**

### **B. Les géotextiles tissés :**

Ce sont des structures plates composées d'au moins deux faisceaux de fils tirées à angle droit, ils peuvent être classés selon le type de fils et la finesse du tissage :



**Fig.12** : Géotextile de type tissé

### III-1-3 Les caractéristiques et propriétés les plus importantes:

- A. Perméabilité** : en règle générale chaque couche d'un système de filtre doit être plus perméable que celle sur laquelle elle repose. Il est important que le géotextile maintienne ou dépasse son indice de perméabilité lorsqu'il subit une charge, c'est-à-dire que le déplacement des particules fines ne doit pas réduire la perméabilité.
- B. Filtration** : la taille caractéristique des ouvertures du géotextile doit être inférieure à la granulométrie moyenne du sol à filtrer afin d'éviter toute perte de matériaux à travers le géotextile. Les règles précisent que pour un géotextile classique, la taille d'ouverture  $Q_{90}$  du géotextile doit être inférieure au diamètre de la médiane du tamis  $D_{50}$ , du sol à filtrer.
- C. Déformation** : le géotextile doit présenter une grande capacité de déformation pour pouvoir s'adapter à la forme des blocs ou de roches sans rompre ni perdre ses propriétés hydraulique.
- D. Résistance au poinçonnement** : Il doit être capable de résister à des charges qui entraineront un poinçonnement pendant la mise en place et en service. L'action de la houle ou le tassement différentiel de sous sol peuvent accroître les déformations localisées du textile.
- E. Epaisseur** : elle doit amortir les charges de pénétration des pointes de blocs et assurer une voie de drainage latéral lorsqu'il y a obstruction par un bloc.
- F. Durabilité** : en plus de l'effet l'oxydation et d'hydrolyse qui font diminuer la résistance globale et la résistance au poinçonnement, la durabilité peut être influencée par la température, les rayons UV et la pollution de l'eau de l'aire et su sol.

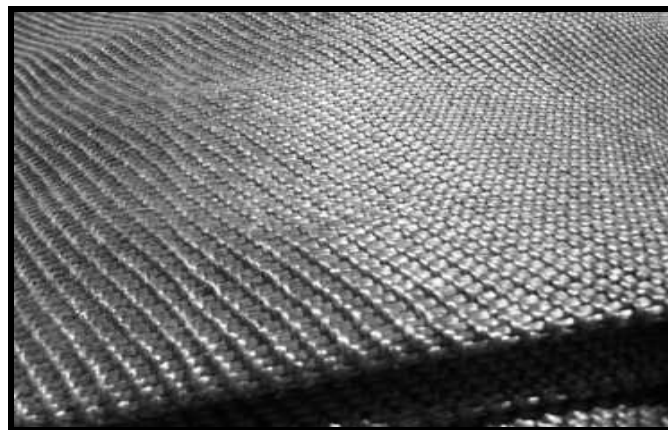
### III-1-4 Géotextiles utilisés et leurs caractéristiques :

#### A. Géotextile pour les boudins (Géotubes) GT1000M:

Le géotextile, constituant les boudins est un géotextile tissé de type polypropylène avec additif longue vie en milieu marin, matériau robuste et inerte par rapport aux principaux produits chimiques, il répond aux caractéristiques minimales recommandées par [TenCate](#) qui sont les suivantes :

**Tab.03:** Caractéristiques minimales recommandées pour le géotextile des géotubes ([STMA, 2010](#)) :

Critère	Valeur à satisfaire
Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens production	$\geq 198$ kN/m
Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens travers	$\geq 189$ kN/m
Allongement à la rupture selon ISO 10 319 en sens production	$\leq 15$ %
Allongement à la rupture selon ISO 10 319 en sens travers	$\leq 11$ %
Resistance a la rupture des coutures selon ISO 10321	$\geq 160$ kN/m
Résistance au poinçonnement statique CBR selon ISO 12236	$\geq 20$ Kn
Perforation dynamique selon iso 13433	$\leq 6$ mm
Resistance à la thermo- oxydation selon EN 5132	CLASS B
Résistance à la rupture des coutures réalisées en usine selon ISO 10321	$\geq 85$ kN/m
Perméabilité normale au plan ( $\Delta h = 50$ mm) selon iso 11058	$\geq 1200$ l/m <sup>2</sup> s
Resistance aux UV selon ISO 12224 ET ISO 12226	$\geq 80$ %



**Fig.13 :** Géotextile système GT1000M

#### B. Filtre S61 pour doublage :

L'ouverture de filtration selon ISO 12956 est adaptée à la granulométrie des sables exigés pour le remplissage provenant des zones d'emprunts dans le cas de valorisation de matériaux de nature fine, il a été recommandé de doubler le géotextile du boudin avec un filtre en géotextile non tissé.

Ce filtre présente les caractéristiques suivantes :

- une ouverture de filtration caractéristique selon ISO 12959 :  $O_{90,W} \leq 95 \mu\text{m}$ , qui satisfait le critère ci-avant,
- une résistance au poinçonnement statique selon NF G 38019 :  $\geq 1.1 \text{ kN}$ ,
- Masse surfacique selon NF EN 965  $\geq 250 \text{ g/m}^2$
- Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens travers  $\geq 20 \text{ kN/N}$
- Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens production  $\geq 20 \text{ /N}$
- Perméabilité normale au plan selon NF ISO 11058  $\geq 0.07 \text{ m/s}$

Ce filtre est liaisonné au géotextile du boudin par coutures tous les 50 cm.

### C. Géotextile pour le tapis anti-affouillement Geolon PP80L :

Ce tapis assure la protection de la base du tube. La largeur du tapis dépend de la taille du tube utilisé. Le tapis est mis en œuvre avant la pose de la structure géotube et les petits tubes d'ancrage sont remplis hydrauliquement pour créer une charge en pieds. Le géotube peut être rempli hydrauliquement à terre ou dans l'eau. La structure pré fabriquée sera déroulée sur site et ancrée à sa position finale. Des points d'attache sont cousus au tube en usine pour permettre la fixation avant de le remplir.

**Tab 04:** Caractéristiques minimales recommandées pour le géotextile du tapis anti affouillement (STMA, 2010) :

Critère	Valeur à satisfaire
Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens travers	$\geq 80 \text{ kN/m}$
Résistance à la traction selon ISO 10 319 en sens production	$\geq 80 \text{ kN/m}$
Déformation à l'effort de traction maximale ISO 10 319 sens travers	$\leq 11 \%$
Déformation à l'effort de traction maximale ISO 10 319 sens production	$\leq 11 \%$
Résistance au poinçonnement statique CBR selon iso 12236	$\geq 10 \text{ kN}$
Perforation dynamique selon ISO 13433	$\leq 8 \text{ mm}$
Ouverture de filtration caractéristique selon ISO 12956	$O_{90,W} \leq 250 \text{ microns}$
Perméabilité normale au plan ( $\Delta h = 50\text{mm}$ ) selon iso 11058	$\geq 15 \text{ mm/s}$



Fig.14 : Géotextile pour le tapis anti affouillement de type PP80L

### III-1-5 Emplacement et dimensionnement de l'ouvrage de protection :

Il n'existe pas actuellement des règles bien définies pour fixer les caractéristiques optimales des brises lames (profondeur d'implantation, longueur et espacement). Celles-ci dépendent de la houle (hauteur, période, longueur d'onde) et de la pente de l'ouvrage.

L'étude sur modèle numérique nous a permis d'arrêter les dimensions de l'ouvrage de protection afin d'intercepter le courant de retour qui affecte la plage, des brises lames en géotube immergées (figure n°15). Ces derniers ont fait l'objet d'une validation en canal à houles afin de les affiner et d'en optimiser le prédimensionnement.

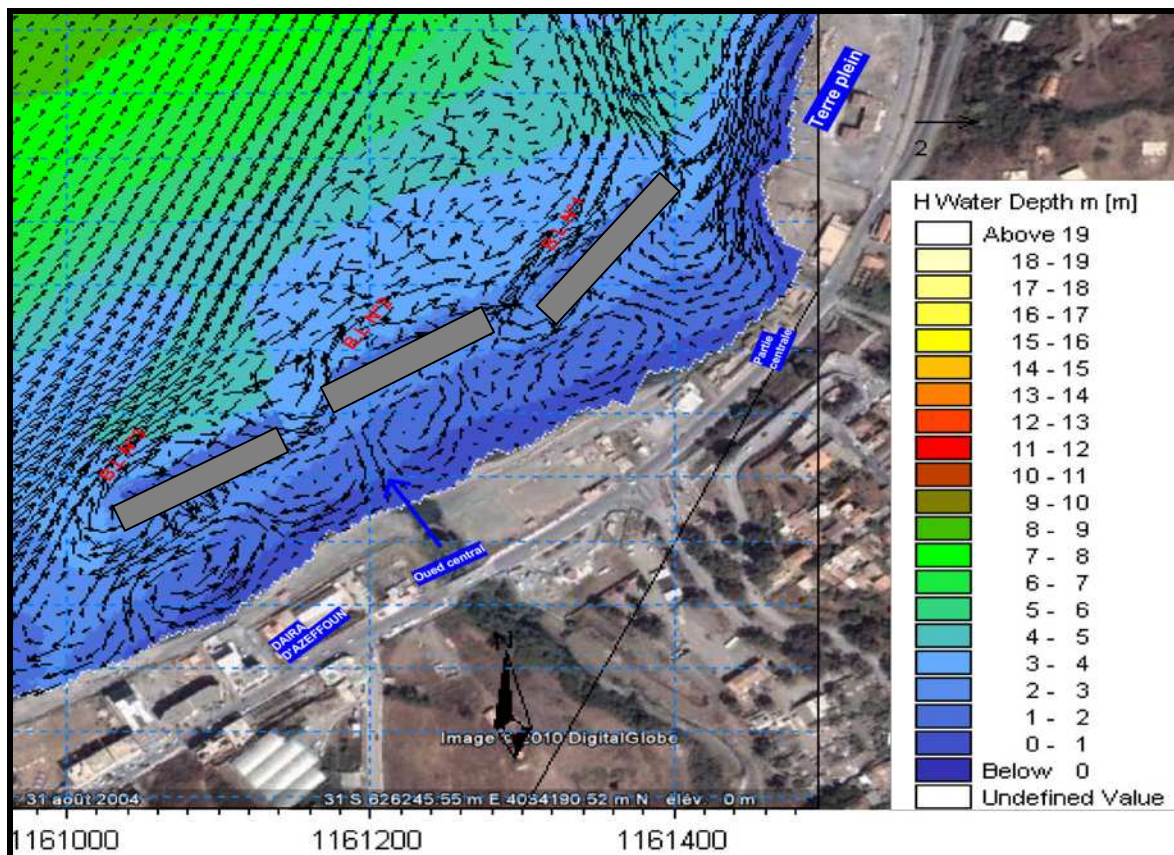


Fig.15 : Modélisation de courant retour avec les brises lames immergées  
(LEM , 2010 , Azeffoun)

La profondeur d'implantation, la longueur des boudins pour chaque tronçon et l'espacement entre les tronçons des brises lames ont été déterminés à partir des résultats de la modélisation numérique effectués par un logiciel approprié MIKE21 et que nous avons vérifié par les formules de LCHF et de CERC pour le bon fonctionnement des brises lames, qui sont présentés ci-après :

#### A. Profondeur d'implantation «d»:

Le brise lame doit être situé approximativement au début de la zone de déferlement. (CIRIA et CUR, 1991) la houle déferle lorsque le rapport entre ses hauteurs et la profondeur atteint  $H/d = 0,78$ . (Miche 1944 in Duval) dans notre cas, la zone de déferlement débute à des profondeurs de 3 m.

$$H_s = 2.8 \text{ m} \quad \text{et} \quad d = 3 \text{ m} \quad H_s/d = 0.73$$

Donc la profondeur d'implantation **d=3m**

#### B. La distance «lc»:

Pour qu'un brise lame fonctionne bien, la distance à la côte doit être prise égale en moyenne à la moitié de la longueur d'onde de la houle au large (LCHF),

Sachant que  $T=12\text{s}$

$$L_0 = 1.56T^2 \quad L_0 = 225 \text{ m.}$$

La distance à la côte en moyenne **lc=115m**

#### C. L'espacement «E» :

Compte tenu de la présence des embouchures des Oueds et de la présence du port, l'espacement est nécessaire entre les extrémités des brises lames. La batterie sera constituée par des tronçons présentés dans la figure 16.

Le CERC recommande un espacement égal à deux fois la longueur d'onde de la houle à la profondeur d'implantation ( $2L$ ), à l'isobathe de -3 m,  $L=25.1\text{m}$  obtenu à partir de l'étude de la réfraction. Les espacements entre les tronçons sont donnés comme suivant :

- Espacement de **11 m** entre l'extrémité Est du brise lame du tronçon 1 et la limite des terres pleins.
- Espacement de **50 m** entre les extrémités du brise lame du tronçon 1 et le brise lame du tronçon N°2.
- Espacement de **51.5 m** entre les extrémités du brise lame du tronçon 2 et le brise lame du tronçon N°3.

#### D. La longueur «b» :

Afin de protéger toute la partie centrale de la plage d'Azeffoun qui atteindra 500m de longueur, et en prenant en compte la totalité des espacements entre les tronçons, la somme des longueurs des atténuateurs à mettre en place est de 340m. À partir des résultats de la modélisation numérique, les brises lames sont réparties en trois tronçons comme suit :

- 1<sup>er</sup> tronçon 120m.
- 2<sup>ème</sup> tronçon 100m.
- 3<sup>ème</sup> tronçon 120m.

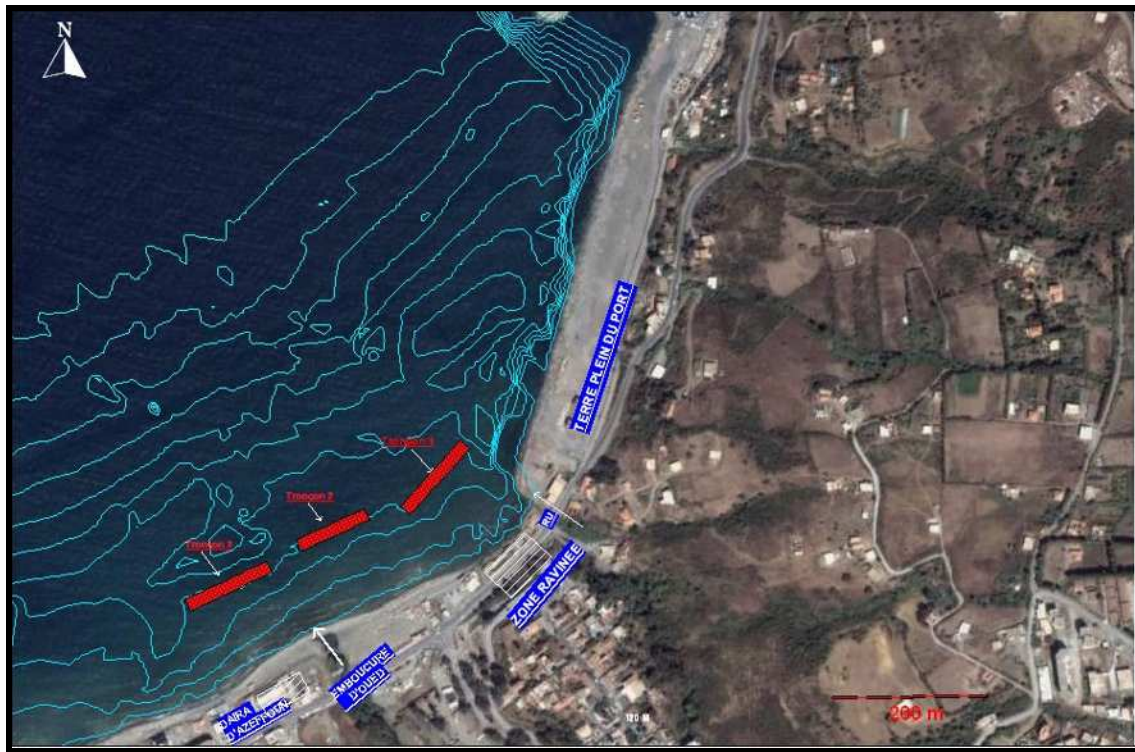


Fig. 16 : Répartition des boudins par tronçons  
( LEM , 2010 , Azeffoun)

**E. La largeur berme B :**

Pour dimensionner la largeur de la berme (B) il faut tout d’abord tenir compte de la dissipation de l’énergie souhaitée. Autrement dit, la transmission des vagues  $C_t$ . Pour cela on a opté pour la formule des ouvrages lisses à crête abaissée proposée par (Briganti *et al*, 2004) qui ont calibré la relation élaborée par Angremond *et al*, 1997.

La relation utilisé est celle relative aux ouvrages étroits :  $B/H_i < 10$

$$C_t = -0.4 \frac{R_c}{H_s} + 0.64 \left( \frac{B}{H_s} \right)^{-0.31} \left( 1 - \exp(-0.5 \xi_p) \right) \dots\dots\dots(1)$$

- $C_t$  : coefficient de transmission
- $R_c$  : côte d’arase
- B : largeur de la berme
- $H_s$  : hauteur significative (houle de projet)  $H_s=2.2$
- $\xi_p$  : le paramètre de déferlement.

$$\xi = \tan \alpha / \sqrt{s_o} \dots\dots\dots(2)$$

$S_o$  : cambrure

$$s_o = H / L_o = \frac{2\pi}{g} \frac{H}{T^2} \dots\dots\dots(3)$$

$L_o$  : longueur d'onde au large

On a  $H_s=2.2\text{m}$  et  $T=12\text{s}$

$$S_o=9.78*10^{-3} \text{ m/s}$$

P:Tang  $\alpha=1/2$

$$\zeta=5.05$$

C'est un **déferlement gonflant**.

Notre objectif est d'avoir un coefficient de transmission  $C_t=0.5$  ainsi que  $R_c = 1\text{m}$ , cela pour une meilleure protection des géotextiles contre les ultraviolets des rayons solaires.

$$\mathbf{B=16.82\text{m}}$$

#### F. La stabilité des géotubes :

Après remplissage, la structure du tube n'atteint pas la même hauteur que son diamètre théorique, mais peut atteindre un maximum de 60 à 70% de son diamètre, selon la mise en œuvre et les techniques de remplissage.

Pour notre cas on prend un diamètre théorique de 3.25m

Le diamètre qu'on peut atteindre est entre  $1.95 \text{ m} < D < 2.275 \text{ m}$

On prend  $D = 2 \text{ m}$

On va utiliser la formule suivante ([Pilarczyk, 2000](#))

$$\frac{H_s}{\Delta D} < 1 \dots\dots\dots(4)$$

$$\Delta = \left( \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right)$$

D: épaisseur du géotube

$\gamma_w$  : masse volumique de l'eau de mer ;  $w = 1.028\text{t/m}^3$

$\gamma_s$ : masse volumique du sable utilisé pour remplir le géotube ;  $\gamma_s = 2.634\text{t/m}^3$

La profondeur d'implantation est de 3 m, elle correspond à une hauteur de houle de dimensionnement de  $H_s = 2.2 \text{ m}$ , et pour une  $\Delta=1.58$

$$\mathbf{H_s/\Delta D=0.69}$$

Les dimensions de l'ouvrage vérifient les conditions de stabilité élaborées par Pilarczyk.  
Afin d'optimiser ces dimensions, la variante est passée sur le modèle réduit, plus précisément en canal à houle



**Fig.17** : Essais en modèle réduit : canal à houle

#### **G. Le nombre de géotubes :**

Pour déterminer le nombre de géotubes à mettre en place ainsi que leurs caractéristiques géométriques, nous avons utilisé le tableau élaboré la société Néerlandaise leader mondiale des géosynthétique [TenCate](#).

**Tab.08** : Dimensions d'un boudin à un remplissage de 70 % ([TenCate, 2010](#))

<b>Diamètre D (m)</b>	<b>Circonférence C (m)</b>	<b>Hauteur h (m)</b>	<b>volume V m<sup>3</sup>/m<sup>1</sup></b>	<b>largeur max W (m)</b>	<b>largeur base W<sub>b</sub> (m)</b>
1,60	5,0	1	1.7	2	1.7
2.5	7.9	1.5	4.1	3.2	2.7
<b>3.25</b>	<b>10.2</b>	<b>2</b>	<b>6.9</b>	<b>4.2</b>	<b>3.5</b>
4	12.6	2.4	10.4	5.1	4.3
5	15.7	3	16.3	6.4	5.4

Afin de respecter les caractéristiques géométriques des géotubes sur des fonds de -3 m, il est nécessaire de prévoir des boudins faisant une hauteur de 2 m une fois posés et remplis sur les fonds, d'accoler 04 boudins dans le sens de la largeur afin d'obtenir une largeur de 16.80 m au minimum.

Les deux tronçons de 120m de longueur sont composés de trois boudins 40m de longueur et le tronçon de 100m est constitué de deux boudins de 50m de longueur.

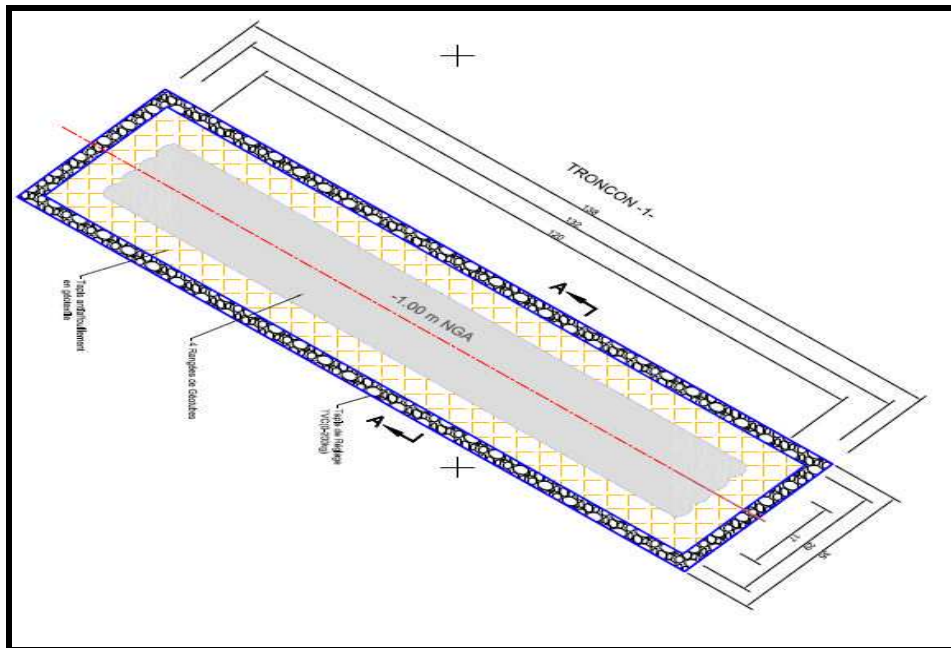
**Tab.06 :** Nombre de boudins à mettre en place dans la région du centre d'Azouffoun

	Nombre de boudins de 40 m par tronçon	Nombre de boudin de 50 m par tronçon	Linéaire de tronçon (m)	Nombre total de boudin de 40 m	Nombre total de boudin de 50 m	Volume Totale de sable à installer (m <sup>3</sup> )
<b>Tronçon 1</b>	3	0	120	12	0	3312
<b>Tronçon 2</b>	0	2	100	0	8	2760
<b>Tronçon 3</b>	3	0	120	12	0	3312
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>340</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>9384</b>

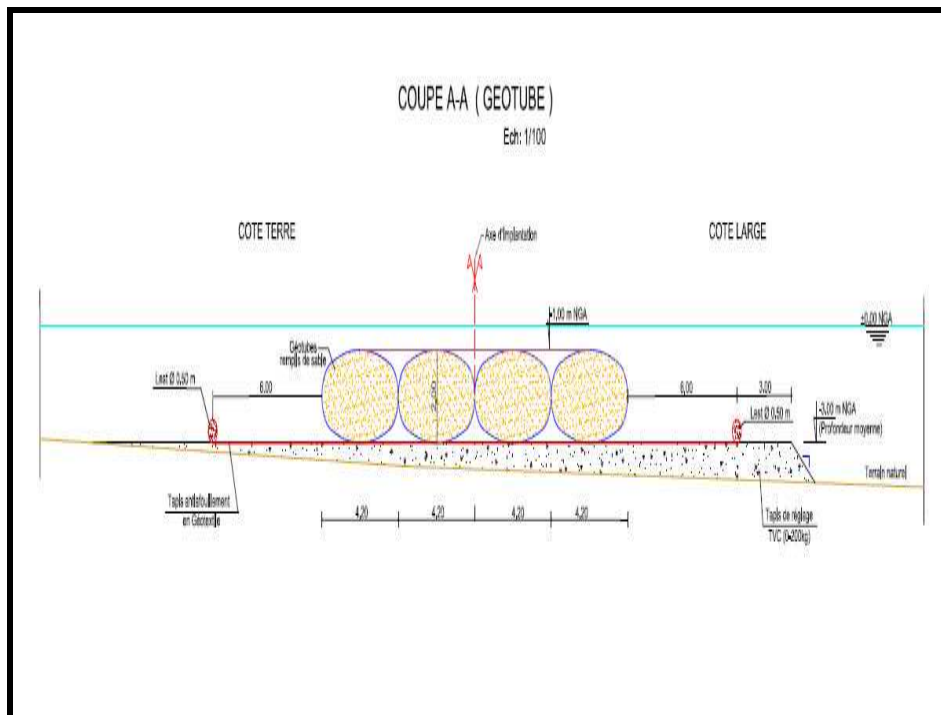
Ces boudins seront disposés sur un tapis anti-affouillement en géotextile de type PP80L, de 28.80m de largeur, afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage et d'éviter les phénomènes d'affouillement sous les tubes, le tapis devra disposer d'un système de lest de part et d'autre, permettant d'éviter les risques de retournement ou de torsion.

Ce système de lestage sera composé de boudins de lestage de diamètre 0,50 m, disposés de chaque côté du tapis et remplis de sable, tel que présenté sur le plan de la figure 19.

Il est nécessaire de procéder à un reprofilage des fonds préalablement à la pose, pour assurer une profondeur régulière et identique tout le long du tracé par la mise en place d'un tapis de réglage ou par réglage des souilles.



**Fig.18** : Plan du tronçon du boudin (STMA,2010)



**Fig.19** : Coupe A-A de brise lame en géotube (STMA,2010)

- 1- une côte d'arase de -1 m ;
- 2- une largeur totale est de 16.8m (4x 4.2 m de largeur) pour quatre tubes posés cote à cote dont le diamètre de chacun est de 3.20 m afin d'assurer une hauteur de 2m;
- 3- un tapis anti- affoulement d'une largeur de 29 m sur une longueur de 132m, muni d'un petit lest sur leurs extrémités sous la forme d'un petit tube de 50 cm de diamètre, en vue d'assurer la pérennité du sol support.
- 4- Tapis de réglage en TVC de (0-200kg) sur lequel se pose le tapis anti affoulement

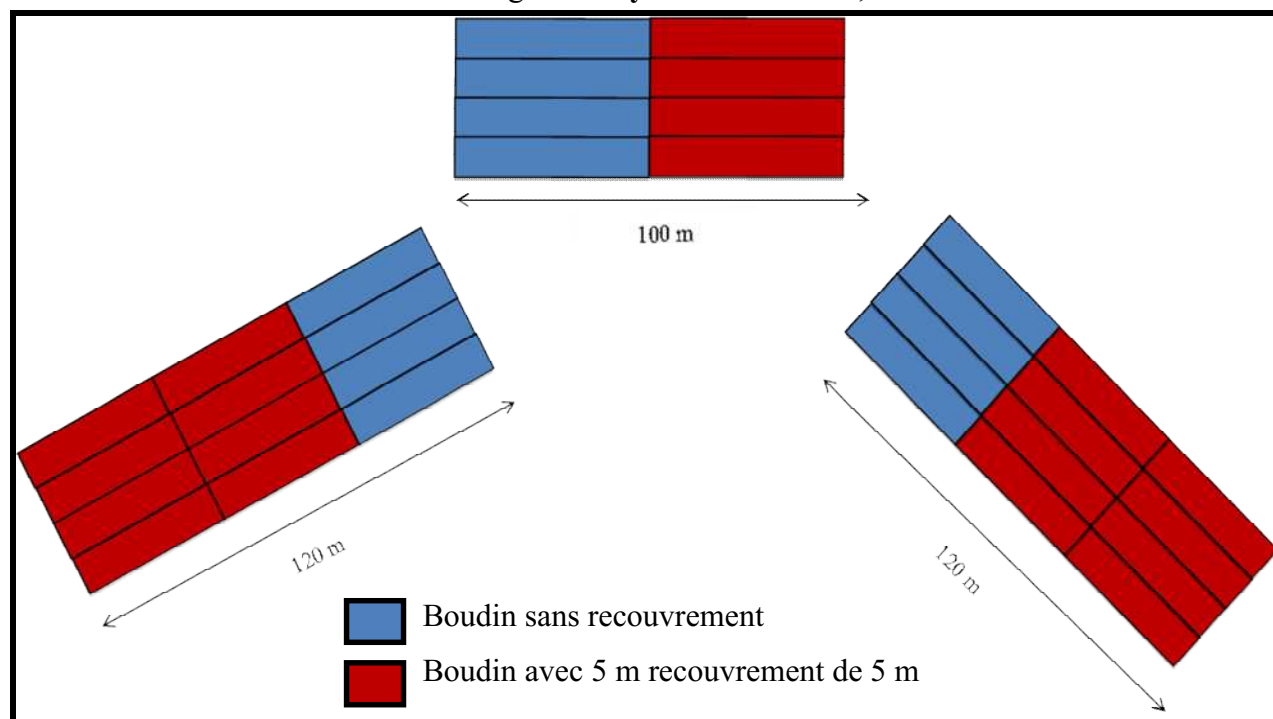
### III-1-6 Technique de mise en œuvre :

#### A. Introduction :

Afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage, la société Ten Cate a préconisé une méthode d'exécution spécifique par la mise en place des géotubes avec et sans recouvrement entre les trois boudins d'un géotube longitudinalement, c'est-à-dire chaque boudin repose sur l'autre, pour une meilleur attache ainsi pour être plus solide face à la force attractive de la houle. Cela sera détaillé dans cette partie. (fig.20).

Pour poser les géotubes avec la méthode conseillée, les boudins sont fabriqués avec des dimensions nouvelles pour assurer le chevauchement entre eux.

Les nouvelles dimensions des boudins géotube **system GT1000M**, sont :



**Fig.20** : Technique de mise en œuvre

Les dimensions des boudins des géotubes **system GT1000M**, de diamètre 3.25 m :

- Les dimensions des boudins des géotubes des tronçons de 120m de longueur :

Huit unités de longueur 40.4 m plus option pour doublage intérieur en géotextile de séparation type S61.

Seize unités de longueur 45.5 m plus option pour doublage intérieur en géotextile de séparation type S61

- Les dimensions des boudins de géotubes de tronçon de 100m de longueur

Quatre unités de longueur 50.6 m plus option pour doublage intérieur géotextile de séparation type S61.

Quatre unités de longueur 55.7 m plus option pour doublage intérieur en Géotextile de séparation type S61.

**Tab.07** : Nombre d'unités de system GT1000M avec les nouvelles dimensions

Désignation	Nombre de Géotubes	Longueur Total
<b>Avec recouvrement de 5m</b>	16 Unités 45.5 m =729.6 m 4Unités 55.7m= 222.8m	<b>952.4m</b>
<b>Sans recouvrement</b>	08Unités*40.4m=323.2m m 04Unités*50.6 m = 202.4	<b>526.6 m</b>

**B. Les matériaux de confinement :**

Les matériaux de confinement des géotubes proviennent de la carrière : Ets Moussaoui Oued Taiba Beni kesila Bejaia. Les caractéristiques granulométriques obtenues à partir des essais effectués par le Laboratoire des travaux Publics de l'Est Annaba sont conformes aux normes indiquées pour le remplissage des géotubes

**Tab.08** : Résultats des essais granulométriques

Désignation des essais	Résultats	Spécifications
L'équivalent du sable	78.61	>65
Masse volumique Absolue gr/cm <sup>3</sup>	2.634	
Masse volumique apparente gr/cm <sup>3</sup>	1.396	

**Fig. 21** : Stock de sable destiné au remplissage des geotubes**C. La pose et le remplissage des géotubes :**

- **Mise en place du tapis anti-affouillement :**

La première opération consiste à mettre en place le tapis anti-affouillement. Il est déposé sur un ponton, et plié en forme d'accordéon. Le tapis étant muni de points de fixations tous les 50 cm sur l'ensemble de sa surface, il est possible de fixer régulièrement des petits lests avant

la mise en place sur le ponton, qui facilite la pose du tapis. Dans le cas présent, les tapis, livrés en rouleau, seront directement déroulés puis lestés sous l'eau sur la zone d'implantation, puis immédiatement fixés provisoirement aux piquets.

Une fois le tapis en place, les petits boudins de lestage de part et d'autre du tapis sont remplis par injection de sable. Ce lestage a pour but de compléter la stabilité des tapis et ultérieurement d'assurer la protection contre l'érosion du sol support sur lequel reposent les tubes.

- **Le remplissage des géotubes :**

Le géotube est maintenu en place ligaturé à des piquets ou à un bâti de béton conçu pour ça. Chaque géotube est rempli en continu. Pour remplir un élément de 170 m<sup>3</sup> environ avec une pompe de 300 m<sup>3</sup>/h (minimum) envoyant une mixture comprenant 15% de sable, il faut compter 4 heures environ pour le remplissage. (Ten Cate)

La mise en œuvre dépend pour beaucoup de l'origine du sable. Il sera aspiré à proximité et injecté directement dans le géotube, les matériaux de confinement qui proviennent d'une carrière seront déposés dans un bassin et propulsés par un débit d'eau important avec une installation à terre ou sur barge.

**D. Mise en place et positionnement des brise-lames :**

Afin de positionner précisément les brises lames selon les implantations définies et pour faciliter la pose des tapis anti-affouillement, des tubes et des balises en bétons ont été conçues (fig. 22). La pose de ces dernières se fera grâce au positionnement de GPS.



**Fig.22 :** Balises de positionnement



**Fig. 23 :** Phases d'exécution des travaux dans la zone d'étude « La plage centre d'Azeffoun »

Le sable se trouvant sur les terres pleines sera transporté par des camions pour arriver au bassin où il y aura 15% de sable et 85% d'eau qui seront pompés par une pompe hydraulique vers les géotubes à travers des cheminées via des conduites flottantes. Le remplissage des boudins des géotubes se fera par compartiment. Il est nécessaire d'avoir une équipe de plongeurs pour gérer le remplissage.



**Fig. 24 :** Phase actuelle de l'exécution des travaux dans la zone d'étude « La plage centre d'Azeffoun »

Au jour d'aujourd'hui, les travaux n'ont pas bien avancé. Ce retard considérable est dû à la mauvaise météo causant une agitation de la houle telle que l'implantation fût difficile. Toute fois, sur les 03 brises lames prévus le premier proche des terres pleines est à 40% le premier compartiment est fini (voir figure 24).

## Conclusion :

L'étude de protection du littoral d'Azeffoun par les atténuateurs en géosynthétiques nous a permis de comprendre la dynamique sédimentaire et les mouvements du courant dans ce secteur en constatant que l'érosion côtière dans la zone résulte en effet de l'addition de plusieurs facteurs naturels et anthropique à savoir les aménagements portuaires, les constructions sur le cordon dunaire ainsi que la force des vents.

Bien souvent, les solutions douces ne sont pas définitives et peuvent parfois être combinées avec des solutions « dures » pour protéger des enjeux menacés à court terme il est illusoire de vouloir fixer définitivement le trait de cote sans impact environnemental fort et de lourds investissements économiques. ([ANCORIM, 2011](#))

A l'issu de ce travail, j'ai pu effectuer tout d'abord les travaux d'application au niveau du LEM, sur le terrain (constat de l'avancement des travaux) et les travaux de recherche à l'ENSSMAL (recherche bibliographique). Grace au travail de laboratoire effectué lors du mémoire d'ingénieur (bathymétrie, sédimentologie ...), j'ai pu compléter ma recherche ainsi j'ai pu englober 3 volets tous importants les uns que les autres à savoir : une recherche sur la zone d'étude, une étude explicite sur le problématique de cette zone puis enfin une proposition de solution douce contre l'érosion avec du géosynthétique.

Quelques recommandations ont pu être mise en évidence :

- La stabilité de l'ouvrage a été vérifiée par la formule établie en 2000 par Pilarczyk alors que cette dernière ne prend pas en considération tous les paramètres hydro dynamique ou il n'intègre pas l'ampleur des courants.
- Afin de mieux comprendre les mouvements des courants de retour obtenus à partir de la modélisation numérique de notre zone d'étude nous recommandons de mettre en place un appareil de mesure (courantomètre).
- L'étude sur model réduit a été effectuée sur le canal à houle non sur le bassin houle, autrement cette étude a été consacré seulement à la vérification de la stabilité de l'ouvrage de protection.

- La réalisation de ce projet a subi un retard considérable dû aux imprévus d'intempéries tout au long de l'année. Ce qui a fortement freiné l'avancement des travaux.
- Selon Décret exécutif n° 2007-145 du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement, p. 105. notre projet n'est pas soumis à une étude d'impact sur l'environnement.

Afin de limiter l'érosion et mettre en avant l'importance de la solution dite douce « les ouvrages en géotextiles » dans la mesure du possible, avec leurs avantages et inconvénients, il est nécessaire de mettre en illustration tous les projets fait dans ce sens, ainsi cela permettra aux futures utilisateurs d'avoir une meilleure vue sur ce nouveau procédé qui reste à ce jour encore mal compris.

De tous ces points cités, nous pouvons dire que l'impact de l'implantation humaine sur le littoral a profondément changé la morphologie côtière d'Azefoun. En effet la construction du port lui-même a conduit à l'érosion de notre zone d'étude.

# **Bibliographie :**

## Références bibliographiques :

**Albinet ,V., Bayer, P., Barbel, P., Barrere, P., Becet, J-M., Chauvin, A., Favennec, J., Fransaer, D., Gérard, B., Guibert, P., Howa, H., Legrain, D., Le Nindre, Y.M., Leroi, E., Miossec, A., Monbet, Y., Moulis, D., Oliveros, C., Piraud, J., Sornin, J-M., Van Heuvel, T. and Verger, F. 1999.** Le littoral. Manuels et méthodes. BRGM. p. 351.

**ANCRIM Projet CE. 2011.** Panorama des solutions douces de protection des cotes. *Réseau atlantique pour la prévention et la gestion des risques littoraux*. Aquitaine, France, 2011.

**Assassi, C. et Otmani, H. 2010.** Etude de protection de la zone de Club des pins . *mémoire d'ingénieure* . s.l. : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, 2010.

**Battiau Queney, Y. and Clus-Auby, C. 2010.** Les ateliers de l'EUCC-France. De la connaissance des systèmes littoraux à la gestion intégrée des zones côtières. *Union des océanographes de France*. p. 186 .

**Bezuijen, A., & al. 2009.** Placing accuracy and stability of geocontainers. s.l. : Dutch Ministry of Transport and Public Works et Delft Hydraulics, 2009.

**CIRIA, CUR. 2005.** Manual on the use of rock in hydraulic engineering. 2005. pp. 4 ,320.

**Dernovaya, N. et Lasjaunias, M. 2010.** L'érosion du trait de côte à Hauteville-sur-Mer. *Rapport intermédiaire du Mémoire d'Aptitude en Géologie*. Beauvais, France : Institut Polytechnique Lasalle Beauvais, 2010.

**Dolan, R. 1978.** A new photogrammetric method for determining shoreline erosion. *Coastal engineering*. 1978. 2, pp. 21,39.

**Farnole, P. et Lebunetel, J. d'ERAMM.** Les digues sous-marines en géotextiles pour la protection des plages : avantages et inconvénients. *Conférence Méditerranéenne Cotière et Maritime*. Maroc, 2011.

**Faye, I.B.N. 2010.** Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes ». *Thèse de doctorat*. Brest : École Doctorale des Sciences de la Mer, 2010. Vol. 1.

**French, P.W. 2001.** Coastal defences. Processes, Problems and Solutions. p. 366.

**Gouguet, L. 2010.** Gestion de l'érosion côtière. pp. 60-66.

**Idrissi, M., et al. 2004.** Impact des installations côtières sur l'évolution du littoral de Mohammedia (Maroc). *VIIIèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier*. Compiègne : s.n., 7-9 septembre 2004.

**Koffler, A.; Bendriss, A. & Zengerink, E. 2002.** *Les Geosynthétiques En Protection Contre L'érosion Des Berges Et En Construction D'ouvrages Hydrauliques Et Maritimes*. 2002.

**Koffler, A., et al. 2009.** Un Atténuateur De Houles En Tube Géosynthétique Pour Limiter L'érosion De La Plage De La Capte À Hyères. *Rencontres Géosynthétiques*. 2009.

**Krystian, E., Pilarczyk, W. & Rijkswaterstaat. 2005.** Coastal Stabilization And Alternative Solutions In International Perspective. *6th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Colombo, Sri Lanka*. s.l. : Rijkswaterstaat, Hydraulic Engineering, Institute GA Delft, The Netherlands, HYDROpil Consultancy, 2005.

**Krystian, W. E. 1996.** Geotextile Systems In Coastal Engineering- An Overview. s.l. : Manager R&D, Rijkswaterstaat, Hydraulic Engineering Division, P.O. Delft, The Netherlands , 1996.

**LAMBERT, S. 2000.** Les géotextiles : fonctions, caractéristiques et dimensionnement. *Ingénieries-EAT*, n° 22, pp. 17-26.

**Larfi, B. et Remini, B. 2006.** Le transport solide dans le bassin versant de l'oued Isser impact sur l'envasement du barrage de Beni amrane (Algérie). *Larhyss Journal*. s.l. : Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, 2006. 5, pp. 63-73.

**Layoune, A. et Tiguercha, D. 2011.** Application de la modélisation numérique pour l'étude l'ensablement du port de Cap Djinet. *mémoire d'ingénieur*. s.l. : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, 2011.

**MATE. 1987.** Guide méthodologique " plan de prévention des risques littoraux". 1987.

**Mihoubi, M. K., Dahmani, H. et et Belkessa, R. 2012.** Simulation numérique du transit sédimentaire d'un aménagement côtier. *XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil*. Cherbourg : Paralia CFL, 2012. 10.5150/jngcgc.

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

**Observatoire de la Côte, Aquitaine. 2001.** *Evolution historique du littoral basque -Evolution Du Trait De Cote Sur Les Photographiesaeriennes De L'ign Et Les Cartes Anciennes Du Shom*. 2001.

**Paskoff, R. 1993.** *Les littoraux : impacts des aménagements sur leur evolutions*. Paris : Masson, 1993.

**Paskoff, R. 2006.** *Les littoraux : Impact des aménagements sur leur évolution*. Armand Colin. p.260 .

**Paskoff, R. and Clus-Auby, C. 2007.** *L'érosion des plages : Les causes, les remèdes*. Institut océanographique. p. 184 .

**Reiffsteck, P. 2003.** Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion. s.l. : LCPC - Division Mécanique des Sols, des Roches et de la Géologie de l'Ingénieur, 2003.

**Seltzer, P. 1946.** le climat d'Algérie. s.l. : Institut Mediteranien Physique du Globe de l'Univers D'Algerie, 1946. p. 129.

**SOGREAH, 2003.** *Etude de l'évolution du trait de côte du littoral de Capbreton*.

Phase 1: diagnostic de l'état actuel, p. 30 . + annexes.

Phase 2 : modélisation mathématique de l'évolution du trait de côte et incidence sur le risque littoral, p. 29 + annexes.

Phase 3 : recherche de solutions d'aménagement du littoral, p.56 . + annexes.

**Sorensen, R.M. 1997.** *Basic coastal engineering*. 2. s.l. : Third, 1997.

**Ten Cate Géotube. 2010.** *Géosystème pour applications marines*. [www.tencate-nicolon.com](http://www.tencate-nicolon.com). [En ligne] 2010

**Ten Cate Nicolon. 2012.** Les géosynthétiques pour l'ingénierie marine et hydraulique. [www.tencate-nicolon.com](http://www.tencate-nicolon.com). [En ligne] 2012.

**TenCate Géosynthétique. 2010.** Géotube GT1000MB: La solution écologique pour protéger la nature. [www.tencate-nicolon.com](http://www.tencate-nicolon.com). [En ligne] 2012

## Les cartes

Photos aériennes (INCT, 1980 et 1999)