

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المعهد الوطني لعلوم البحر و قهينة الساحل

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



## *Mémoire :*

*En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en science de la mer*

*Option : Aménagement du littoral*

## THÈME :

**Caractérisation géologique et géotechnique d'une portion littorale d'El Djamila : conséquences sur l'aménagement**



**Présenté par :**

- **BEN BOUDIAF Yassine.**
- **HADJARAB Redouane.**

**Soutenu devant le jury :**

- |                               |                           |              |
|-------------------------------|---------------------------|--------------|
| - M <sup>r</sup> . LARID. M   | Chargé de cours (ISMAL)   | président    |
| - M <sup>r</sup> . HELLEL. M  | Maître assistant (ISMAL)  | promoteur    |
| - M <sup>r</sup> . GUERFI. M  | Chargé de cours (ISMAL)   | Examineur    |
| - M <sup>lle</sup> . FEZAA. N | Maître assistante (ISMAL) | Examinatrice |

*Promotion 2006*

# SOMMAIRE

## REMERCIEMENTS

## LISTE DES FIGURES

## LISTE DES TABLEAUX

## LISTE DES PHOTOS

## INTRODUCTION GENERALE.....01

### Chapitre I : Généralités

I-1 Situation géographique.....	02
I.1.1 Baie d'El Djamila.....	02
I.1.2 Site d'étude.....	02
I-2 Aperçu géomorphologique.....	02
I-3 Aperçu sédimentologique.....	02
I-4 Aperçu climatologique et océanographique.....	03

### Chapitre II : Cadre géologique régionale et sismotéctonique

II.1 Géologie régionale.....	05
II.1.1 Stratigraphie.....	05
II.2 Cadre sismotéctonique.....	07
Introduction.....	07
II.2.1 Sismicité de l'Algérois.....	07
II.2.1.1 Aperçu sur la sismicité historique de la région d'Alger.....	07
II.2.1.2 Classification des zones sismiques.....	09
II.2.2 Tectonique néogène et quaternaire régionale de l'Algérois.....	09
Conclusion.....	10

### Chapitre III : Cadre géologique local

Introduction.....	12
III-1 Stratigraphie.....	12
III-1-1 la formation primaire.....	12
III-1-2 la formation tertiaire.....	12
III-1-3 La formation quaternaire.....	12
III-1-4 La formation actuelle (récente).....	15
III-2 Lithologie du sous sol du site d'étude.....	15
III-3 Hydrogéologie.....	20
III-3-1 Hydrographie.....	20
III-3-2 Nappe phréatique.....	20
Conclusion.....	20

## **Chapitre IV : Cadre géotechnique**

Introduction.....	21
IV-1 Caractérisation géotechnique du sous sol du site.....	21
IV-1.1 Paramètres géotechniques.....	21
IV-1-2 Identification géotechnique du sol.....	22
IV-1-2-1 Unité I : sable.....	22
IV-1-2-1-1 Formation 1 : sable fin limoneux.....	22
IV-1-2-1-2 Formation 2 : sable moyen à grossier.....	24
IV-1-2-2 Unité II : sable grésifié.....	26
IV-1-2-3 unité III sols alluviaux.....	27
IV-1-3 Essais in situ.....	30
IV-1-3-1 Essai SPT (Standard Penetration Test).....	30
IV-1-3-2 Essai préssiométrique.....	30
IV-1-3-3 Essai pénétrométrique.....	31
IV-1-3-3-1 Evolution spatiale de la résistance à la pénétration dynamique.....	31
IV-1-3-3-2 Interprétation des cartes pénétrométrique.....	31
a- Interprétation de chaque horizon.....	31
b- Interprétation en profondeur.....	32
IV-2 Portance du sol.....	36
IV-2-1 A partir des essais au laboratoire.....	36
IV-2-2 A partir des essais pénétrométriques dynamiques.....	36
Conclusion.....	37

## **Chapitre V : Conséquences sur l'aménagement**

Introduction.....	38
V-1 Instabilité de la portion littorale.....	38
V-1-1 Différents types d'instabilité.....	38
V-1-2 Instabilité des pentes et érosion des falaises littorales.....	38
V-1-3 Causes d'instabilité.....	38
V-1-4 Les mécanismes d'érosion liées au recul de trait de côte.....	38
V-2 Constructibilité du site.....	39
V-2-1 Etat du sol.....	39
V-2-2 Problème de liquéfaction.....	43
V-3 perspective d'aménagement.....	43
V-3-1 Impacts et recommandations.....	43
V-3-2 Perspectives et protection.....	44
Conclusion.....	44
CONCLUSION GENERALE.....	45

## **Bibliographie**

## **Annexe**

## Remerciements

Nous rendons grâce à dieu, pour nous avoir accordé santé et courage jusqu'à l'aboutissement de nos études, et l'accomplissement de ce modeste travail.

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

Mr. HELLAL.M qui a accepté de diriger ce travail dès nos premières discussions sur la géotechnique et la géologie en général. Il nous a aidé en nous accordant une grande confiance dans la démarche de notre travail et de suivre les différentes phases avec bon égard sans oublier ses critiques constructives, qu'il soit assuré de notre profonde reconnaissance pour ces suggestions dont il nous a fait bénéficier. On le remercie tout autant de nous avoir poussée à réaliser ce travail.

Mr. LARID.M qui a bien voulu présider le jury et dont la passion et le respect du travail ont été une source d'inspiration pour nous. Nous voudrions lui exprimer ici toute nos gratitude.

Mr. GUERFI.M, d'abord comme enseignant, il nous a initialisé à la cartographie et la teledetection, on le remercie pour avoir accepté d'examiner le travail et de siéger au jury.

M<sup>lle</sup>. FEZZAAN, on la remercie pour faire partie de notre jury et d'examiner notre travail

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel du CGS en particulier Nabila, Nassima et Leila, le CTIP, le DFP D'Alger pour le meilleur accueil, et d'avoir facilité la consultation des documents nécessaires pour notre travail.

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

Merci

## LISTE DES FIGURES

**Figure n°1** - Situation géographique du site d'étude

**Figure n°2** - Carte géologique régionale( *BENNIE et Partenaire 1983*)

**Figure n°3** - Carte de la distribution des intensités observées suite au séisme d'Alger du 04 septembre 1996. (*SEBAI et al, 1997*).

**Figure n°4** - Carte des zones sismiques en Algérie(*CGS, 2003*).

**Figure n°5** - Localisation des failles récentes et épencentres sismiques de la région d'Alger (*CGS 1998*).

**Figure n° 6** – La géologie locale de Ain Benian; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000<sup>e</sup>.

**Figure n°7** - Plan d'implantation des coupes lithologiques et des sondages carottés.

**Figure n°8** – Coupes lithologiques (**AA', BB', CC'**).

**Figure n° 9** – Coupes lithologiques (**DD', EE'**).

**Figure n°10** - Fuseau granulométrique des sables fins argileux.

**Figure n°11** - Diagramme de Casagrande des sables fins argileux.

**Figure n°12** - Fuseau granulométrique du sable moyen à grossier.

**Figure n°13** - Fuseau granulométrique des sables grésifié.

**Figure n°14** - Fuseau granulométrique des alluvions.

**Figure n°15** - Diagramme de plasticité de Casagrande pour la formation alluviale.

**Figure n°16** - Carte des résistances à la pénétration dynamique à 2m de profondeur.

**Figure n°17** - Carte des résistances à la pénétration dynamique à 4m de profondeur.

**Figure n°18** - Carte des résistances à la pénétration dynamique à 6m de profondeur.

## LISTE DES TABLEAUX

- Tableau n°1** - Liste des principaux séismes de la région Algéroise durant la période : 1865 – 1996, (CGS. 1998).
- Tableau n°2** - Caractéristiques chimiques des sables fins limoneux.
- Tableau n°3** - Caractéristiques physico-mécaniques des sables fins limoneux.
- Tableau n° 4** - Caractéristique physico-mécaniques des sables moyens à grossiers.
- Tableau n°5** - Caractéristique physico-mécaniques des sables grésifié.
- Tableau n°6** - Caractéristiques chimiques de la formation alluviale.
- Tableau n°7** - Caractéristique physico-mécaniques de la formation alluviale.
- Tableau n°8** - Les caractéristiques mécaniques principales du sol déduites de l'essai préssiométrique.
- Tableau n°9** - Les contraintes admissibles calculées à partir des résultats des essais de cisaillement.
- Tableau n°10** - Contraintes admissibles calculées à partir des résultats des essais pénétrométriques.

## **LISTE DES PHOTOS**

**Photo.n°1** : Accumulation dunaire du quaternaire

**Photo.n°2** : Stratification oblique des falaises dunaires

**Photo n°3** : grés durs et sable de plage

**Photo.n°4**: Embouchure de l'oued Beni Messous avec une formation récente des alluvions

**Photo.n°5** : Stratification des falaises dunaires consolidées

**Photo.n°6** : Glissement rotationnels simple au niveau de la page "La Fontaine"

**Photo.n°7** : Instabilité des falaises. Les blocs de sable grésifié Menacent de s'écrouler suite  
à l'érosion de la base sableuse

**Photo.n°8** : Poids des constructions sur les falaises

**Photo.n°9** : Exploitation clandestine des sables

**Photo.n°10** : Lit de l'oued Beni Messous.

**Photo.n°11** : l'action destructive de la houle

**Photo.n°12** : érosion côtière

**Photo.n°13** : constructions menacées par la mer



**INTRODUCTION  
GENERALE**

## **Introduction générale**

Notre site d'étude est une portion littorale de la baie d'El Djamila sur laquelle des ouvrages sont construits ou projetés.

L'équilibre et la sécurité des constructions fondées sur un sol peuvent être menacés par plusieurs phénomènes tels que : le tassement, le gonflement, le glissement de terrain, la fracturation et la liquéfaction....

Notre étude est de caractériser les sols de la portion littorale du point de vue géotechnique, lithologique et d'analyser sa stabilité générale ainsi que sa constructibilité, pour finalement donner quelques recommandations en vue de protéger et de sauvegarder le milieu naturel.

Sur le plan pratique, cette étude constitue une base à partir de laquelle peuvent s'informer les projeteurs et les pouvoirs publics, sur le comportement des sols de cette portion littorale afin qu'ils puissent définir les solutions techniques qu'ils devront concevoir, adopter et mettre en œuvre pour réaliser leurs ouvrages. De plus, l'exposé de la vulnérabilité de ce littoral dans notre présente étude leur permettra de mesurer les impacts que peuvent avoir les différents aménagements sur son environnement et sa stabilité.

Notre étude, se termine par quelques perspectives d'aménagement de cette portion littorale et des recommandations en vue de ralentir sa dégradation voir sa stabilisation.

Pour arriver à ces résultats, nous avons suivis les trois étapes suivantes :

### **1) Synthèse bibliographique**

Elle a consisté en la récolte et à la synthèse de publications, documents et rapports établis dans les domaines géologique, hydrogéologiques, géotechniques et d'aménagement concernant la région de Ain Benian, en général et du site d'étude, en particulier.

Les documents consultés sont essentiellement des cartes topographiques et géologiques, des photographies aériennes ainsi que des travaux universitaires. Nous avons également dépouiller et étudier quelques archives des organismes intervenant dans le domaine du sol de manière générale (CGS, LCTP, CTP, DHW d'Alger)

### **2) Travaux de terrain**

Après la vérification en place des informations sur la géologie régionale et la délimitation géographique de la zone d'étude, on a effectué des observations sur terrain qui portent sur la géomorphologie, la géologie locale et les instabilités qui touchent notre site.

### **3) Synthèse et interprétation**

Afin d'évaluer les caractéristiques géotechniques des sols de la zone considérée, on a d'abord synthétisé puis interprété les résultats brutes d'essais géotechniques effectués par les organismes suscités qui portent sur les analyses physique et mécanique des sols au laboratoire et in situ.

Les résultats de ces interprétations ont été par la suite corrélés aux données géologiques et aux différentes observations sur le terrain. C'est sur cette base que nous avons finalement établis des recommandations pour l'aménagement de ce site littoral et les perspectives pour éviter au minimum qu'il ne se dégrade encore plus.



**Chapitre I**

**GÉNÉRALITÉS**

## I-1 Situation géographique

### I-1-1 Baie d'El Djamila

La baie d'El Djamila se situe à une quinzaine de km à l'ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Bousmail (Castiglione), c'est une baie relativement fermée limitée par la presqu'île de Sidi Fredj à l'ouest et par le Ras Acrata à l'est, son rivage est orienté SW-NE (BAKIR, 1989).

### I-1-2 Site d'étude

Le site choisi en vue d'étudier ses caractéristiques géotechniques et les perspectives de son aménagement, est une bande littorale plus ou moins étroite à 2,5 km de Ain Benian, il se localise au nord de l'embouchure de l'oued Beni Messous d'une longueur de 1,5 km et 600m de largeur (figure n°1), il est limité :

- Au nord par une piste qui mène vers la plage "La Fontaine".
- Au sud par le lit de l'oued Beni Messous.
- A l'est par la RN°11.
- Et à l'ouest par la mer.

## I-2 Aperçu géomorphologique

L'étude de la carte topographique (1/25000) de CHERAGA ainsi que le travail de terrain nous a permis de diviser notre site en trois ensembles morphologiques, du nord au sud on trouve :

- Des falaises dunaires atteignant les 20 mètres d'altitude, relativement plates et qui surplombent la mer par une pente très raide suivies par des platiers rocheux appelés "trottoir à vermet" de nature gréseuse, repartis tout le long de la cote, ces falaises dunaires sont séparées par des escarpements (petites baies) due à l'action érosive de la mer.
- Des terres agricoles d'une altitude maximale de 9 m et qui descendent en faible pente vers la mer.
- Des dépôts dunaires séparés des falaises dunaires par les terres agricoles d'une altitude maximale de 16m et d'une faible déclivité que ce soit vers la mer ou vers l'oued, elles se terminent par des terrasses alluviales.

## I-3 Aperçu sédimentologique

D'après l'étude qui a été faite par le (LEM, 1995 in ABDI & KHELIFI, 2003), on note que les facteurs qui influencent sur la dynamique sédimentaire de la baie d'El Djamila sont la dérive littorale, les houles et les courants de retour ;

- La dérive littorale due aux houles de l'Ouest qui ramène les sédiments vers l'Est.
- Les houles de direction WNW qui vont reprendre les sédiments déposés latéralement et les transporter vers le large, engendrent un courant de retour d'une incidence frontale.

#### **I-4 Aperçu climatologique et océanographique**

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par une saison estivale chaude et sèche, et une saison hivernale froide et humide avec des précipitations courtes et violentes ; la moyenne annuelle des précipitations est de 501.5mm, le maximum en décembre et le minimum en juillet (l'ONM *in* BELLEHSENE & MESSAOUDI, 2005).

Les vents qui génèrent des vagues et des courants, sont caractérisés par :

- période hivernale (octobre-mars) avec des vents W et NW de fréquence 60 à 90%.
- Période estivale (avril-septembre) des vents E et NE de fréquence 45 à 70%.

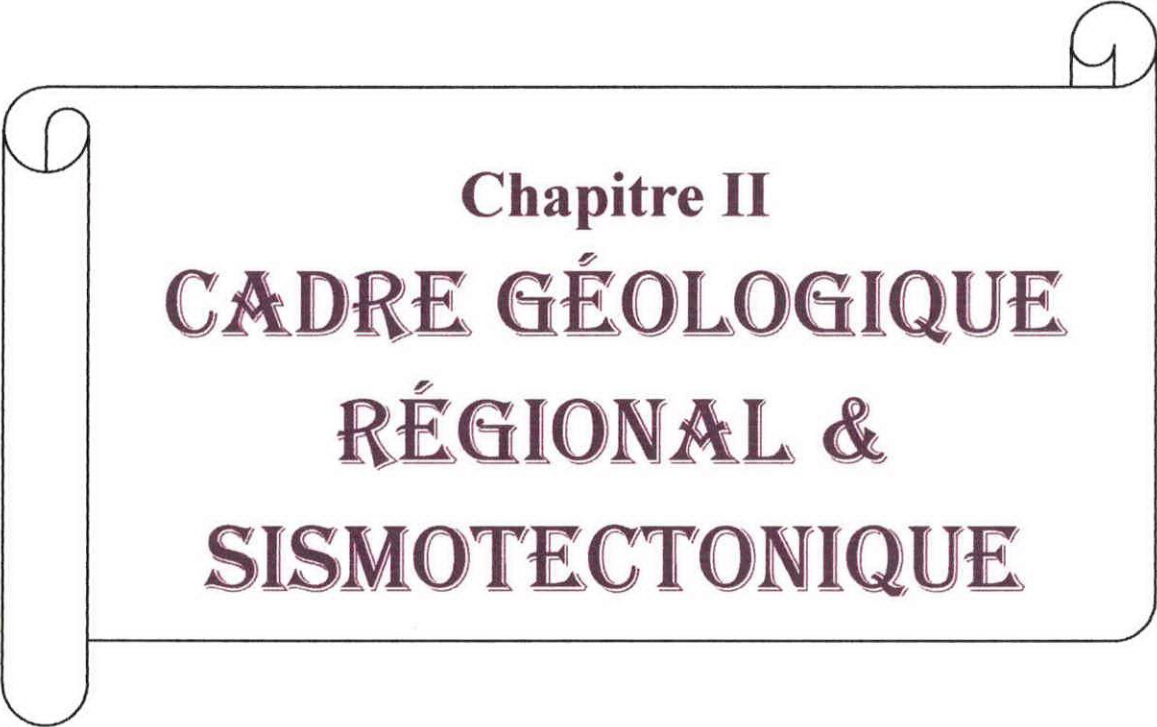
Les courants marins sont relativement faibles à cause de la faible profondeur.

Les houles selon les saisons sont de directions différentes ;

- en hiver, elles sont de direction W avec une amplitude de 2 à 2.5 m le maximum 4 à 6m.
- en été, elles sont de direction E et NE d'amplitude plus faible.



Figure n°1 - Situation géographique du site d'étude (tirée de la carte topographique de CHERAGA 1/25000<sup>e</sup>, 1960)

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a slight shadow effect, framing the text.

**Chapitre II**  
**CADRE GÉOLOGIQUE**  
**RÉGIONAL &**  
**SISMOTECTONIQUE**

## II-1 Géologie régionale

### II-1-1 Stratigraphie

La région d'Alger est constituée d'un socle métamorphique primaire, le massif d'Alger, bordé de dépôts sédimentaires du Sahel et de la Mitidja (figure n°2).

#### ✓ Le Primaire

Les terrasses primaires forment les massifs de Ain Benian, de la Bouzareah (massif d'Alger) et ces prolongements vers Sidi Fredj à l'ouest et Bordj El Bahri à l'est. Ces massifs sont constitués de roches cristallophylliennes de nature pelitique et carbonatées (gneiss, schiste, calcaire) recoupées par des épisodes éruptifs d'âge tertiaire (GLANGEAUD, 1932).

#### ✓ Le Secondaire

Il n'affleure pas dans la région d'Alger mais il est connu dans l'atlas blidéen.

#### ✓ Le Tertiaire

Marqué par le Miocène et le Pliocène qui recouvrent en discordance les faciès métamorphiques par des grès grossiers sableux et des marnes à lentilles de calcaires (AYMÉ & MOUSSON 1963 in BENALLAL & OURABIA, 1989).

#### ✓ Le Quaternaire

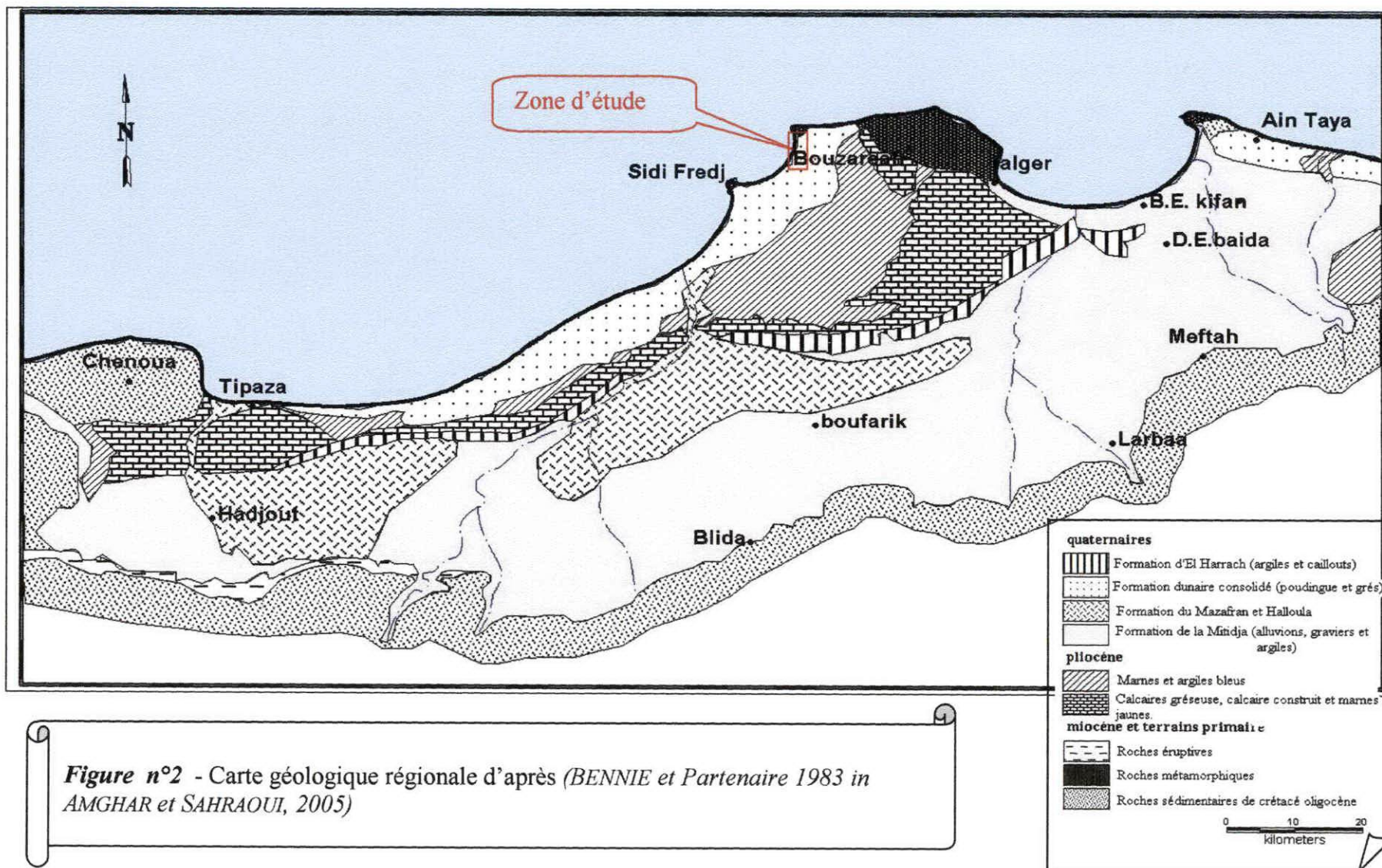
Il comporte plusieurs faciès lithologiques d'origine marine et continentale (GLANGEAUD & *al*, 1952).

\* formation d'El Harrach (Villafranchien) représentée par des argiles marneuses jaunâtres et quelques lentilles de graviers.

\* formation de la Mitidja (Tensiftien-Soltanien) représentée par des alluvions grossières provenant de l'érosion de l'atlas blidéen.

\* formation de Mazafran et Halloula (Flandrien-rharbien) représentée par des limons, argiles limoneuses et des galets provenant de l'atlas blidéen.

\* les dépôts récents (Rharbien-Actuel) englobent les dépôts marins (lumachelles à pétoncles et des grès coquilliers) et les dépôts dunaires occupant la majeure partie du littoral algérois sous forme de dunes friables à consolidées.



**Figure n°2** - Carte géologique régionale d'après (BENNIE et Partenaire 1983 in AMGHAR et SAHRAOUI, 2005)

## II.2 Cadre sismotectonique

### Introduction

Une forte activité sismique se localise dans l'Ouest Algérois. Notre zone d'étude se situe dans une province caractérisée par une activité néotectonique. Cette activité matérialisée sur le terrain par la présence de failles actives, telles que celles du Sahel, de Tipaza, du Chénoua et celles supposées en mer.

### II.2.1 Sismicité de l'Algérois

La sismicité historique et/ou instrumentale est un indice de l'activité tectonique actuelle qui intervient dans la définition de zones sismotectoniques (MAOUCHE, 2002). Notre secteur d'étude se situe dans une région marquée par des failles et des provinces sismiques actives qui sont à l'origine d'un risque sismique assez élevé. On peut trouver différents types de sources sismiques : points sources, lignes sources et zones sources, dont certaines bien qu'éloignées de notre secteur peuvent y avoir des conséquences.

#### II.2.1.1 Aperçu sur la sismicité historique de la région d'Alger

C'est une zone très active de l'orogène alpin, elle est le siège de séismes de magnitude moyenne à importante.

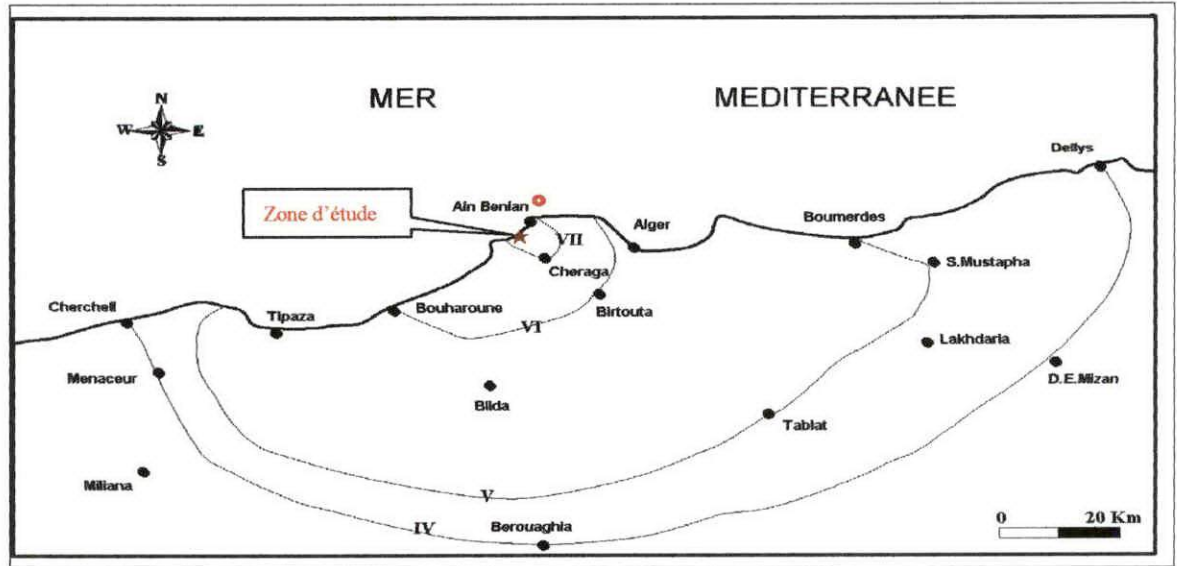
Les séismes les plus importants qui ont frappé cette région sont portés sur le tableau ci-dessous.

N°	Date	Hr	Min	Sc	Lat	Long	Ms	Mb	I <sub>0</sub>	Localisation
01	02-01-1865	19	00	00	36.420	3.060				Alger
02	05-03-1911	10	21	20	36.360	3.060				Bouzareah
03	15-07-1918	11	53	26	36.480	3.000				Ain Benian
04	13-09-1919	11	37	22	36.460	3.030				Alger
05	05-11-1924	18	54	34	36.360	3.000	4.8	5.2	VIII	Ben Chaâbane-M
06	02-06-1928	08	39	23	36.420	2.540				Staoueli
07	28-05-1940	10	15	36	36.480	3.018		5.0		Alger
08	02-01-1966	10	00	48	36.300	3.000	3.9	4.0		Sud Alger
09	05-11-1989	11	38	18	36.740	2.360	4.5	4.7		Méditerranée
10	09-02-1990	09	31	47	36.770	2.470	4.7	5.0		Méditerranée
11	12-04-1990	22	47	52	36.760	2.490	4.1	4.7		Méditerranée
12	04-09-1996	05	15	00	37.000	2.930		5.7		Ain Benian

**Tableau n°1** : Liste des principaux séismes de la région Algéroise durant la période : 1865 – 1996, (CGS. 1998).

Les séismes historiques les plus importants qui ont affectés notre site d'étude sont :

- **Séisme de Ain Benian** du 04-09-1996 ( $M_s=5,7$ ), localisé au nord-ouest d'Alger ( $36^{\circ} 90'N, 2^{\circ} 81' E$ ), (figure n°3) il a occasionné des dégâts importants surtout à Ain Benian, la ville la plus touchée. Le long du rivage de la plage des dunes on a observé des chutes de pierres et des glissements de terrains ont été enregistrés (MAOUCHE, 2002).



**Figure n°3** - Carte de la distribution des intensités observées suite au séisme d'Alger du 04 septembre 1996, Le cercle en rouge indique l'épicentre macrosismique (Ain Benian); l'intensité maximale observée est de  $I_0=7$  (SEBAI et al, 1997 in MAOUCHE, 2002)

- **Séisme du Tipaza** du 09-02-1990 ( $M_s=4,9$ ), il a été même ressenti sur les cotes espagnoles, engendré par une faille inverse avec une composante latérale. (MAOUCHE, 2002)
- **Séisme du Mont Chénoua** du 29-10-1989 ( $M_s=6,0$ ) qui a occasionné des dégâts importants, son rayon de perceptibilité est de 160 Km (du Chélif jusqu'à Boumerdes).
- **Séisme de Boumerdes** du 21-05-2003 ( $M_s=6,7$ ), localisé en mer, il a engendré un tsunami vers les cotes espagnoles, et a provoqué des glissements de terrain et des dégâts matériels et humains dans la région d'Alger.

### II.2.1.2 Classification des zones sismiques

D'après le CGS (2003) ; notre site d'étude se situe dans la zone III marquée par une sismicité élevée ; indiquée en zone rouge sur la carte (figure n° 4)

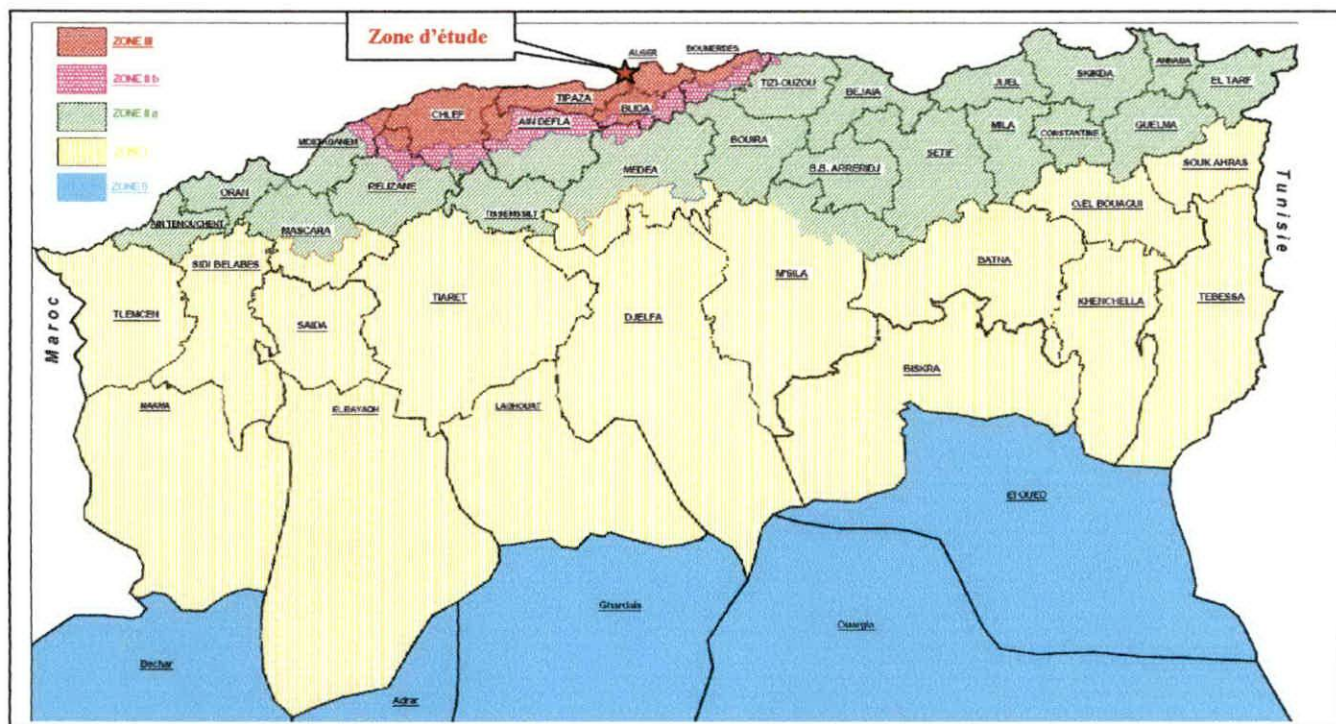


Figure n°4 - Carte des zones sismiques en Algérie (CGS, 2003)

### II.2.2 Tectonique néogène et quaternaire régionale de l'Algérois

L'Algérie du nord a été le siège de nombreux séismes qui sont majoritairement générés par des failles inverses compatibles avec le mouvement général de compression à la frontière de plaque Europe-Afrique.

On distingue dans la région Algéroise deux grandes morphostructure tectoniques.

- une morphostructure en surrection correspondant au Sahel d'Alger, le massif d'Alger et l'atlas blidéen.
- une morphostructure en subsidence correspondant à la plaine alluviale de la Mitidja qui est une zone effondrée par le jeu de failles.

Le cordon littoral auquel appartient notre zone d'étude est bordé par 4 failles principales ; faille du Sahel, une faille en mer, la faille de Tipaza et la faille de Chénoua, (figure n°5).

#### • Faille du Sahel

C'est une faille inverse (MAGHRAOUI, 1988 in BOUGUEROUA & DEKKAR, 1997) constituée de plusieurs segments de directions NE-SW à EW, s'allongeant sur 90 km. Elle constitue la limite entre la morphostructure de surrection du Sahel et celle de subsidence du bassin de la Mitidja. Elle est située à 20km au sud de la zone d'étude et peut engendrer des séismes plus ou moins élevés ( $M_s = 6,0$ ).

- **Faille de Tipaza**

Cette faille est à une distance de 40km à l'ouest de notre site, elle limite la morpho-structure de surrection du Chénoua et le bassin de subsidence de la Mitidja, elle a une orientation N-S et génère une magnitude maximale de 6,5. (BOUALEM & DJEDDOU, 2005)

- **Faille de Chénoua**

Elle marque la surrection de massif du Chénoua. Sa direction NW-SE, a une longueur de 18 Km, distante de 60 km de l'embouchure de l'oued de Beni Messous vers l'ouest, et génère une magnitude maximale de 6,5. Son activité provoque un mouvement vertical de surrection du flanc nord (Mont de Chénoua) et de subsidence du Flanc Sud (Nador – Hadjout).

- **Faille en mer méditerranée**

Elle est distante de 25 Km au nord de notre site, orientée WSW-ENE. L'activité tectonique, plio-quadernaire de cette faille est située entre le bassin marin en méditerranée et le bloc continental au sud, elle peut engendrer des séismes d'une magnitude maximale 7,0. Cette source est à l'origine de violents séismes qui secouent cette région jusqu'à l'heure actuelle (séisme de Tipaza du 29/10/1989) (OSMANI & OUZERARA, 2004).

- **Failles de l'Atlas blidéen**

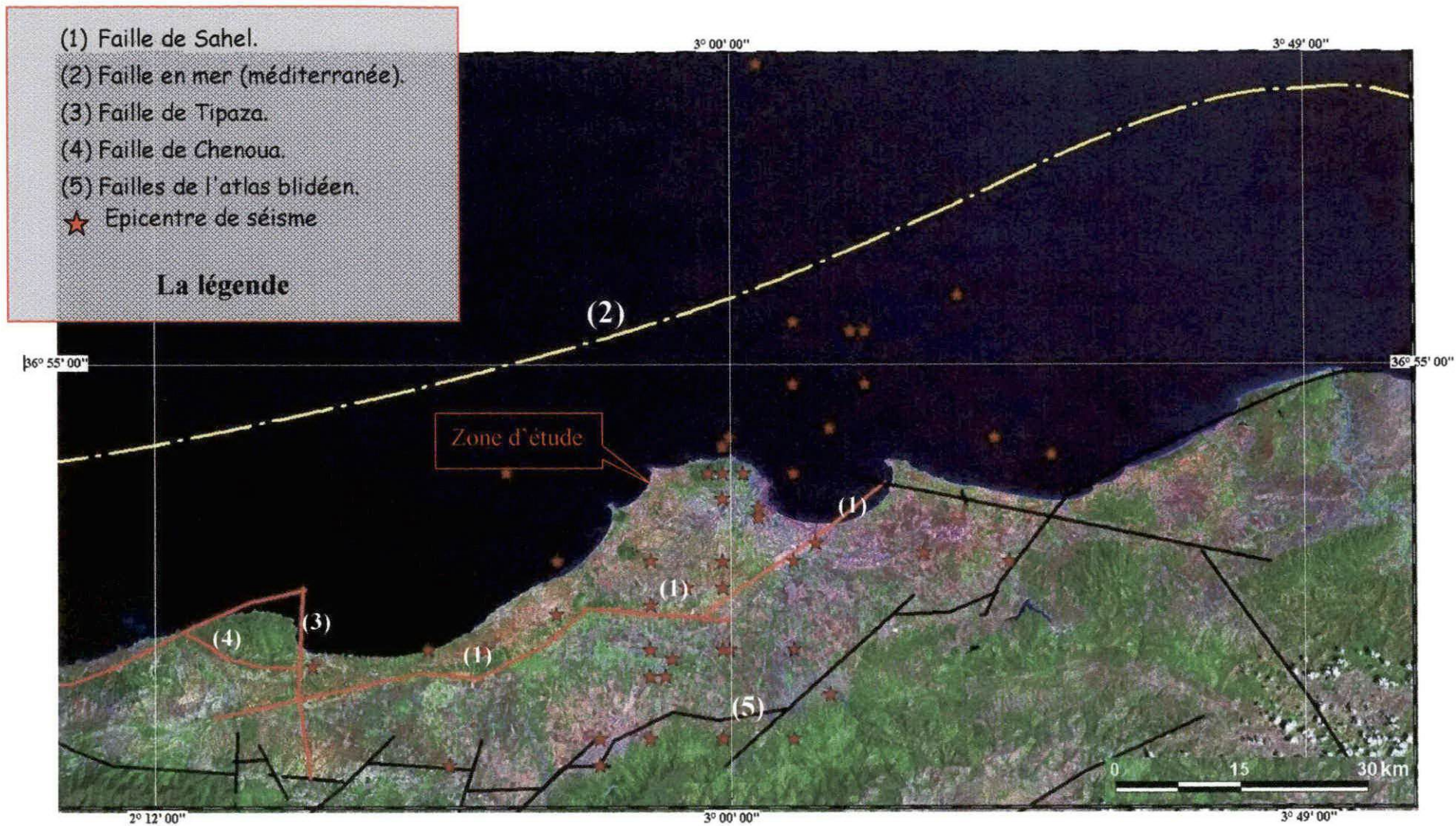
Formées de segments de failles discordantes (faille d'El Afroun, de Bouinan et de Douera) d'une direction SW-NE, elles peuvent engendrer des séismes d'une magnitude variante entre 5,5 et 7,0.

## **Conclusion**

La synthèse des données sismotectoniques dans l'ouest Algérois révèle une activité tectonique et sismique, qui est le résultat de l'interaction entre la plaque Africaine et la plaque Eurasie, se manifestant, sous forme de séismes de magnitude, plus ou moins élevée.

Du point de vue morphotectonique, on distingue des lignes sources qui sont des failles actives distantes de 20 à 45 km de notre site d'étude, pouvant générer des séismes de magnitudes, allant de 4,0 à 7,0.

Vu le degré de sismicité de la région (classée dans la zone III de sismicité élevée), les constructions dans notre site d'étude doivent répondre aux règles parasismiques (CGS, 2003).



*Figure n°5 : Localisation des failles actives et des épicesentres sismiques dans la région d'Alger (CGS 1998)*



**Chapitre III**  
**CADRE GÉOLOGIQUE**  
**LOCAL**

## **Introduction**

La portion littorale étudiée est formée par des faciès du Quaternaire marin, elle est formée de dunes consolidées en alternance avec des dépôts lacustres, lumachelliques, poudingues et grés. Son littoral est caractérisé par une importante accumulation de dunes actuelles, des alluvions récentes sous forme de sables argileux et graviers.

En bordure de la mer, sur la plage des "Dunes" de très faible altitude, on constate la présence d'une formation de sable fin meuble à stratification oblique.

A partir de la carte géologique de la région de Alger-Chéraga (Aymé, 1964), à l'échelle 1/50000, on a reporté les formations géologiques locales rencontrées au niveau du site d'étude et ses alentours (figure n°6).

### **III-1 Stratigraphie**

La synthèse de diverses études géologiques ainsi que nos observations sur le terrain, nous ont permis d'établir la lithologie de cette portion littorale.

#### **III-1-1 La formation Primaire**

Cette formation est représentée par des terrains cristallophylliens, constituant le massif de Bouzareah et s'étendant jusqu'à la pointe nord ouest de Ain Benian, au nord du site d'étude, Cette formation s'observe plus à l'ouest dans la presqu'île de Sidi Fredj, représentée surtout par des calcaires métamorphiques, des gneiss et des schistes qui forment des massifs relativement élevés de couleur grise à bleuâtre.

#### **III-1-2 La formation Tertiaire**

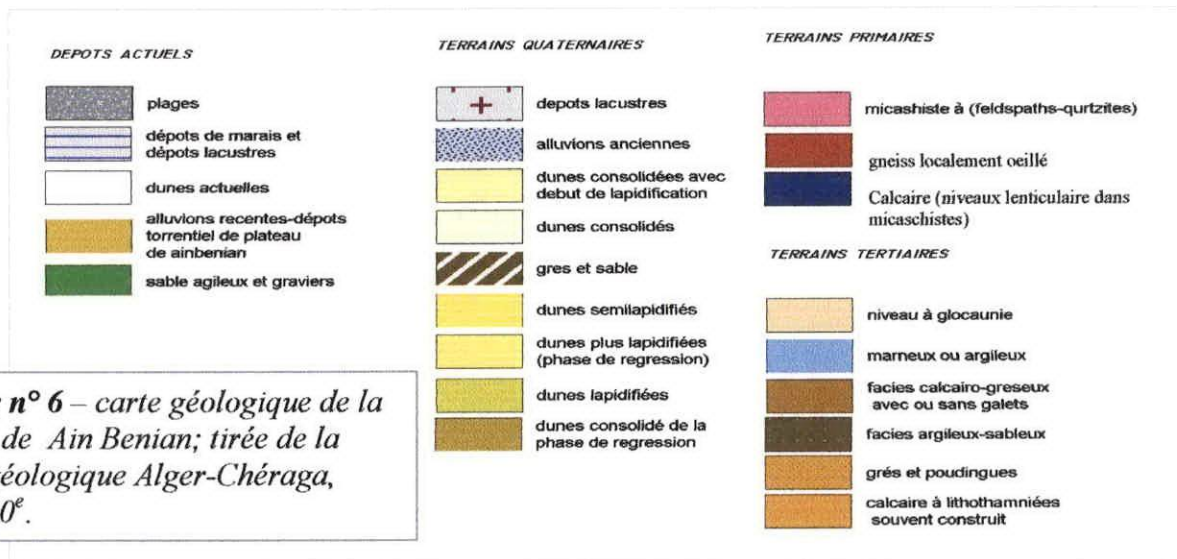
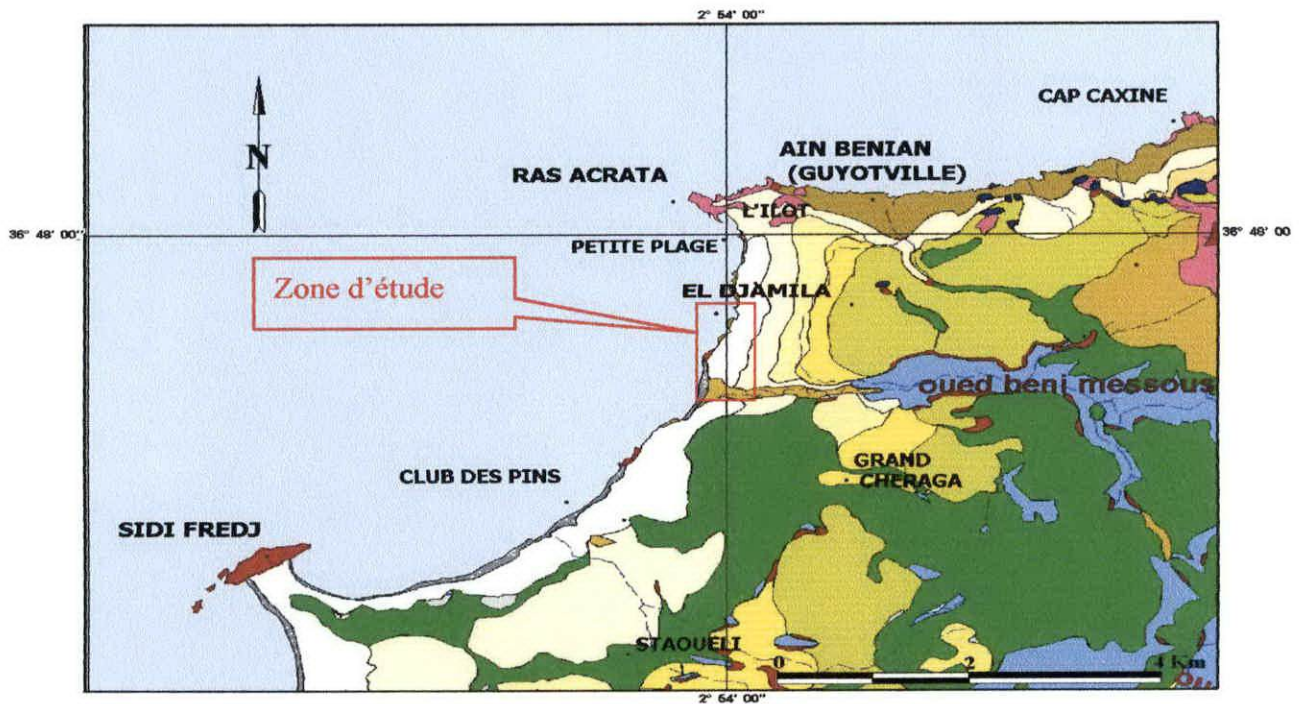
Elle correspond au Pliocène marneux qui affleure dans la région de Ain Benian, les niveaux plaisanciens des marnes bleues s'observent très souvent dans les entailles fluviales de l'oued Beni messous à l'Est, et les niveaux pliocènes supérieurs qui sont représentés par quatre faciès (calcaires gréseux, marnes jaunes, calcaires lithothaminés et sables) de part et d'autre de l'oued Beni messous.

Les terrains tyrrhéniens reposent directement en discordance et par placage sur le socle cristallophylliens.

#### **III-1-3 La formation Quaternaire**

Elle occupe la majeure partie de la zone d'étude, elle est constituée de :

- Dunes consolidées friables, qui dépassant 10 m de hauteur, avec intercalation de niveaux grésifiés, constituées de sable fin plus au moins limoneux argileux de couleur marron brunâtre (photo n°1).
- Dunes non consolidées lapidifiées par endroit présentant parfois des niveaux rubéfiés. Ces dunes présentent parfois des stratifications obliques d'origine marine (photo n° 2).
- Grés coquillier, représenté le long de la côte de la baie d'El Djamil de couleur brunâtre (photo n°3).



**Figure n° 6** – carte géologique de la région de Ain Benian; tirée de la carte géologique Alger-Chéraga, 1/50000<sup>e</sup>.



**Photo.n°1** : accumulation dunaire quaternaire



**Photo.n°2** : Stratification oblique dans les falaises dunaires



**Photo n°3** : grès durs et sable de plage

### III-1-4 La formation actuelle (récente)

Elle est représentée par les alluvions récentes de dépôts torrentiels et lacustres observables surtout à l'embouchure et dans le lit de l'oued Beni Messous Cette formation alluviale est constituée de sable fin à grossier graveleux à galets, argileux limoneux vaseux et du tout venant, en plus des dépôts éoliens dunaires actuels constitués de sables fins meubles (photo n° 4).

### III-2 Lithologie du sous sol du site d'étude

Dans le but de déterminer les caractéristiques géotechniques du sol servant d'assise aux fondations des ouvrages à implanter et pour assurer la stabilité du sol de la portion littorale étudié, des sondages carottés (43 en total), réalisés par divers organismes (CTTP.2002, LCTP.2004, MADMAN.2005 et ENAGEO.1989) . Des coupes lithologiques interprétatives ont été réalisés afin de mettre en évidence les différentes formations ainsi que leur géométrie (figure n°7), se traduisant de haut en bas par :

#### ✓ Remblai

Une couche superficielle de remblai (terres végétales) s'étendant sur une grande partie de la portion (plus de 60 %) ; en allant du NW jusqu'au Sud passant par le domaine agricole, d'une épaisseur de 0.5 à 6 m, parfois sableuse caillouteuse et limoneuse.

#### ✓ Sable fin à grossier

Une couche de sable fin à grossier plus au moins argileux parfois graveleux d'une épaisseur de 3 à 20 m, renfermant des niveaux coquilliers, débris de schistes et de quartz.

#### ✓ Sable grésifié

Une couche de sable grésifié de sable moyen à grossier, cette couche a une épaisseur de 4 à 14 m apparaît à la surface et à de faibles profondeurs (photo n°5).

#### ✓ Grés

Une couche de grés dur (sable fin à moyen consolidé et cimenté) se trouve à partir de 4 m de profondeur jusqu'à la fin des sondages.

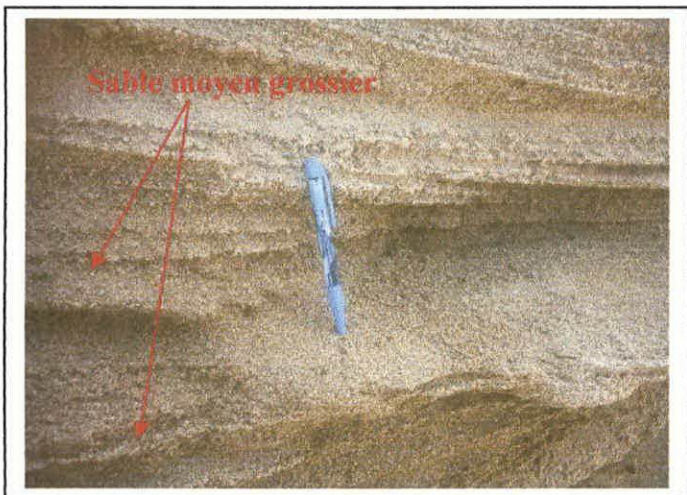
#### ✓ Formation alluviale

Cette formation est très récente, on la trouve à proximité du lit de l'oued Beni Messous et de son embouchure, elle est marquée par des sables moyens à grossiers, argiles, limons, vases et du tout venant (photo n°4).

L'ensemble de ces formations est bien illustré sur les cinq coupes lithologiques interprétatives (figure n°8 et 9).



**Photo.n°4:** Embouchure de l'oued Beni Messous avec des dépôts récents d'alluvions



**Photo.n°5 :** Stratification dans les falaises dunaires consolidées.

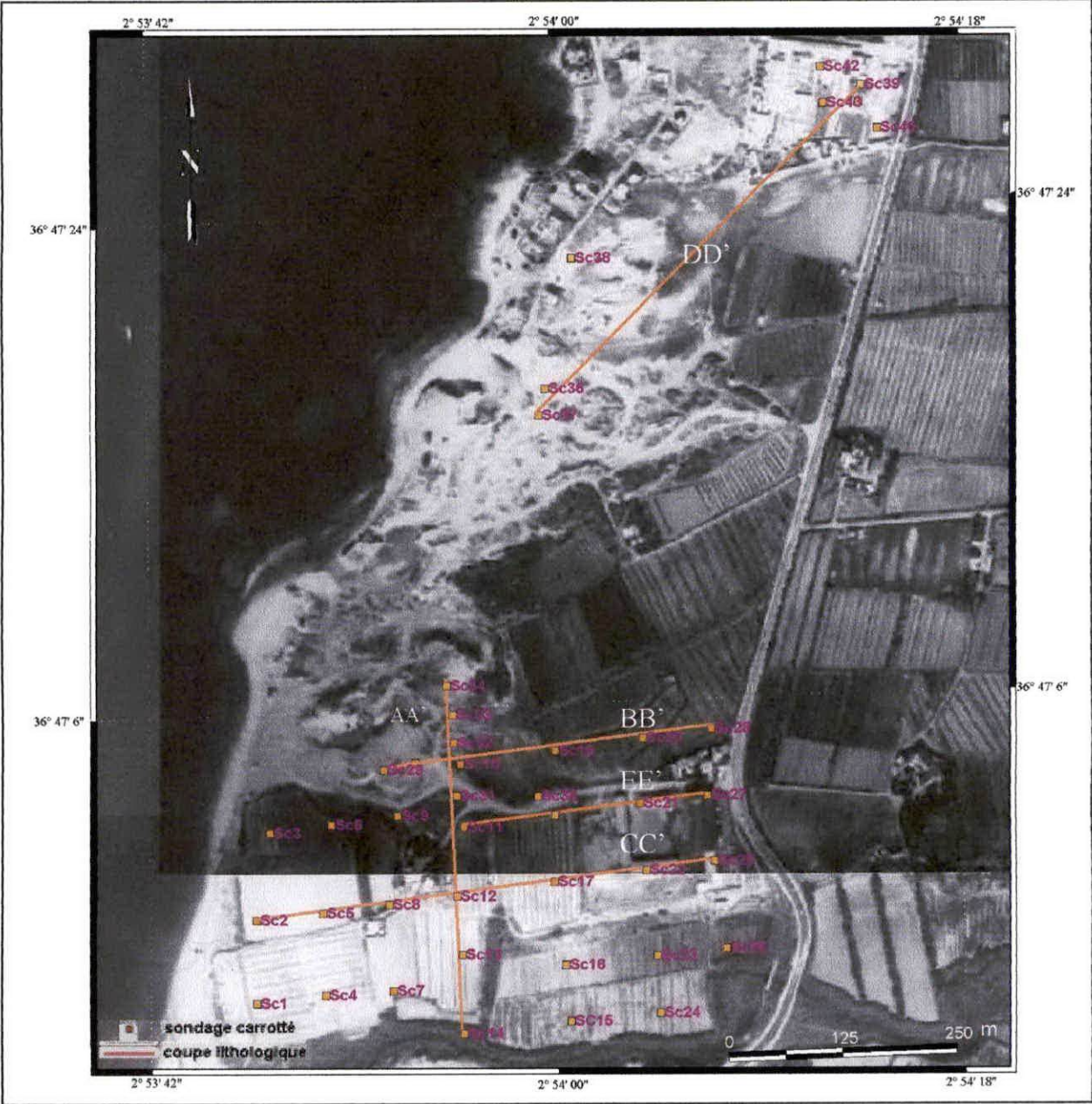
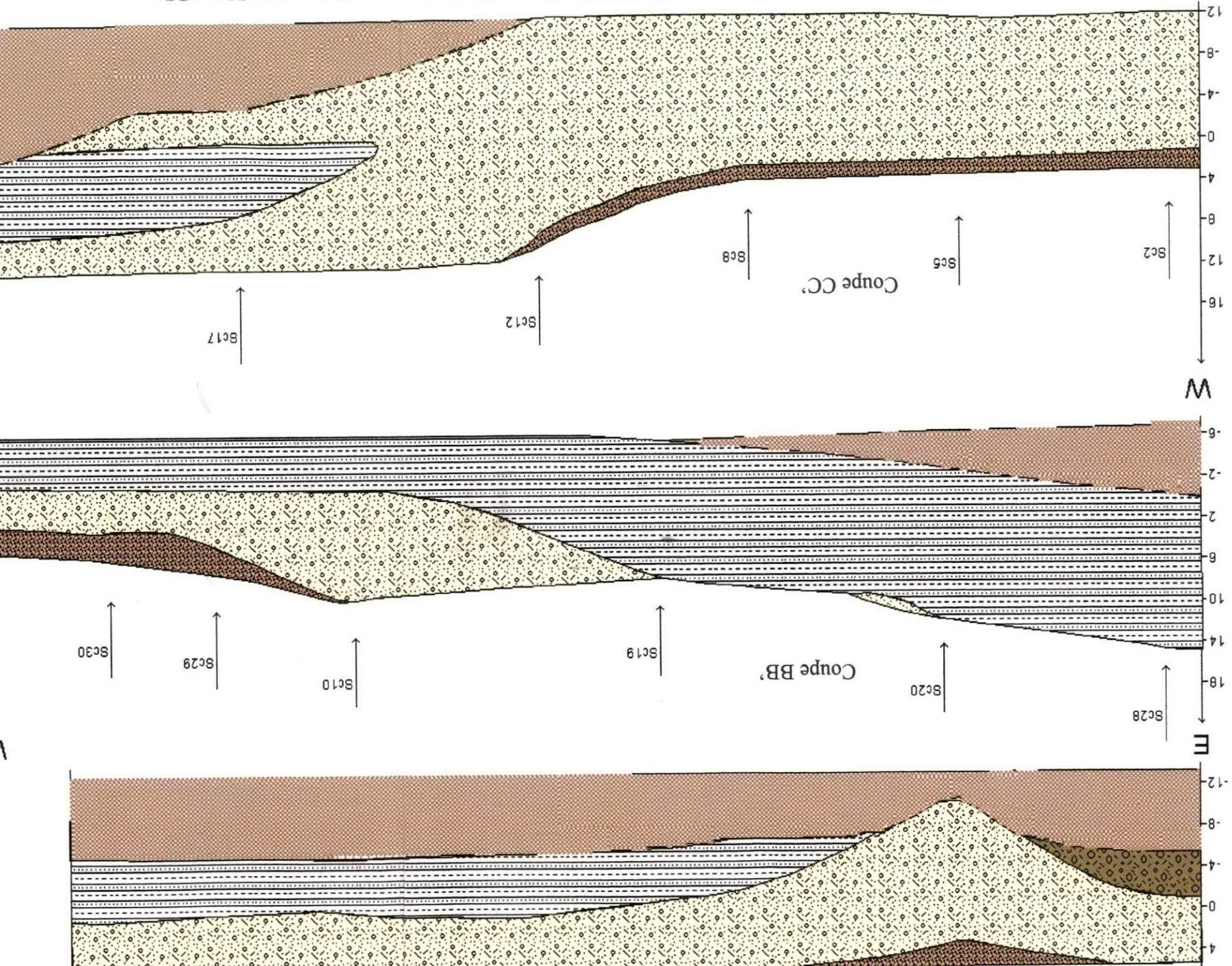
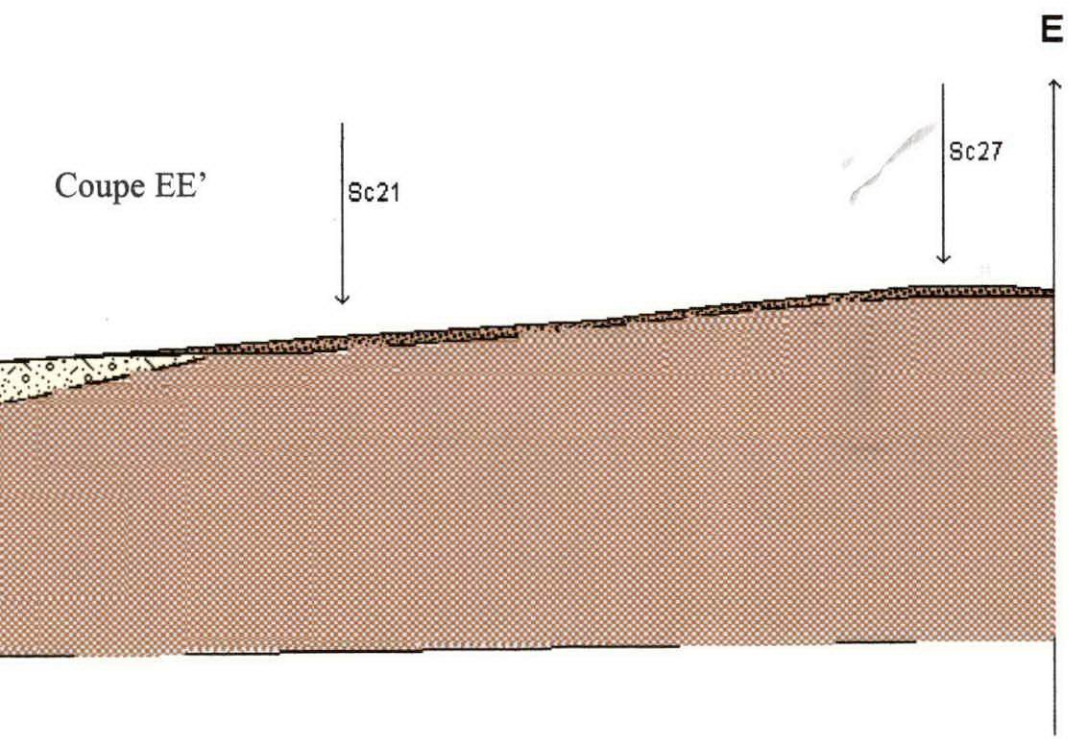
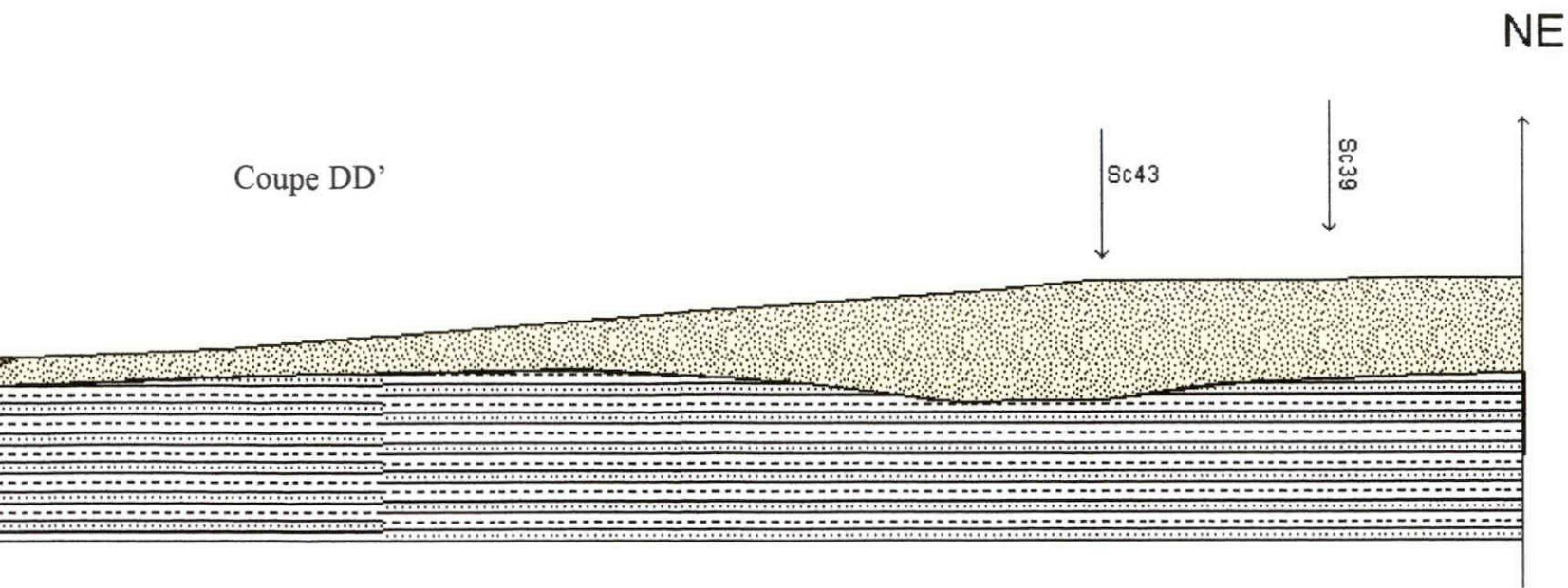


Figure n°7 : Plan d'implantation des coupes lithologiques et des sondages carottés

Figure n°8: Coupes lithologiques corrélatives AA', BB' et CC'







**legende**

	sable gresifié
	sable fin à grossier parfois argileux et/ou graveleux avec niveaux coquilliers
	tout venant
	gres
	remblai

15m  
4m



### III-3 Hydrogéologie

L'eau influence beaucoup le comportement géotechnique des sols notamment sur les fondations, il est important donc de connaître le réseau hydrographique, le niveau d'eau dans le sol et sa fluctuation.

#### III-3-1 Hydrographie

Le principal oued proche de notre zone est l'oued Beni Messous, débouchant au niveau de la plage des dunes (au Sud de la zone d'étude), sa longueur est de 11,5 km, il alimente la baie d'El Djamila, et il est sec presque toute l'année sauf lors des fortes pluies où il ravine une quantité non considérable de sédiments et le débit liquide et solide peut atteindre 245 l/s en moyenne (MAHIOUT, 1989. In BOUKARI & TALBI, 1995) le risque d'inondabilité au niveau de l'embouchure est très important sur les terres avoisinantes lors des fortes pluies qui aura des effets cadastraux où le lits de l'oued est moins profond et rétrécis par les déblai jeté dans le lit de l'oued.

#### III-3-2 Nappe phréatique


La nappe phréatique de notre zone d'étude est localisée dans les grés et sables Quaternaires littoraux (BOUGUEROUA & DEKKAR, 1997). La variation du niveau de la nappe est plus ou moins profonde sur l'ensemble de la portion littorale ; elle atteint les 17 m au Nord mais est en majeure partie peu profonde au sud peut atteindre la surface en hiver. Ces petites nappes phréatiques littorales qui sont localisées à des faibles profondeurs, sont drainées vers la mer. Les résultats des analyses chimiques de l'eau qui ont été établies dans la partie sud de la zone d'étude (ENAGEO ; 1989 et LCTP ; 2004) ont permet de classer ces eaux comme étant non agressive vis-à-vis des fondations.

### Conclusion

Les sondages carottés et les coupes lithologiques interprétatives réalisés dans notre zone d'étude indiquent que le terrain de la portion littorale est caractérisé par les formations suivantes :

- Une couche superficielle de remblai, parfois sableuse caillouteuse et limoneuse.
- Une couche de sable fin à grossier plus au moins argileux parfois graveleux renfermant des niveaux coquilliers, débris de schistes et de quartz.
- Une couche de sable grésifié de sable moyen à grossier.
- Une formation alluviale très récente de sables moyens à grossiers, argiles, limons, vases et du tout venant.

La nappe phréatique de la portion littorale étudiée est plus ou moins profonde, atteignant les 17m dans la partie nord et remontant jusqu'à la surface en hiver. Cette nappe est alimentée uniquement par les eaux de pluies.



**Chapitre IV**  
**CADRE**  
**GÉOTECHNIQUE**

**B- Essais in situ**

- Essai au pénétromètre dynamique
- Essai SPT (Standard Penetration Test)
- Essai au préssiomètre Ménard

**IV-1-2 Identification géotechnique du sol**

**IV-1-2-1 Unité I : sable**

**IV-1-2-1-1 Formation 1 : sable fin limoneux**

**a- Paramètres physiques**

✓ **Teneur en eau naturelle (W%) et degré de saturation (Sr%)**

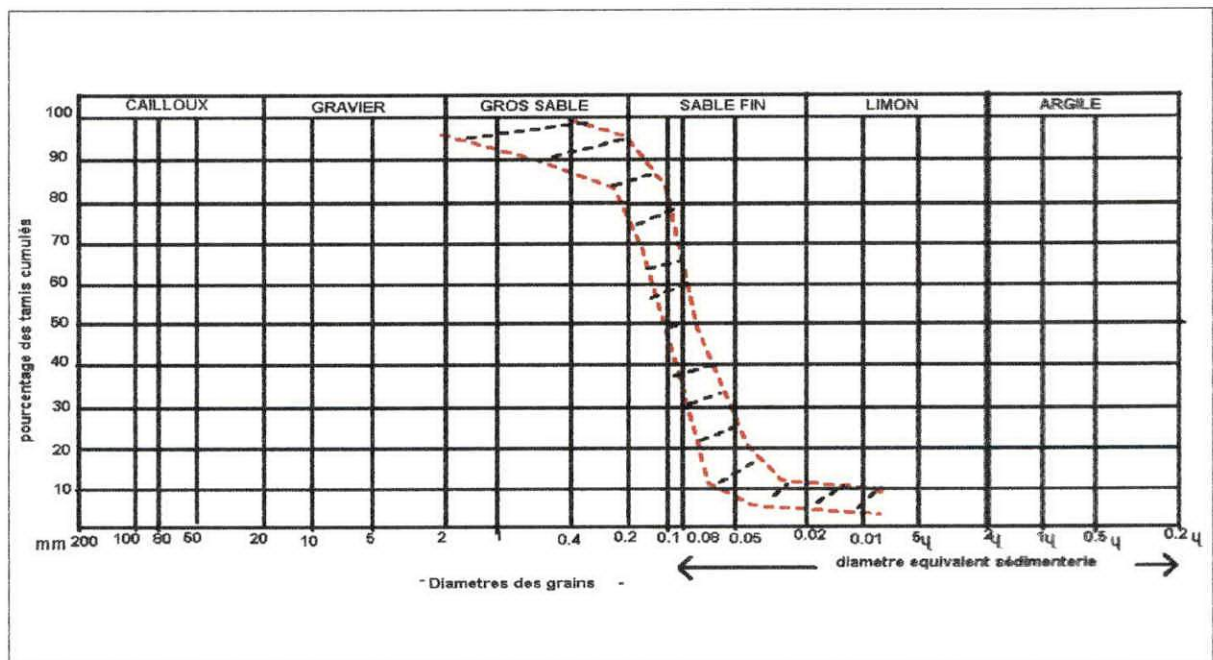
La valeur moyenne de la teneur en eau de ces sables fins est de l'ordre de 15.70 %, le degré de saturation donne un sol mouillé (Sr % = 72.91 %) d'après la classification de TERZAGHI

✓ **Poids volumiques**

La valeur moyenne du poids volumique sec ( $\gamma_d$ ) est de l'ordre de 1.58 t/m<sup>3</sup>, et celle du poids volumique humide ( $\gamma_h$ ) est de 1.85 t/m<sup>3</sup>, il s'agit d'après FILLIAT d'une formation moyennement dense.

✓ **Analyse granulométrique**

Elle a montré un fuseau assez uniforme avec un pourcentage passant à 80µm qui dépasse les 20%, il s'agit d'après la classification LCPC d'un sol fin (figure n°10).



**Figure n°10 - Fuseau granulométrique des sables fins limoneux**

✓ **Limites d'Atterberg**

Les valeurs moyennes des limites d'Atterberg (WL, Wp et Ip) sont :

- WL = 31.6 %.
- Wp = 14.73 %.
- Ip = 17.5 %.

**IV-1-2-2 Unité II : sable grésifié**

**a- Paramètres physiques**

✓ **Teneurs en eau (W%)**

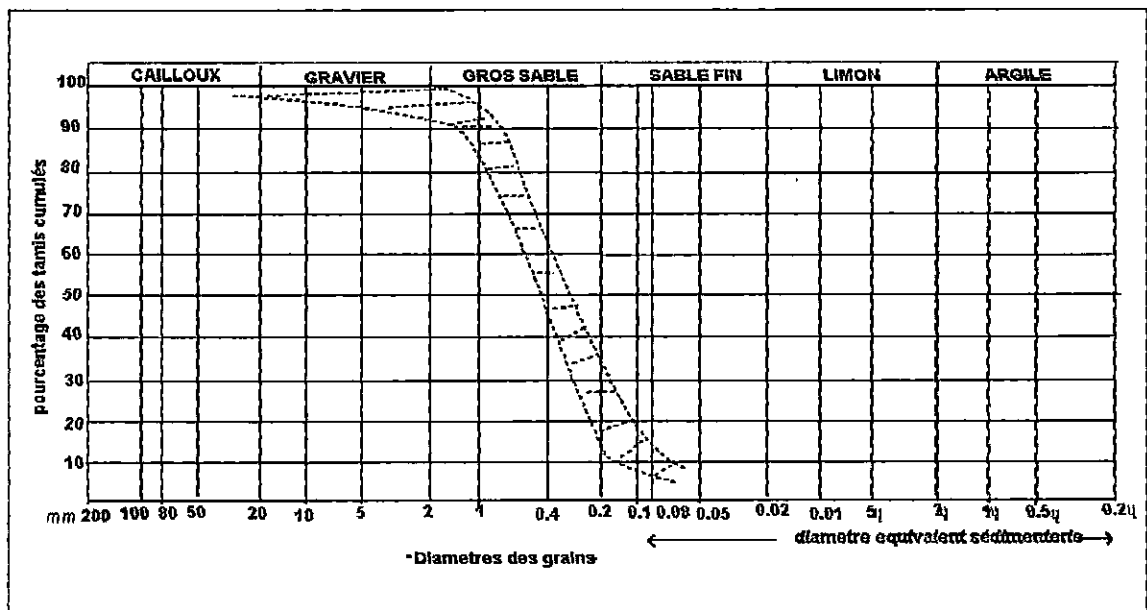
Ce sol a une teneur en eau qui varie entre 4.2 et 8.81% avec une moyenne de 5.59%.

✓ **Poids volumiques ( $\gamma_d$  et  $\gamma_h$ )**

Les valeurs moyennes de densité sèche ( $\gamma_d$ ) et humide ( $\gamma_h$ ) sont respectivement 1.62 et 1.69 t/m<sup>3</sup>, indiquant un sol de densité moyenne.

✓ **Analyse granulométriques**

Le fuseau granulométrique révèle un caractère moyen à grossier de cette formation, vu que le pourcentage des passants à 80 $\mu$ m n'est pas important (11%) et les passants à 2mm sont supérieurs à 94%, indiquant un sol de sable moyen à grossier (figure n°13).



Paramètres géotechniques		Nombre d'échantillon	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne	Interprétation	
Paramètres physiques.	Teneur en eau naturelle : W%	3	4.2	8.81	5.93	Sol légèrement humide	
	Degré de saturation : Sr (%)	-	-	-	-		
	Poids volumique sec : $\gamma_d(t/m^3)$	4	1.46	1.85	1.62	Densité moyenne	
	Poids volumique humide : $\gamma_h(t/m^3)$		1.45	2.02	1.69		
	Granulométrie	% de passants à 2mm	10	77	100	94.3	Sable moyenne à grossier
		% de passants à 0.08mm		10	12	11	
% de passants à 2 $\mu$		-		-	-		
Paramètres mécaniques.	Compression simple	Re (bars)	3	0,39	0,91	0,67	mi-consistant

Tableaux n°5 - caractéristique physico-mécaniques des sables grésifié

#### IV-1-2-3 unité III sols alluviaux

##### a- Paramètres physiques

##### ✓ Teneur en eau et degré de saturation (W% et Sr %)

La teneur en eau (W%) varie entre 3.4 et 36.72% avec une moyenne de 17.86%, et le degré de saturation qui varie entre 75.95 à 84.29% et une moyenne de 79.52% qui signifie un sol détrempe d'après la classification de TERZAGHI.

##### ✓ Poids volumiques

Les résultats obtenus sur les 16 essais, montrent que les valeurs moyennes des Poids volumiques secs ( $\gamma_d$ ) et humides ( $\gamma_h$ ) sont respectivement 1.63 et 1.94 t/m<sup>3</sup>, ce qui signifie un sol de densité moyenne.

##### ✓ Analyse granulométrique

Elle a montré deux fuseaux qui signifient l'hétérogénéité du sol de la formation alluviale (voir figure n°14) ;

- Fuseau (a) met en évidence un sol limono-sableux à gravier hétérogène, étalé.
- Fuseau (b) met en évidence un sol gravelo-caillouteux, sableux.

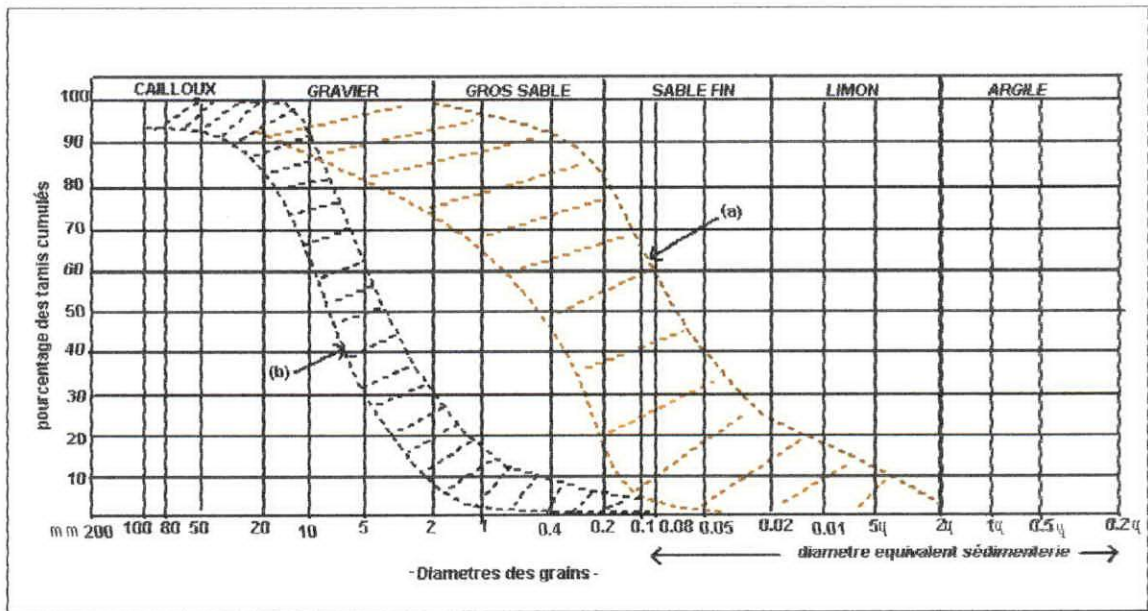


Figure n°14 - fuseau granulométrique de la formation alluviale

✓ **Limites d'ATTERBERG**

La fraction fine (limoneuse) des alluvions récentes présente des limite d'Atterberg dont les valeurs moyennes sont de l'ordre de:

- $Wl = 29.35\%$
- $Wp = 12.23\%$
- $Ip = 17.4\%$

Dans le diagramme de Casagrande, les différents points s'alignent suivant la ligne A, dans le domaine d'argile peu plastique (figure n° 15).

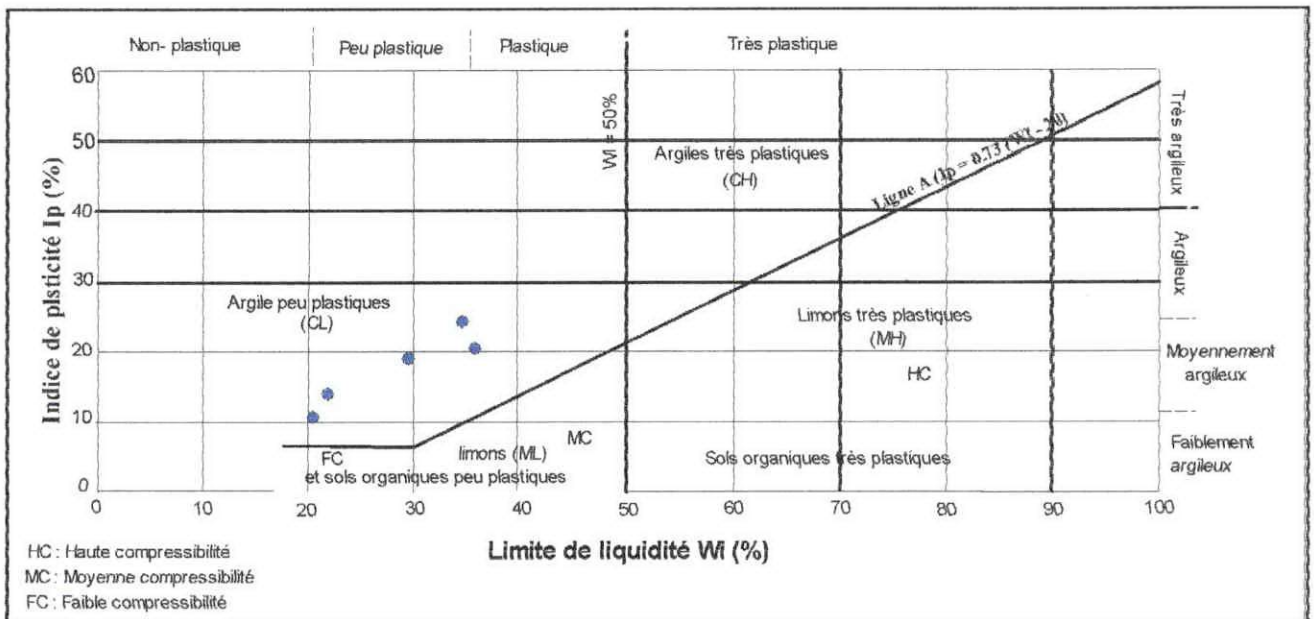


Figure n°15 - diagramme de plasticité de Casagrande pour la formation alluviale

**b- Paramètres mécaniques**

✓ **Essai au cisaillement**

L'essai au cisaillement à la boîte de casagrande a donné des valeurs de cohésion ( $C_{uu}$ ) variant entre 1.0 et 2.5 bars et l'angle de frottement entre  $14^\circ$  et  $31^\circ$  ce qui signifie que c'est un sol pulvérulent à composante cohésive de bonne résistance.

✓ **Résistance à la compression simple ( $R_c$ )**

Les valeurs de résistance à la compression simple ( $R_c$ ) sont comprises entre 0,42 et 1,88 (bars) avec une moyenne de 1.1 (bars) ce qui donne un caractère d'un sol consistant.

**c- Paramètres chimiques**

Les résultats de cette analyse sont présentés sur le tableau ci-dessous :

	nombre d'échantillon	valeur minimale	valeur maximale	Valeur moyenne
caco3 (%)	14	4,84	29,35	11,36
Na cl (%)	4	0,234	0,409	0,321
mat organique (%)	9	0,85	4	2,02

*Tableau n°6 - caractéristiques chimiques de la formation alluviale*

Le sol en place ne présente aucune agressivité pour le béton et les armatures autant qu'il a de faibles teneurs en Na Cl.

	Paramètres géotechniques		Nombre d'échantillon	Valeur	Valeur	Moyenne	Interprétation		
				minimale	maximale				
Paramètres physiques.	Teneur en eau naturelle : W%		18	3.4	36.72	17.86	Sol détrempé		
	Degré de saturation : Sr (%)		3	75.95	84.29	79.52			
	Poids volumique sec : $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )		16	1.27	1.85	1.63	Densité moyenne		
	Poids volumique humide : $\gamma_h$ (t/m <sup>3</sup> )			1.7	2.14	1.94			
	Granulométrie	% de passants à 2mm		8	13	81	43.85	Sol hétérogène	
		% de passants à 0.08mm			4	26			12.2
		% de passants à 2 $\mu$							
	Limites d'Atterberg	WL (%)		6	20.5	35.05	29.35	Fraction fine très plastique	
		WP (%)			10.8	15			12.29
		IP (%)			10.33	23.36			17.40
Indice de consistance : Ic		6	0.18	1.05	0.59	ferme			
Paramètres mécaniques.	Compression simple	Rc (bars)	4	0.42	1,88	1,10	Sol consistant		
	Cisaillement	C (bars)	4	1.0	2.5	1.62	Bonne résistance		
	Rectiligne UU	$\Phi$ (degrés)		14	33	24.12			

*Tableau n°7 - caractéristique physico-mécaniques de la formation alluviale*

### IV-1-3 Essais in situ

#### IV-1-3-1 Essai SPT (Standard Penetration Test)

Le paramètre SPT est désigné traditionnellement par  $N$ , et correspond au nombre des coups pour un enfoncement standard de 30 cm les résultats des essais SPT sont affectés par un certain nombre de correction (correction de la profondeur et correction de nappe) (CTTP, 2002), l'essai SPT est plus représentatif et plus significatif pour les sols pulvérulents dont l'obtention des échantillons intacts est difficile et déconseiller pour les sols cohérents à cause des pressions interstitielles.

C'est un essai de pénétration par battage dans un trou de forage, cet essai permet à partir de coups compté et grâce à des relations entre les essais, d'estimer la capacité portante du sol.

110 essais ont été réalisés dans 31 sondages carottés ; 105 essais dans 28 sondages au sud de la zone d'étude et 5 essais dans 3 sondages carottés au nord-est.

Les essais qui ont été réalisés dans la partie sud-ouest de la zone d'étude ont montré que le sol est de faible à moyenne compacité, mais il devient plus dense en profondeur, cela marque les sols sableux et sols alluviaux.

Par contre dans la partie nord et sud-est, les essais révèlent que le sol est compact à très compact cela marque les formations gréseuses et sable grésifié.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus par les essais SPT indiquent un sol moyennement compact à très compact, seule la formation alluviale peut présenter une faible compacité en surface.

#### IV-1-3-2 Essai préssiométrique

On détermine à partir de cet essai les caractéristiques mécaniques essentielles du terrains à savoir le module de déformation ( $E$ ), la pression limite de rupture du sol ( $P_L$ ), lorsque celui-ci a une pression uniforme croissante sur la paroi de la cavité cylindrique (CTTP, 2002), et le rapport  $E/P_L$  donne une indication sur l'état de consolidation du sol.

Cet essai fournit une relation contrainte déformation du sol en place dans les conditions d'une déformation plane.

Nous avons eu les résultats que de 3 sondages au préssiomètre Ménard qui ont été réalisés au nord-est de la zone d'étude sur la formation de sable fin limoneux et sable grésifié consolidé. Les essais ont été réalisés à des profondeurs variant de 1 à 10m.

	Sable fin à moyen	Sable grésifié
$P_L$	7.2 à 19.7	4.6 à 39.5
$E$	20.9 à 88.9	59 à 177.5
$E/P_L$	2.6 à 7.5	4.3 à 11.5
Etat du sol	Remanié ( $E/P_L < 4$ ) à Sous consolidé ( $4 < E/P_L < 8$ )	Sous consolidé ( $4 < E/P_L < 10$ ) à Normalement consolidé ( $10 < E/P_L < 14$ )

**Tableau n°8 - Les caractéristiques mécaniques principales du sol déduites de l'essai préssiométrique**

Les résultats de cet essai indiquent que le sol présente un état remanié à sous consolidé en surface dans le sable fin à moyen mais en profondeur dans les sables grésifié à partir de 5m il est sous consolidé à normalement consolidé (tableau n°8).

#### IV-1-3-3 Essai pénétrométrique

Le principe de l'essai pénétrométrique consiste à enfoncer dans le sol, par battage, un train de tige muni d'une pointe, les résultats sont représentés sous forme de graphes dits « pénétrogrammes ».

Cinquante huit (58) essais au pénétromètre dynamique ont été réalisés, le refus a été enregistré à des horizons compris entre 3 à 10m de profondeur. Avec un tel nombre d'essais, la réalisation des cartes pénétrométrique est mieux adaptée pour une meilleure présentation et interprétation des résultats. Pour les terrains hétérogènes, la réalisation des essais pénétrométriques est impossible en l'occurrence dans les alluvions du fait de l'obtention de faux refus, dû essentiellement à la présence des cailloux.

##### IV-1-3-3-1 Evolution spatiale de la résistance à la pénétration dynamique

L'interprétation des valeurs de la résistance à la pénétration permet à cette dernière de suivre son évolution horizontale et verticale à des profondeurs données, en réalisant des cartes représentatives à l'aide du logiciel surfer 7.0.

Sur la base des mesures effectuées, on a réalisé trois cartes de résistance à la pénétration dynamique :

- à 2m de profondeur.
- à 4m de profondeur.
- à 6m de profondeur.

Ces tranches de profondeurs ont été choisies puisque la majorité des refus ne dépasse pas 6m, de plus il s'agit de la profondeur de fondation de la plupart des projets de construction.

##### IV-1-3-3-2 Interprétation des cartes pénétrométrique

###### a- Interprétation de chaque horizon

La carte de résistance à la pénétration dynamique à 2m de profondeur (figure n°16) montre des valeurs de la résistance en pointe ( $R_p$ ) allant de 20 à 200 bars dont les valeurs élevées se situent dans la partie nord-ouest de la zone d'étude qui coïncident avec la présence du sable grésifié consolidé, cependant dans les parties sud et nord-est, on remarque des valeurs de résistance en pointe ( $R_p$ ) moyenne comprise entre 20 et 60 bars, ces faibles valeurs correspondent à la présence d'une couche de terre végétale et le toit des alluvions argileuses.

Dans la carte pénétrométrique dynamique à 4m de profondeur (figure n°17), on notera que les valeurs de la résistance en pointe ( $R_p$ ) sont supérieures à 80 bars sur la majeure partie de la zone d'étude, et atteignant 260 bars sur la côte, où on a pu constater des refus. Cependant, dans le reste de la zone d'étude et plus au sud les valeurs moyennes sont comprises entre 100 et 180 bars qui correspondent à la formation sableuse.

La carte pénétrométrique à 6m de profondeur (figure n°18), montre que les valeurs de résistance à la pointe sont comprises entre 100 et 320 bars, et les valeurs élevées se situent dans la partie nord-ouest où se trouvent les sables grésifiés consolidés. Par ailleurs, dans la partie sud les valeurs peuvent atteindre 200 bars qui correspondent à la présence des sables grésifiés, et des

grés. On peut trouver aussi dans cette partie des valeurs comprises entre 100 et 180 bars qui correspondent à des sables consolidés friables.

On note, par ailleurs que, presque tout les pénétromètres ont atteint le refus vers 6 m de profondeur.

#### **b- Interprétation en profondeur**

On remarque qu'à 2m de profondeur plus de la moitié du terrain possède une résistance à la pointe ( $R_p$ ) inférieure à 100 bars, cependant les valeurs dépassent 180 bars sur toute la majeure partie du terrain à 4m de profondeur et dépassant les 220 bars à 6m de profondeur sur l'ensemble du terrain dont la majorité des pénétromètres ont atteint le refus.

On remarque dans l'ensemble qu'on allant en profondeur la résistance à la pointe augmente progressivement jusqu'à atteindre le refus, cette augmentation a différentes explications :

- l'apparition de la formation de sable grésifié consolidé et des grés.
- La bonne compacité des sables.
- Présence d'une nappe phréatique à très faible profondeur, où on note les fortes pressions hydrostatiques dues au battage et qui se manifestent par une grande résistance à la pointe.

On note aussi que les valeurs de résistance à la pointe présentées dans ces cartes dépendent de la répartition des points de données et elles n'indiquent pas dans l'ensemble des valeurs exacts là où on a pas enregistré des essais à pénétration dynamique, mais elles peuvent nous donner une certaine vision globale sur l'état du sol.

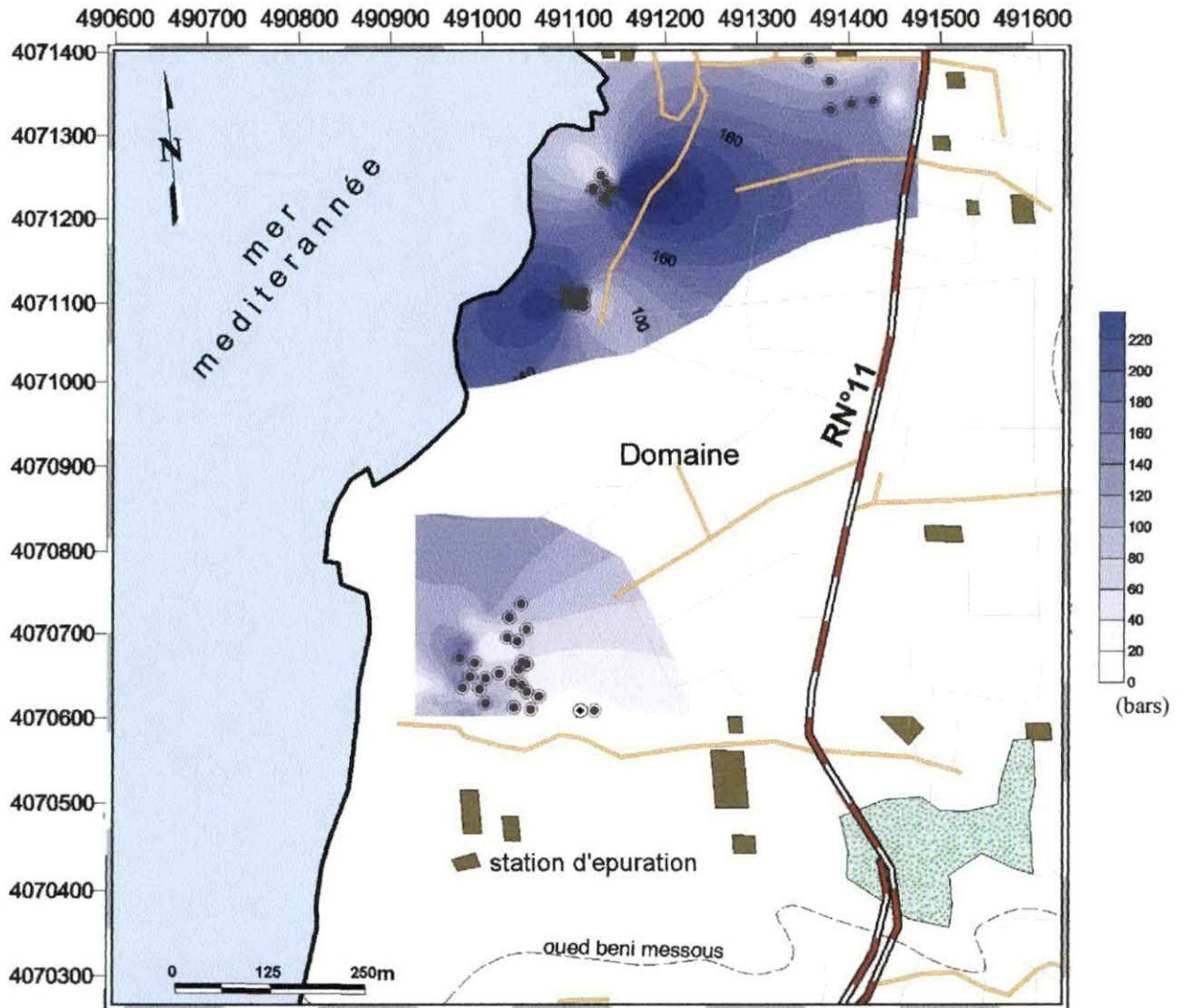


Figure n°16 – Carte des résistances à la pénétration dynamique à 2m de profondeur

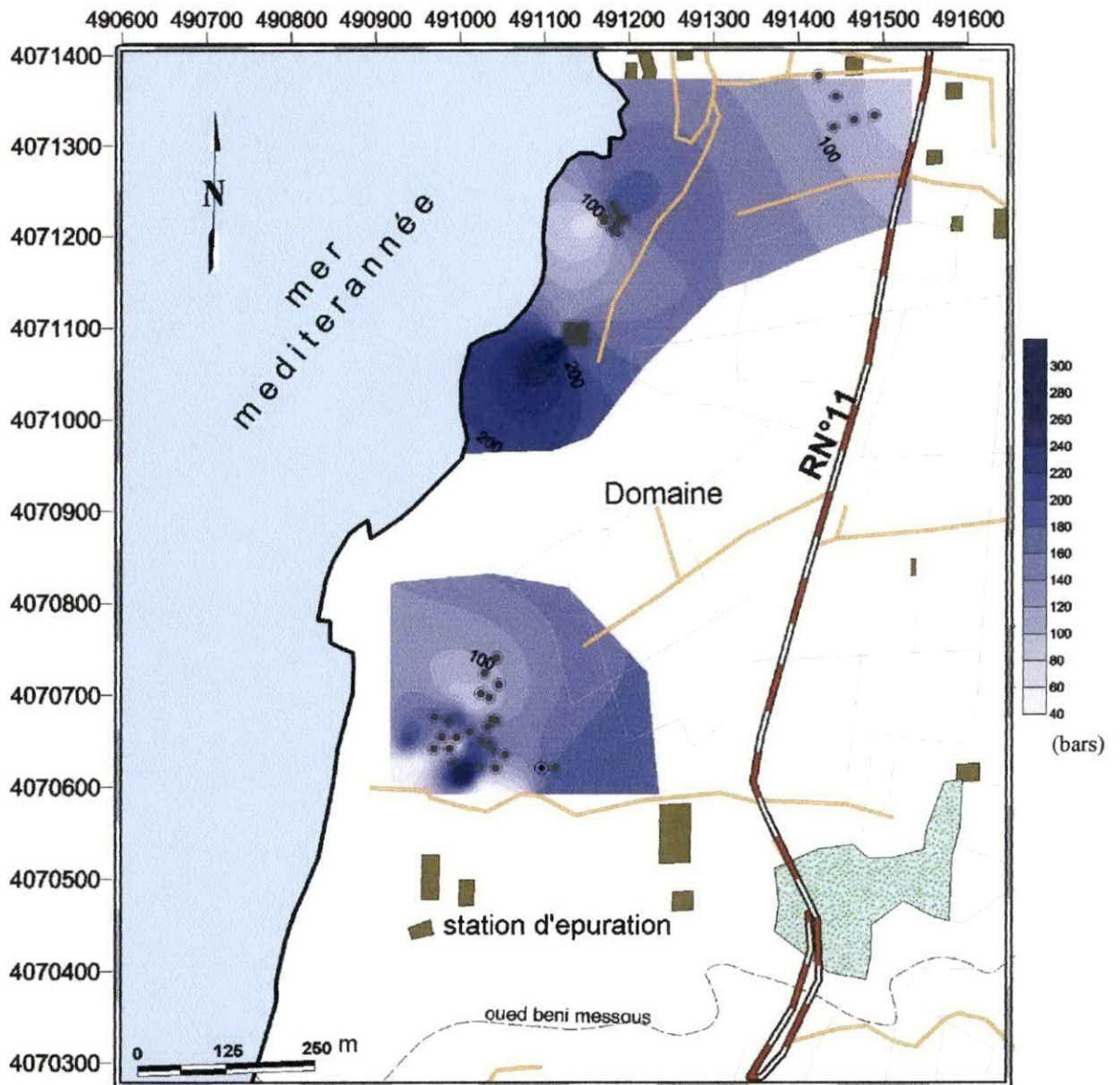


Figure n°17 - Carte des résistances à la pénétration dynamique à 4m de profondeur

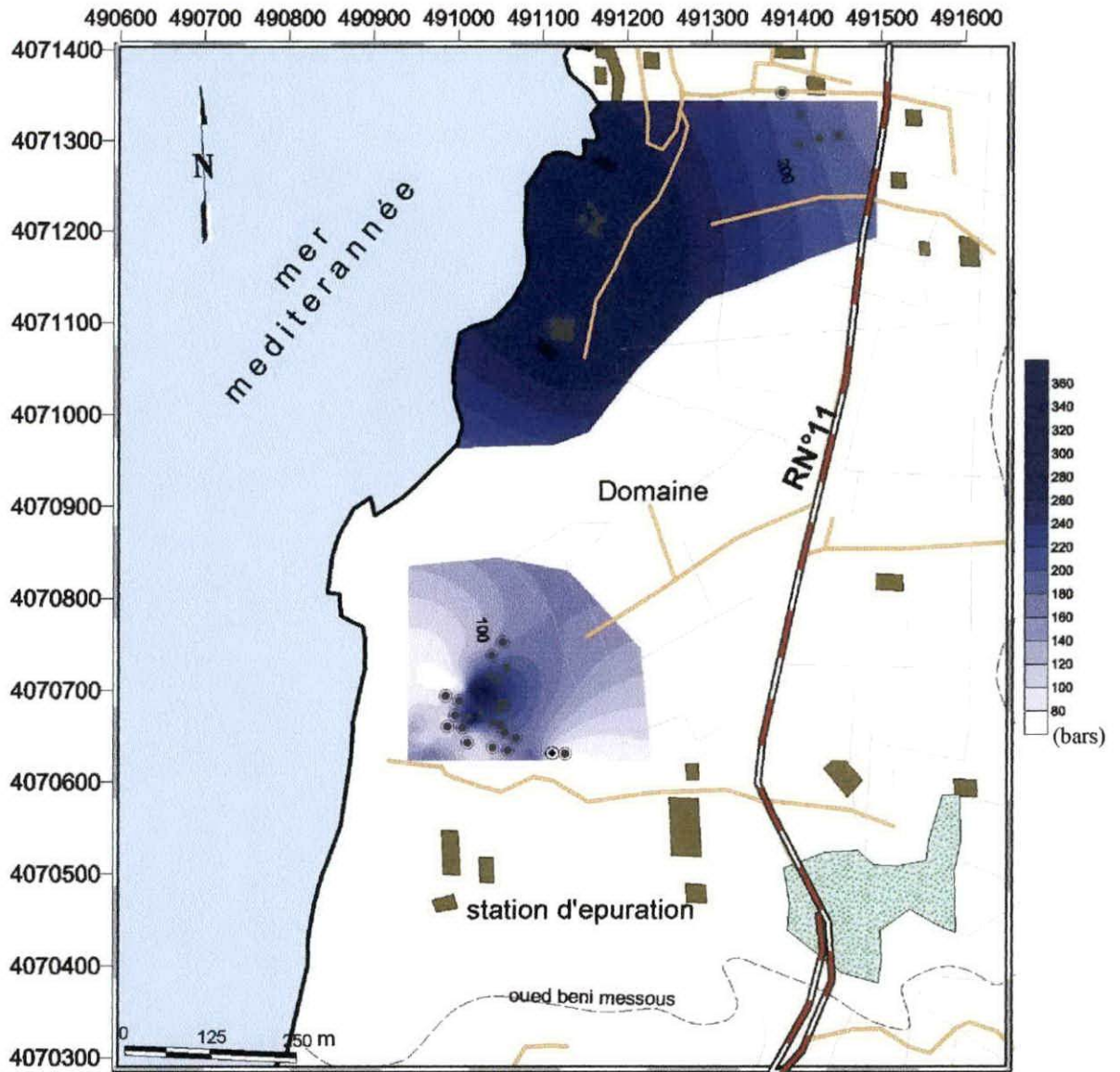


Figure n°18 - Carte des résistances à la pénétration dynamique à 6m de profondeur.

## IV-2 Portance du sol

### ✓ Contrainte admissible

Le calcul des contraintes admissibles a pour but d'évaluer l'aptitude du sol aux fondations et de déterminer les meilleurs types de fondations pour les projets à implanter dans la zone d'étude. On a calculé les contraintes admissibles à partir des essais au laboratoire et des essais in situ, en utilisant deux formules empiriques qui se basent sur les caractéristiques physico-mécaniques et la résistance en pointe des pénétromètres dynamiques.

#### IV-2-1 A partir des essais au laboratoire

La contrainte admissible dans le cas des fondations superficielles à une profondeur d'ancrage (D) est estimée à partir de la formule de Terzaghi ;

$$Q_{adm} = [0.5 (1 - 0.2 B/L) \gamma_h B N_\gamma + (1 + 0.2 B/L) C N_c + \gamma_h D N_q] / 3$$

$Q_{adm}$  : contrainte admissible

D : Profondeur de la fondation

B : Largeur de la semelle

L : Longueur de la semelle

C : Cohésion du sol

$\gamma_h$  : Poids Volumique humide ( $t/m^3$ )

$B=L$  pour une semelle carrée égale à 2

$N_\gamma$ ,  $N_c$  et  $N_q$  sont des facteur qui dépendent de l'angle de frottement  $Q(^\circ)$  (voir annexe).

Contrainte admissible \ Ancrage (D)	2m	4m
$Q_{adm}$ (bars)	45.58	27.63

**Tableau n°9 - Les contraintes admissibles calculées à partir des résultats des essais de cisaillement**

Les résultats obtenus ont été sur estimés et ne reflètent pas la réalité du sol (tableau n°9), on remarque aussi qu'à 4m de profondeur les contraintes admissibles sont très faibles par rapport à celles de 2m cela est du à la cohésion du sol sur lequel les essais ont été effectués.

#### IV-2-2 A partir des essais pénétrométriques dynamiques

La contrainte admissible est déterminée d'après la formule suivante :

$$Q_{adm} = R_p \min / \alpha$$

$Q_{adm}$  : contrainte admissible

$R_p \min$  : résistance de pointe minimale

$\alpha$  : coefficient réducteur ( $\alpha = 25$ ).

Les résultats obtenus sont notés sur le tableau n°10

Contrainte admissible \ Ancrage (D)	2m	4m
$R_p$ min	34	70
$Q_{adm}$ (bars)	1.36	2.8

**Tableau n°10 - Contraintes admissibles calculées à partir des résultats des essais pénétrométriques**

Les valeurs de résistances a la pointe minimale obtenues à partir des pénétrogrammes pour 2 et 4 m de profondeur sont respectivement 34 et 70 bars donnant des contraintes admissibles de 1.36 et 2.8 bars, et augmente avec la profondeur. Ces résultats indiquent qu'on est en présence d'un sol d'une portance moyenne à bonne.

### Conclusion

La formation sableuse est constituée d'une granulométrie, de sable fin à grossier, avec peu de limon, c'est un sol peu plastique et d'une compacité moyenne à bonne.

La formation du sable grésifié présente une granulométrie serrée, du sable moyen à grossier, d'une cohésion faible et une compacité très élevée, où on remarque une faible densité qui n'est pas représentative de l'état du sol puisque les mesures ont été faites dans les premiers mètres où le sable est friable.

La formation alluviale est constituée de sols hétérogènes, formés de graviers, cailloux et sable avec une fraction limoneuse

Ces sols sont de portance moyenne à bonne, les tassements de consolidation ne seront pas à craindre, ces tassements sont de type instantané étant donnée qu'il s'agit de sols grenus, seule la formation alluviale, à proximité de l'oued possède des caractéristiques géotechniques défavorable pour la construction.

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a small loop at the top right and bottom left.

**Chapitre V**

**CONSÉQUENCES SUR  
L'AMÉNAGEMENT**

## **Introduction**

L'étude géotechnique des formations géologiques de la zone d'étude, révèle des caractéristiques géotechniques moyennes à bonnes dans l'ensemble, exception faite des alluvions récentes.

Notre zone d'étude est marquée par diverses instabilités, dues à des causes résultantes de phénomènes naturels et d'actions anthropiques dont les effets sont souvent conjugués.

### **V-1 Instabilité de la portion littorale**

#### **V-1-1 Différents types d'instabilité**

Les instabilités rencontrées dans notre zone d'étude se manifestent sous forme de glissements rotationnels simples de terrains de petites ampleurs (photo n°6), de ravinements, éboulements et d'érosion par les facteurs marins.

#### **V-1-2 Instabilité des pentes et érosion des falaises littorales**

Couramment, les falaises de la portion littorale sont soumises à une dégradation et régressent régulièrement. Le mouvement est lié à une diversité de facteurs, lithologie, fracturation, climat, mouvements des eaux de surface et souterrains, et action des vagues. La régression des falaises est habituellement provoquée par attaque de la base par les vagues et effondrement discontinu du flanc de la falaise (photo n°7). L'effondrement des falaises peut être accéléré exceptionnellement par des séismes.

#### **V-1-3 Causes d'instabilité**

Les paramètres qui indiquent la vulnérabilité de la côte et contribuent activement à son recul sont :

- La morphologie verticale des falaises dunaires du site
- Existence des passés tendres (friables) très érodables (photo 7).
- Les eaux d'infiltrations et de ruissellements associées à l'action de la dynamique marine.
- Poids des constructions sur les dunes à proximité de la mer (photo n°8).

De plus, s'ajoutent les causes anthropiques qui se traduisent par des actions de destruction de l'environnement :

- L'exploitation clandestine du sable de la plage ce qui a conduit à la régression de la plage des dunes (photo n°9).
- Surcharges par remblai, de talus et rétrécissement de la largeur du lit de l'oued Beni Messous qui aura un pouvoir d'érosion considérable, s'il venait à déborder, lors des périodes de crues (photo n°10).

#### **V-1-4 Les mécanismes d'érosion liées au recul du trait de côte**

##### **a- Les houles**

Leur action se traduit par le choc sur les falaises combiné au bombardement par des sédiments plus au moins grossiers (PASKOFF.1985), l'attaque frontale des vagues de la partie basse de la falaise souvent tendre engendre le basculement de la partie sommitale en porte à faux (photo n°7). Les résultats de l'action destructive de la houle sur les grès de base des dunes sableuse, plus dures, peuvent s'observer sur le site (photo n°11). Cette destruction est facilitée par les nombreuses fracturations qui parcourent ces grès par lesquelles s'engouffre l'eau de mer qui avance en érodant les blocs qu'elle finit par isoler.

**b- L'érosion régressive**

Elle est favorisée par la présence du sable, grésifié par endroits (photo n°12).

**c- L'érosion différentielle**

Elle est due à une alternance des bancs durs et bancs tendres, qui met les formations les plus dures en déséquilibre (photos 07).

**d- Les ravinelements**

En période de forte pluie et en l'absence de couverture végétale protectrice, eaux de ruissellement ravinent fortement les dunes sableuses en y incisant de longues rigoles aux bords vifs, favorisant ainsi les instabilités gravitaires.

**V-2 Constructibilité du site**

**V-2-1 Etat du sol**

L'étude des paramètres physico-mécaniques du sol de la portion littorale révèle de moyennes à bonnes caractéristiques géotechniques des formations superficielles de sable argileux et de sable grésifié.

Ce sont des sols pulvérulents de compacité moyenne à bonne, perméables, de bonne résistance à la compression simple et à l'essai de cisaillement. La résistance à la pénétration dynamique est moyenne à bonne. Les tassements de consolidation sont de type instantané.

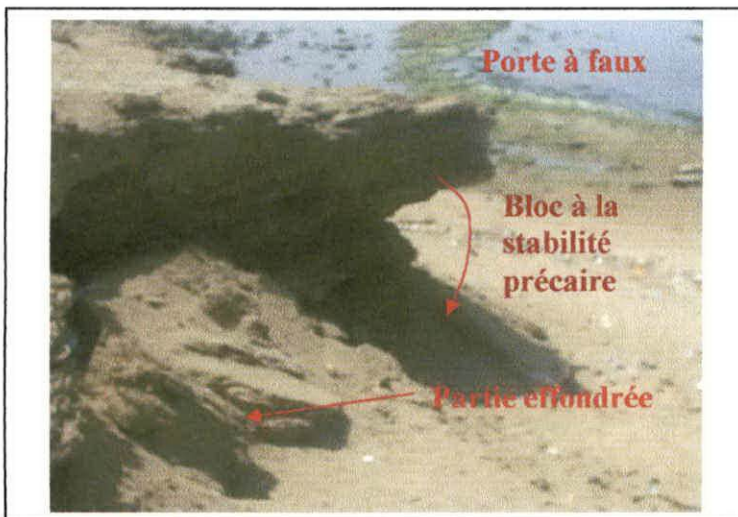
Ces sols présentent des contraintes admissibles assez importantes et constituent un bon sol de fondation, à l'exception la formation alluviale, au sud du site, à proximité de l'oued Beni Messous qui présente les caractéristiques géotechniques les plus défavorables à la construction.

Il est à signaler que les études géotechniques réalisées, suggèrent souvent des fondations superficielles ancrées généralement de 1,5 à 2,5 m, de type semelle filantes ou isolées, ceci en fonction des surcharges à apporter et des propriétés mécaniques du terrain de fondation

Dans la partie nord-ouest de la portion littorale, la mer a atteint le bord des maisons adjacentes après une érosion intense, ce qui indique que la zone est fortement fragile et menacée, vu la nature géologique des sols et l'agressivité de forces marines (photo n°13).



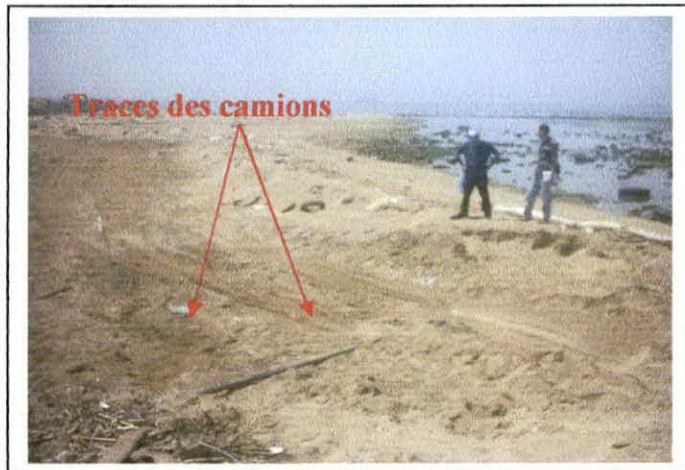
**Photo.n°6** : Glissement rationnel simple au niveau de la page "La Fontaine"



**Photo.n°7** : Instabilité des falaises. Les blocs de sable grésifié menacent de s'écrouler suite à l'érosion de la base sableuse



**Photo.n°8** : Poids des constructions sur les falaises



**Photo.n°9** : Exploitation clandestine des sables



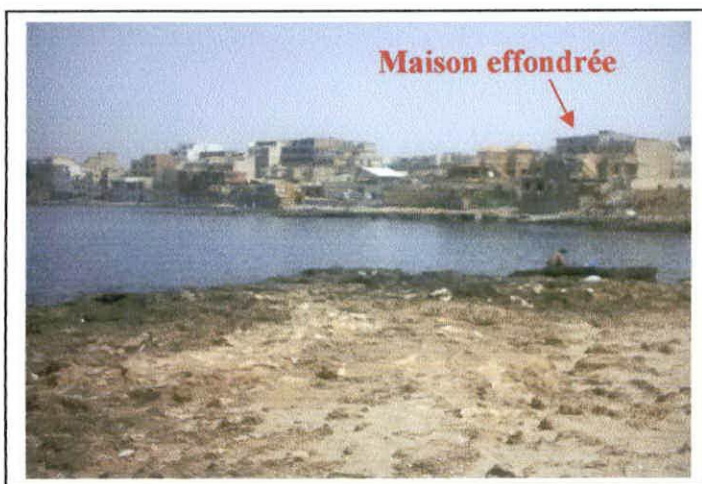
**Photo.n°10** : Lit de l'oued Beni Messous.



**Photo.n°11** : l'action destructive de la houle



**Photo.n°12** : érosion côtière  
Des grès de base des dunes  
sableuses



**Photo.n°13** : constructions  
menacées par la mer

### V-2-2 Problème de liquéfaction

D'un point de vue général, la liquéfaction est le processus de transformation d'une substance solide ou gazeuse en un liquide, ce phénomène est connu lors d'un séisme dans le cas d'un sol pulvérulent saturé. Cette transformation d'état se fait par augmentation de la pression interstitielle, qui engendrent une chute de la résistance au cisaillement du sol (pulvérulent lâche), et favorisant le développement du phénomène de liquéfaction (OSMANI & OUZERARA, 2004).

D'après l'étude qui a été faite par le (CTTP, 2002), les sables constituant notre zone d'étude ne sont pas vulnérables au phénomène de liquéfaction même avec une forte magnitude de séisme. Ces sables formant le terrain de fondations des projets sont moyennement denses, et la nappe se trouvant à des niveaux différents :

- Au nord où la nappe est supposée entre 15 et 17m est suffisamment profonde pour que la liquéfaction ne se produit pas.
- Par contre au sud où la nappe n'est pas profonde et peut atteindre la surface en période hivernale où le phénomène de liquéfaction peut se manifester. C'est pour cela, qu'il faut prendre en considération le calcul du potentiel de liquéfaction pendant l'étude du sol.

### V-3 Perspectives d'aménagement

#### V-3-1 Impacts et recommandations

Les travaux de construction des ouvrages sur la portion littorale présentent des impacts importants vis-à-vis du milieu naturel et on constate aussi la perturbation du cadre de vie dans tous les voisinages des chantiers ; bruits, circulation des engins, poussières... etc.

En effet, bien que temporaires les impacts propres aux travaux sont intenses, l'insertion de ces ouvrages dans le site peut altérer l'harmonie du paysage.

Les dunes présentent la première ligne de défense contre la mer, la hauteur et la largeur du massif dunaire et la présence de végétation naturelle aident à mieux maintenir cette ligne (PASKOFF, 1993).

L'exploitation intense des agrégats au niveau de l'oued et de la plage, réduit le volume des apports solides.

Les constructions anarchiques trop proches du rivage changent profondément l'esthétique naturelle de la zone.

De plus, notre zone d'étude reçoit sur le long de sa côte des rejets urbains des agglomérations adjacentes et des nombreuses communes environnantes. D'ailleurs, l'herbier de posidonies qui a un rôle important dans la vie écologique marine et la dissipation des houles, est menacé à disparaître en certains endroits sous l'effet de la pollution du milieu marin (BOUKARI & TALBI, 1995).

La station d'épuration, qui est en cours de réalisation, présente un dispositif de traitement des eaux domestiques à fin de ne pas dégrader le milieu naturel et la nappe phréatique. Par contre ce projet demande une étude d'impact relativement complexe faisant intervenir des problèmes d'ordre hydrologique, biologique et économique. Nous n'avons pas trouvé une étude dans ce sens.

Tout aménagement programmé dans notre zone d'étude nécessite :

- D'éviter la proximité de l'oued Beni Messous et les terres agricoles.
- Eviter de construire sur les sables dunaires littoraux où le potentiel de liquéfaction peut être important surtout à proximité de l'embouchure de l'oued.
- Préférer les zones gréseuses plus dures et dénudées.
- Préservation des habitats, proches des falaises les plus menacées et l'emploi de blocs de protection.
- Interdiction de toute extraction (pillage) des sables dunaires pour éviter de défigurer le panorama et de porter des modifications dans l'équilibre sédimentaire de ce littoral déjà assez atteint.

### **V-3-2 Perspectives et protection**

Dans le but d'intervenir dans la protection et la préservation de la plage et des dunes fossiles qui sont considérées comme un atout majeur pour le développement du tourisme, on propose certaines perspectives de protection de la zone :

- Restauration des dunes par la mise en place d'obstacles (branches et pieux) surtout dans la partie sud où il y a une forte dégradation des dunes puis boiser les espaces dunaires, assurant la fixation des sédiments accumulés (PASKOFF, 1993).
- Alimentation artificielle de la plage tout en respectant la même granulométrie du site (PASKOFF, 1985)..
- Aménager l'embouchure de l'oued Beni Messous en le canalisant par émissaire susceptible de recueillir les eaux fluviales et de préférence enfouir cet émissaire sous le sable de la plage et immergé sous l'eau de mer, elle peut résoudre le problème de pollution, en évacuant les eaux polluées loin. Du point de vue esthétique de la plage, cette canalisation va épargner la traversée d'un oued en plein milieu de la plage ainsi la stagnation de ces eaux à son embouchure (BOUKARI & TALBI, 1995).
- L'implantation des épis courts permet d'atténuer l'érosion marine, et on doit prendre en considération leur enracinement, la largeur, l'espacement et leur orientation où il est fortement recommandé de faire une étude plus approfondie pour assurer une accumulation optimale des sédiments le long de la plage.

### **Conclusion**

La zone d'étude est caractérisée par plusieurs sites instables résultants des phénomènes naturels et d'actions anthropiques. D'après l'étude géotechnique, le sol présente de bonnes caractéristiques géotechniques, mais pour la partie sud où le problème de liquéfaction est potentiel, nous recommandons de bien mesurer par étude ce potentiel et prendre ensuite les dispositions qui s'imposent.

Pour finir, nous mettons l'accent sur la gravité de la situation qui a été observée dans l'ensemble de la portion littorale étudiée où beaucoup de constructions ont été réalisées et d'autres en cours de réalisation en bordure de falaise dunaires dont la stabilité est chaque jour amoindrie par les phénomènes naturels anthropiques. Ce qui suggère l'urgence d'une action protectrice de l'ensemble de cette côte en net recul.



**CONCLUSION  
GÉNÉRALE**

## Conclusion générale

On peut conclure notre travail en dressant le bilan des résultats atteint par rapport aux objectifs que nous nous sommes fixé pour cette étude

Notre zone d'étude est caractérisée par des formations quaternaires et appartient au cordon littoral marqué par des dunes consolidées et non consolidées (actuelles).

Dans le détail, terrain de la portion littorale est caractérisé par quatre formations principales distinctes du point de vue lithologique :

- **Remblai** : Une couche superficielle, parfois sableuse caillouteuse et limoneuse, d'une épaisseur de 0.5 à 6 m.
- **Sable fin à grossier** : Plus au moins argileux parfois graveleux d'une épaisseur de 3 à 20 m.
- **Sable grésifié** : Formé de sable moyen à grossier, d'une épaisseur de 4 à 14 m.
- **Grés dur** : Formé de sable fin à moyen consolidé et cimenté se trouvant à partir de 4 m de profondeur jusqu'à la fin des sondages.
- **Formation alluviale très récente** : à proximité de l'oued et son embouchure, elle est marquée par des sables moyens à grossiers, argiles, limons, vases et du tout venant.

Du point de vue hydrogéologique, la zone d'étude renferme des nappes libres alimentées exclusivement par les eaux de pluies. La variation du niveau de ces nappes est importante sur l'ensemble de la portion littorale ; elle se trouve entre 15 et 17 m au Nord mais au Sud elle peut atteindre la surface en hiver et la qualité chimique de ses eaux présente une très faible agressivité sur les fondations.

Sur le plan sismique, la région de Ain Benian est classée en zone III, de sismicité très élevée. Elle est exposée au risque sismique à cause de l'activité tectonique récente. Cette activité est liée aux mouvements de convergence des plaques africaine et eurasiennne comme le suggèrent les analyses des mécanismes focal des récents séismes et des études néotectoniques. Voir l'état de sismicité de la région, la construction doit répondre aux règles parasismiques.

Sur le plan géotechnique, nous avons pu individualiser trois unités distinctes:

- 1- Unité sableuse, qui est divisée en deux formations :
  - a) Sable fins limoneux.
  - b) Sable moyen à grossier.
- 2- Unité de sable grésifié.
- 3- Unité des sols alluviaux ; sable fin à grossier argilo limoneux, gravelo-caillouteux

L'étude des paramètres physico-mécaniques, obtenus à partir des investigations et essais géotechniques, révèle des caractéristiques géotechniques moyennes à bonnes dans l'ensemble, exception faite des alluvions récentes qui sont défavorables pour la construction.

La capacité portante du sol obtenu à partir des essais in situ en différents points de la zone étudiée montre qu'il s'agit d'un sol de compacité moyenne à bonne selon les horizons traversés. Seule la formation alluviale peut présenter une faible compacité en surface. On note aussi que les tassements de consolidation sont de type instantané

L'ensemble des résultats obtenus sur la formation sableuse de la portion littorale, a permis de déduire qu'elle constitue un bon sol de fondation. Le mode de fondation à préconiser est de type superficiel sous forme de semelles isolées ou filantes, d'un ancrage entre 2 et 4 m de profondeur.

Beaucoup de constructions ont été réalisées sur les falaises et en bordure de la mer dans une position d'instabilité importante, la gravité de la situation se fait sentir dans l'ensemble de la portion littoral étudiée, on suggère l'urgence d'une action protectrice de ces côtes.

Les ouvrages à implanter dans la portion littorale provoquent des effets dommageables et présentent des impacts sur l'environnement.

La portion littorale étudiée connaîtra une dégradation importante si on ne prend pas des mesures de protection et d'aménagement, de ce fait, on préconise une étude plus approfondie.



**BIBLIOGRAPHIE**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**ABDI & KHELIFI ; 2003** – Travaux d'aménagement de port d'El Djamila. Mémoire d'Ingénieur. ISMAL.

**AMGHAR. L & SAHRAOUI. E ; 2005** - Etude géologique et géotechnique d'un projet de complexe hôtelier à STAOUELI (Alger). Mémoire d'ingénieur, USTHB/ I.S.T.

**AYME.A ;1964** - Carte géologique de la région de Alger-Chéraga, à l'échelle 1/50000

**BAKIR.M ; 1989** – La dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamila (baie de BOUSMAIL). Mémoire d'Ingénieur. USTHB/IST.

**BELLEHSENE.Y & MESSAOUDIS ; 2005** – Etude bathymétrique, Sédimentologique et pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila. Mémoire d'Ingénieur. ISMAL.

**BENALLAL & OURABIA.K ; 1989** - Etude hydrogéologique et géotechnique de la zone côtière de STAOUELI-SIDI FREDJ (Ouest Algérois). Mémoire d'Ingénieur. U.S.T.H.B / I.S.T.

**BOUALEM. M & DJEDDOU. A ; 2005** – Etude géologique et géotechnique d'un site côtier pour la construction d'une centrale électrique. Mémoire d'ingénieur, spécialité aménagement du littoral, ISMAL.

**BOUGUEROUA.S & DEKKAR ; 1997** - Etude géologique et géotechnique des terrasses marines Pléistocène du Sahel Occidental d'Alger (AIN-BENIAN-TIPAZA). Mémoire d'Ingénieur. U.S.T.H.B / I.S.T.

**BOUKARI. S & TALBI. K ; 1995** – Evolution et état actuel d'un site côtier en zone d'embouchure ; perspectives de protection et d'aménagement cas de l'oued Beni-Messous (Les Dunes). Mémoire d'ingénieur, ISMAL.

**C.G.S ; 1998** - Rapport de microzonage sismique de la région d'Alger.

**C.G.S ; 2003** - Règles parasismiques algériennes RPA 99 et addenda 2003.

**CTTP ; 2002** - Rapport géotechnique ; Bâtiments de stockage de médicaments.

**ENAGEO ; 1989** - Etude géotechnique du projet de construction d'une station d'épuration au bassin versant de Beni Messous.

**GLANGEAUD.L ;1932** – étude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Bull. série. Carte géologique. Algérie, Alger 1932. 2<sup>ème</sup> série. n°08.

**GLANGEAUD.L, AYME.A, CAIRE.A, MATAEUR.M, MURAOUR.P ;1952** – Histoire géologique de la province d'Alger. publ. XIX ème CGI. Alger 1952, Monogr. Région, 1<sup>ère</sup> sér. Algérie. n° 25, 142 p, 40 fig. 3pl. h– t.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**LCTP ; 2004** - Rapport d'étude de sol de l'INFSP.

**MADMAN ; 2005** - Etude de sol d'un hôtel en R+7, et Etude de sol d'un centre sous marin (ORASCOM).

**MAUCHE. S ; 2002** – Etude sismotectonique de l'Algérois et des zones limitrophes de Cherchell –Gouraya. Thèse de magister, département des sciences de la terre. USTHB.

**PASKOFF.R ; 1985** – Les littoraux ; impacts des aménagements sur leur évolution. Collection géographie, Edit Masson, 185 pages.

**PASKOFF.R ; 1993** – Côtes en danger, Ed. Masson, Paris, 250 pages.

**OSMANI. M & OUZERARA. M ; 2004** - Le séisme du 21 mai 2003 : contribution à l'étude de l'effet de site par mesure de bruit de fond sismique (Méthode H/V) – Boumerdes. Mémoire d'ingénieur. USTHB/ I.S.T.

### **Logiciels utilisés**

- SURFER 7.0
- MAP INFO 7.5



**ANNEXE**

**Tableaux de classification des sols suivant les paramètres géotechnique :**

**Tableau relatif aux paramètres physique**

<b>Paramètres d'identification</b>	<b>Unité</b>	<b>Symbole</b>
Poids volumique sec	t/m <sup>3</sup>	$\gamma_d$
Poids volumique humide	t/m <sup>3</sup>	$\gamma_h$
Teneur en eau	%	W
Degré de saturation	%	Sr
Passants au tamis de 2mm	%	<2mm
Passants au tamis de 0.1mm	%	<0.1mm
Passant au tamis de 2 $\mu$	%	<2 $\mu$
Limite de liquidité	%	WL
Limite de plasticité	%	WP
Indice de plasticité	%	IP
Indice de consistance	-	Ic

**Essais d'identification physique**

**Tableau relatif au poids volumique sec( $\gamma_d$ ) :**

<b>Densité sèche (<math>\gamma_d</math>)</b>	<b>Appréciation</b>
$\gamma_d < 1,60$	Faible
$1,60 < \gamma_d < 1,80$	Moyenne
$\gamma_d > 1,80$	Dense

**Tableau relatif au degré de saturation du sol (Sr%) ; d'après Terzaghi :**

<b>Degré de saturation (Sr)</b>	<b>Appréciation</b>
= 100 %	Saturé
$76 < Sr < 99 \%$	Détrempé
$51 < Sr < 75\%$	Mouillé
$26 < Sr < 50 \%$	Humide
$01 < Sr < 25\%$	Légèrement humide
Sr = 0 %	

**Tableau relatif à la plasticité ( d'après Atterbrg ) :**

<b>Indice de plasticité (Ip)</b>	<b>Appréciation</b>
<b>Ip= 0</b>	<b>Plasticité nulle</b>
<b>Ip &lt; 07 %</b>	<b>Peu Plastique</b>
<b>07 &lt; Ip &lt; 17 %</b>	<b>Moyennement plastique</b>
<b>Ip &gt; 17 %</b>	<b>Hautement plastique</b>

**Tableau : Classification du taux de gonflement suivant la limite de liquidité (WI)**  
**( d'après Snetchen et al , 1977 )**

<b>Limite de liquidité WI ( %)</b>	<b>Potentiel de gonflement</b>
0-20	Non gonflant
20-35	Faible
35-50	Moyen
50-70	Elevée
70-90	Très élevée
>90	Extrêmement élevée

**Tableau de consistance :**

<b>Indice de consistance (Ic %)</b>	<b>Etat de sol</b>
<b>Ic &gt; 0,00 %</b>	<b>Pâteux</b>
<b>0,25 &lt; Ic &lt; 0,50</b>	<b>Mou</b>
<b>0,50 &lt; Ic &lt; 0,75</b>	<b>Ferme</b>
<b>0,75 &lt; Ic &lt; 1,00</b>	<b>Mi- dur</b>
<b>Ic &lt; 1,00</b>	<b>Consistant</b>

**Tableau relatif au pourcentage des passants à 80 µm (d'après LCPC) :**

<b>Pourcentage des passants à 80 µm</b>	<b>Classification</b>
<b>&gt; 50 %</b>	<b>Sol fin</b>
<b>&lt; 50 %</b>	<b>Sol pulvérulent</b>

## Essais d'identification mécanique

### Essais de compression simple

Tableau relatif à la compression simple du sol :

Compression simple ( $R_c$ %)	Appréciation
$R_c < 0,25$	Très molle
$0,25 < R_c < 0,5$	Molle
$0,5 < R_c < 1,00$	Mi - consistant
$1,00 < R_c < 2,00$	consistante
$2,00 < R_c < 4,00$	Très consistante
$R_c > 4,00$	Extrêmement consistante

### Essais de pressiomètre

Tableau relatif des valeurs préssiométriques :

Type de sol / Etat du sol	Argile	Limon	Sable	Sable et Gravier
Sur consolidé	$\geq 15$	$\geq 14$	$\geq 12$	$\geq 10$
Normalement consolidé	8 - 15	8 - 14	7 - 12	6 - 10
Sou consolidé	5 - 8	5 - 8	4 - 7	3 - 6
Altéré ou remanié	$< 5$	$< 5$	$< 4$	$< 3$

**Tableau relatif à l'état de consolidation des sols (d'après G. FLLIAT)**

Type de sol \ Etat du sol	Argile	Limon	Sable
Sur consolidé	$E/PI > 15$	$E/PI > 14$	$E/PI > 12$
Normalement consolidé	$8 < E/PI < 15$	$8 < E/PI < 14$	$7 < E/PI < 12$
Sous consolidé	$5 < E/PI < 8$	$5 < E/PI < 8$	$4 < E/PI < 7$

**Termes de portance pour fondations superficielles en fonction de l'angle de frottement par tranche de 5°. (DTU 13-1) :**

Q(°)	N <sub>v</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>
0	0	1	5,14
5	0,2	1,6	6,47
10	1	2,5	8,45
15	2,33	3,94	11
20	4,97	6,4	14,8
25	10,4	10,7	20,7
30	21,8	18,3	30,1
35	48	33,3	46,1
40	113	64,2	75,4
45	297	135	135
50	914	319	267

**Tableau relatif à l'Essai SPT (cas des sables)**

N corrigée	Etat de compacité
<4	Très peu compacte (lâche)
4 - 10	Peu compact
10 - 30	Moyennement compact
30 - 50	Compact
>50	Très compact

**Essai pénétromètre**

Contrainte admissible :  $Q_{adm} = R_p \min / \alpha$  (bars)

$\alpha = 20$  sol purement pulvérulent

$\alpha = 25$  sol pulvérulent à composante cohésive

$\alpha = 30$  sol purement cohérents