

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
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
*Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de L'aménagement
du littoral*



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER**

Option : Aménagement du littoral

Thème :

**Etude géologique et géotechnique pour la
réalisation de 1500 logements à la nouvelle ville de
Sidi Abdellah**

Présenté par :

KAIDI Loubna

Soutenu le 26/06 /2014 Devant le jury suivant :

Mr GUERFI. M	Maître de conférence (ENSSMAL)	Président
Mr HELLEL.M	Maître de conférence (ENSSMAL)	Promoteur
Mme MEHDID.S	Maître assistante (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr MACHANE.D	Maître de recherche (CGS)	Examineur

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord nous tenons à remercier monsieur **HELLEL Mustapha**, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce travail, qui n'existerait pas sans son aide et sa bienveillance, nous tenons à lui exprimer nos reconnaissances et nos sincères gratitude.

Un merci spécial aussi pour monsieur **HAMAS Toufik** et toute la famille de **LMTPB** de directeur jusqu'aux opérateurs.

Nos sincères gratitude vont également aux membres de jury :

- Monsieur GUERFI. M, maître de conférences(ENSSMAL) qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.
- Madame MEHDID. S, maître assistante (ENSSMAL) pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.
- Monsieur MACHANE.D maître de recherche (CGS) pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Notre profonde reconnaissance au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

DEDICACE

A mes très chers parents, pour leur amour, leur compassion, leur confiance, et leur soutien moral.

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon cher frère Mohamed amine, et mes chères sœurs ; Khaoula, Roumaïssa, Maroua et Safaa.

A mes grands-mères, mes cousines surtout Asma, mes oncles et mes tantes et toute la famille Kaidi et Bouhmidi.

Je dédie ce travail à mes beaux-parents et mes belles-sœurs Faiza et Dounia et toute la famille Hachemi.

Aussi je le dédie à mon chère fiancé, qui m'a toujours soutenu depuis le tout début de mes études et a été à mes côtés pendant les moments difficiles.

A mes amis Aicha, Siham, Radia et Dahbia.

Sommaire

Remerciements.....	3
Dédicace.....	4
Sommaire.....	5
Liste des organismes.....	8
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux.....	10
Introduction générale.....	11
Chapitre I : Généralités.....	12
I.1. Présentation de la zone d'étude.....	13
I.1.1. Situation géographique.....	13
I.1.2. Caractéristique topographique.....	13
I.2. Cadre géologique régionale.....	14
I.2.1. Stratigraphie de la région d'Alger.....	14
I.2.1.1 Le Primaire	15
I.2.1.2 Le Secondaire	15
I.2.1.3 Le Tertiaire	15
I.2.1.4 Le Quaternaire	15
I.2.2. Géomorphologie régional	17
I.2.2.1 Le massif d'Alger.....	17
I.2.2.2 Le sahel d'Alger.....	17
a. Le plateau mollassique	17
b. Le sahel marneux.....	17
c. Le piémont sud du sahel.....	17
I.2.2.3 La plaine de la Mitidja.....	17
I.2.2.4 Le plaine littorale orientale.....	19
I.2.2.5. Le cordon littoral dunaire.....	19
I.3. Aperçu hydrographique.....	19
I.4. Aperçu hydrogéologique.....	21
I.5. Cadre sismotectonique.....	21
a. La faille de sahel.....	22
b. La faille de Tipaza.....	22

c. La faille en mer méditerranée.....	22
d. La faille de Mehelma.....	22
Conclusion.....	24
Chapitre II : Géologie locale.....	25
Introduction.....	26
II.1. Géologie de surface de la zone d'étude.....	26
II.2. Lithologie du sous-sol de la zone d'étude.....	28
II.3. Niveau piézométrique.....	31
Conclusion.....	31
Chapitre III : synthèse géotechnique.....	32
Introduction.....	33
III.1. Caractérisation géotechniques du sous-sol du site.....	33
a. Essais au laboratoire.....	33
b. Essais in situ.....	33
III.2. Caractérisation géotechnique des différentes unités lithologiques....	33
III.2.1. Unité I : Argile limono-sableux.....	33
III.2.1.1 Caractéristiques physiques.....	33
III.2.1.2 Caractéristiques mécaniques.....	35
III.2.2. Unité II : Sable grésifié à grés.....	37
III.2.2.1 Caractéristiques physiques.....	37
III.2.2.2 Caractéristiques mécaniques.....	38
III.2.3. Unité III : Marne limono-sableuse.....	40
III.2.3.1 Caractéristiques physiques.....	40
III.2.3.2 Caractéristiques mécaniques.....	41
III.3. Essais mécanique in situ.....	43
III.3.1. Essais de pénétration dynamique.....	43
III.3.2. Sismiques réflexion.....	43
Conclusion.....	44
Chapitre IV : dimensionnement des fondations.....	46
Introduction.....	47

IV.1. Calcul de fondation.....	47
IV.1.1. A partir des essais de laboratoire.....	47
IV.1.2. A partir des essais in situ.....	48
IV.2. Evaluation des tassements absolus du sol.....	49
Conclusion Générales.....	52
Références bibliographiques.....	54
Annexes.....	56

Liste des organismes :

LMTPB : Laboratoire de la Mitidja des Travaux Publics et Bâtiments.

CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique.

USTHB : Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene.

JICA : Agence Japonaise de Coopération Internationale.

Listes des figures :

Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.

Figure 2 : Principaux ensembles topographiques de la zone d'étude.

Figure 3 : Les grands ensembles géomorphologiques de la région d'Alger.

Figure 4 : Carte géologique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah.

Figure 5 : Carte du réseau hydrographique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah.

Figure 6 : Localisation des principales failles actives de l'Algérois, extraite de la carte sismotectonique de la région d'Alger.

Figure 7 : Classification sismique des wilayas d'Algérie.

Figure 8 : Carte géologique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah.

Figure 9 : Plan d'implantation des coupes lithologiques et sondages.

Figure 10 : Photo montrant des carottes de marnes bariolées, sable grésifié et d'argile rouge.

Figure 11 : Photo montrant des carottes de Grés.

Figure 12 : Coupe lithologique corrélative AA'.

Figure 13 : Coupe lithologique corrélative BB'.

Figure 14 : Coupe lithologique corrélative CC'.

Figure 15 : Fuseau granulométrique des argiles limono-sableuses.

Figure 16 : Classification des argiles limono-sableuses dans le diagramme de Casagrande.

Figure 17 : Fuseau granulométrique des sables grésifiés et grés.

Figure 18 : Classification des sables grésifiés et grés dans le diagramme de Casagrande.

Figure 19 : Fuseau granulométrique des marnes limono-sableuses.

Figure 20 : Classification des marnes limono-sableuses dans le diagramme de Casagrande.

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractérisation géotechnique des argiles limono-sableuses.

Tableau 2 : Caractérisation géotechnique des sables grésifiés et grés.

Tableau 3: Caractérisation géotechnique des marnes limono-sableuses.

Tableau 4 : Vitesse des ondes sismiques et épaisseur des couches.

Tableau 5 : Calcul de la contrainte admissible à partir des essais de laboratoire.

Tableau 6 : Calcul de la contrainte admissible à partir des essais in situ.

Tableau 7 : Calcul des tassements à partir des essais de compressibilité à l'œdomètre.

Introduction générale :

L'accroissement démographique a fait qu'Alger est devenue une grande métropole avec ses nombreuses ramifications. Cet accroissement a conduit à la réalisation de nouvelles infrastructures, et l'un des grands projets de développement est la nouvelle ville de Sidi Abdellah.

Sur notre zone se réalise le projet de construction de 1500 logements AADL à usage d'habitation, en rez de chaussée plus 5 étages. La réalisation de ce type de projet nécessite une étude géologique et géotechnique dont le but est de caractériser les propriétés physico-mécaniques liées aux sols en place et d'analyser sa stabilité ainsi que sa constructibilité.

Notre zone d'étude est subdivisée en quatre parties :

- Partie Nord.
- Partie centrale
- Partie Sud
- Partie Sud – Ouest

Notre étude se base sur deux méthodes de reconnaissance des sols de notre site d'étude :

- La méthode d'observation du terrain à l'aide d'échantillons : sondages...
- La méthode de mesure « in situ » basées sur la mesure des propriétés physico-mécaniques du terrain, dont fait parti les essais géophysiques.

I. METHODOLOGIE:

Afin d'atteindre nos objectifs, nous avons suivi le plan suivant :

- Synthèse bibliographique :

Comprend des données récoltées à partir de documents et rapports établis dans le domaine géologique, hydrogéologique, sismotectonique et géotechnique concernant notre zone d'étude (mémoires, rapports de sol...).

Ces données ont été récoltées au niveau de différents organismes (LMTPB, USTHB, ENSSMAL,...)

- Synthèse et interprétation :

Dans cette étape on se base essentiellement sur l'interprétation des données, sur la discussion des résultats bruts, des essais de laboratoire et in situ effectués par les organismes suscités.

Chapitre I : Généralités

Chapitre I : Généralités

I.1. présentation de la zone d'étude

I.1.1. Situation géographique

La région de Sidi Abdallah se situe à 30 Km au Sud-Ouest d'Alger, elle fait partie du Sahel d'Alger. Elle est limitée au Nord par la commune de Zéralda et de Souidania. Au Sud par la commune de Ben Khellil (Wilaya de Blida). A l'Est par la commune de Douéra et à l'Ouest par les communes de Zéralda et Douaouda.

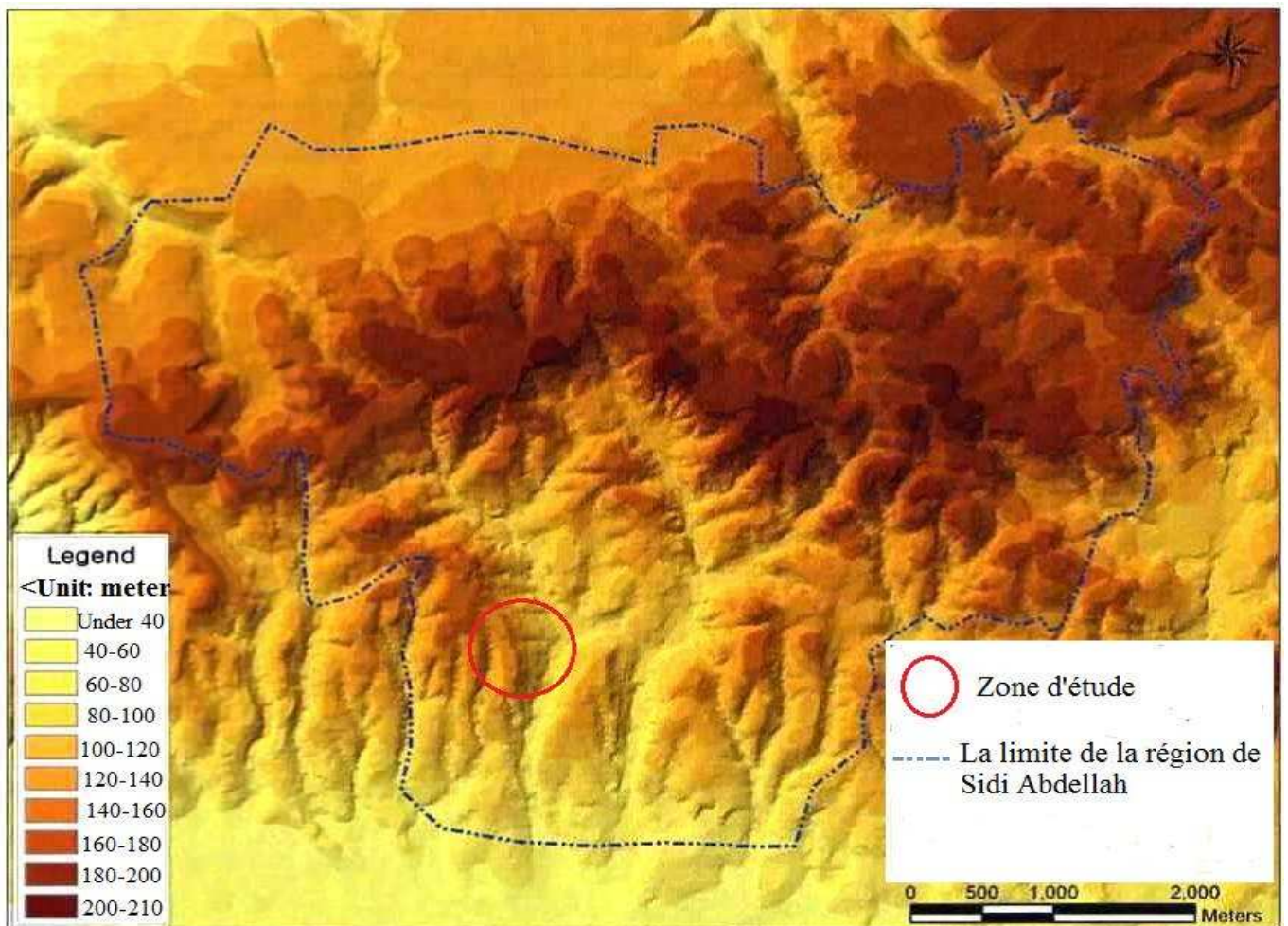
- Notre zone d'étude est limitée par :
 - la commune de Mahelma au Nord-nord Est
 - la commune de Ben Khellil au Sud
 - la commune de Sidi Bennour à l'Est
 - l'oued Mazafran un peu plus loin à l'ouest



Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (encadré)

I.1.2. caractéristique topographique :

La nouvelle ville de Sidi Abdallah reflète une topographie vallonnée, on signale la présence de plusieurs collines dont le point le plus élevé correspond à la cote 210 mètres, tandis que le point le plus bas est à 39 mètres (figure 2).



*Figure 2: Principaux ensembles topographiques de la zone d'étude
(<https://www.fig.net>)*

Du point de vue morphologique régional, on distingue deux ensembles :

- les collines au centre d'altitude varient de 120 à 200 m.
- les piémonts au sud

I.2. Cadre géologique régional

I.2.1. Stratigraphie de la région d'Alger

La région d'Alger présente une structure géologique complexe. Elle est constituée de terrains métamorphiques d'âge Primaire recouverts par des terrains sédimentaires d'âge Mio-Plio-Quaternaire (figure 3).

I.2.1.1. Le Primaire

Ces terrains forment essentiellement le massif d'Alger, constitués de roches cristallophylliennes, ils réapparaissent à l'Ouest (Sidi Fredj) et à l'Est (Bordj El Bahri). Ces roches sont de nature péliques et carbonatées (gneiss, schistes et marbres) dont la structure d'ensemble est plissée et écaillée (Glangeaud, 1932 in Ben boudiaf.Y et Hadjarab.R, 2006).

I.2.2.2. Le Secondaire

Les terrains secondaires n'affleurent pas dans la région d'Alger à l'exception des bordures de la Mitidja (Atlas Blidéen et Chenoua), où ils sont représentés par des roches sédimentaires (calcaires, marno-calcaires) d'âge essentiellement Mésozoïque (Meziane.A et Balit.E, 2006 in Benidir.N et Fernane.L, 2010).

I.2.2.3. Le Tertiaire : le Tertiaire de de la région d'Alger comprend le Miocène et le Pliocène, qui recouvrent en discordance les faciès métamorphiques par des grès grossiers sableux et des marnes à lentilles de calcaire) (Ikhlef.A et Mokrani.S, 2006 in Benidir.N et Fernane.L, 2010).

I.2.2.4. Le Quaternaire

Il comporte plusieurs faciès lithologiques d'origine marine et continentale (Ben boudiaf.Y et Hadjrab.R, 2006 in Ghanemi.Z et Moussaoui.S, 2011) à savoir:

- Formation d'El Harrach, d'âge Villafranchien, représentée par des argiles marneuses jaunâtres et quelques lentilles de graviers.
- Formation de la Mitidja, d'âge Soltano-Tensiftien, représentée par des alluvions grossières provenant de l'érosion de l'Atlas blidéen.
- Formation de Mazafran et Halloula, d'âge Flandrien-Rhabien, représentées par des limons, argiles limoneuses et des galets provenant de l'Atlas blidéen.
- Les dépôts récents, d'âge Rhabien-Actuel, englobant les dépôts marins (lumachelles à pétoncles et des grés coquilliers) et les dépôts dunaires occupent la majeure partie du littoral algérois sous forme de dunes friables à consolidées. Ils comportent également, les dépôts des rivières, formés, essentiellement, de sable, de vase et d'argile.

Chapitre I : Généralités

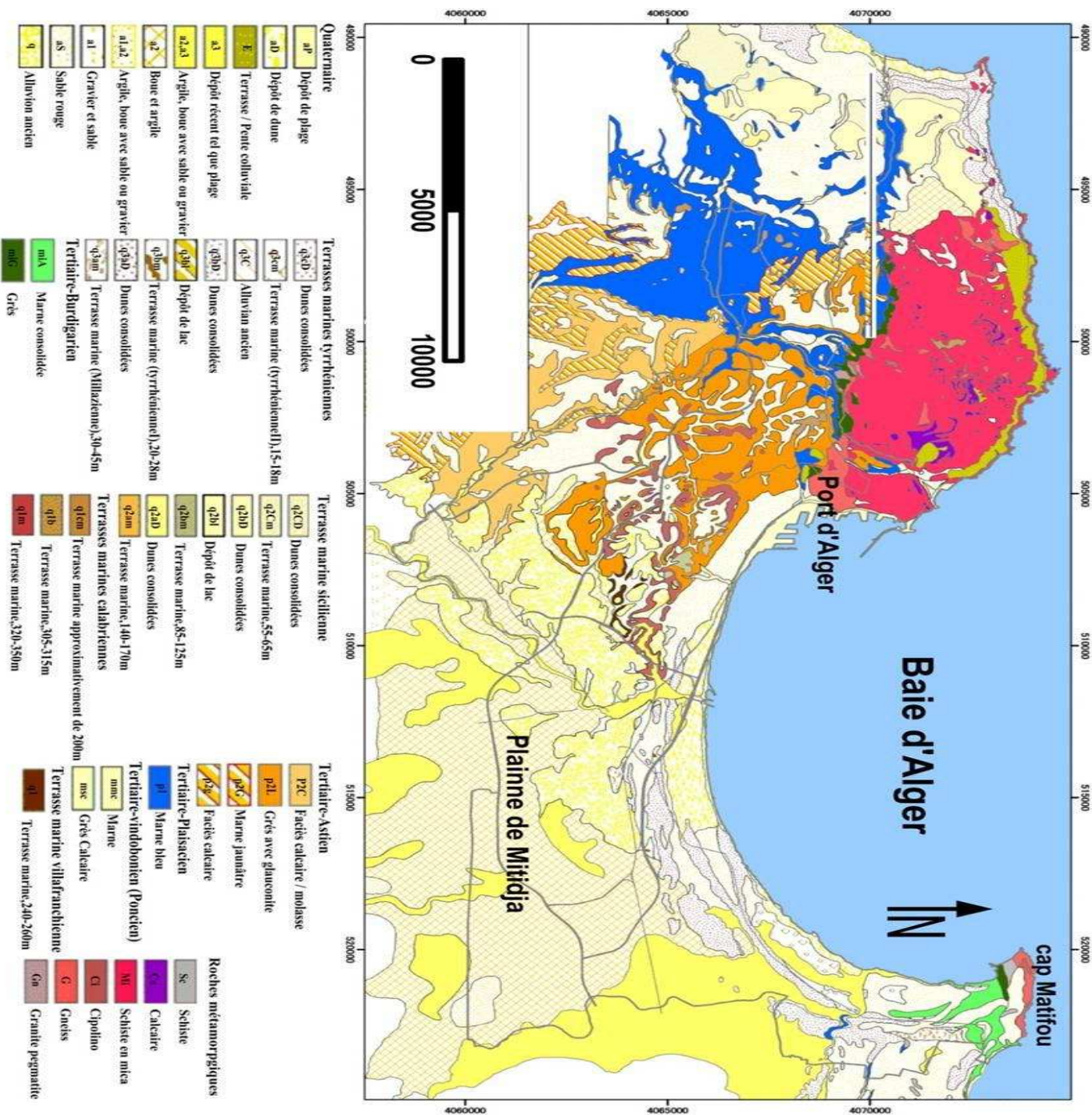


Figure 3: Carte géologique de la région d'Alger (JICA, 2006)

I.2.2. Géomorphologie régionale

La région d'Alger comprend cinq grands ensembles géomorphologiques d'âge et de nature distinctes (Akif.F et Cheniti.F, 2006 in Boughrara.H, 2011) (figure 4).

I.2.2.1. le massif de Bouzaréah ou le massif d'Alger

Le massif d'Alger, orienté Est-Ouest, s'étend sur une longueur de 20 Km et une largeur de 6 Km. Ce relief constitué de roches cristallophylliennes est boisé et recoupé par un réseau de talwegs profonds. Sa topographie est très accidentée et son sommet culmine à 470 mètres d'altitude.

Les piémonts Nord et Est de ce massif forment la côte abrupte et déchiquetée comprise entre Ain Benian et le port d'Alger. Ce massif est propice aux écroulements et aux chutes de blocs.

I.2.2.2. Le sahel d'Alger

Il regroupe tous les petits reliefs qui s'étendent du massif de Bouzaréah au Nord, de la rive gauche de l'oued El Harrach au Sud et au Sud-Est et enfin, de la rive droite de l'oued Mazafran au Sud-Ouest. On y distingue trois parties principales :

a) Le plateau mollassique

Cet ensemble essentiellement calcaro-gréseux à lumachelles et marnes jaunes se compose de plateaux étagés sur lesquels sont construits plusieurs quartiers d'Alger (Ben Aknoun, El Madania, Bir Mourad Raïs). Ce plateau est limité par de grandes falaises.

b) Le Sahel marneux

Ce faciès marin à marnes bleues se caractérise par une topographie mamelonnée, parcourue par un réseau hydrographique chevelu, typique des terrains peu perméables. Notre zone d'étude fait partie de cet ensemble géomorphologique.

c) Le piémont sud du Sahel

Il est formé de dépôts continentaux argilo-caillouteux rouges à bruns, qui offrent des pentes assez fortes, tournées vers la Mitidja.

I.2.2.3. La plaine de la Mitidja

C'est un bassin de comblement de grande superficie (1300 km²), allongé suivant un axe générale WSW et ENE. Elle est limitée au Nord par le Sahel d'Alger et au Sud par l'Atlas Blidéen. Cette plaine est recouverte de dépôts quaternaires continentaux argilo-graveleux alternés (Alem.K et Belbekkouche.L, 2007).

Elle est parcourue par Oued El Harrach et Oued Hamiz et par quelque uns de leurs affluents tels que : Oued Djemâa, Bouroumi, Smar, Barek, Guergour.

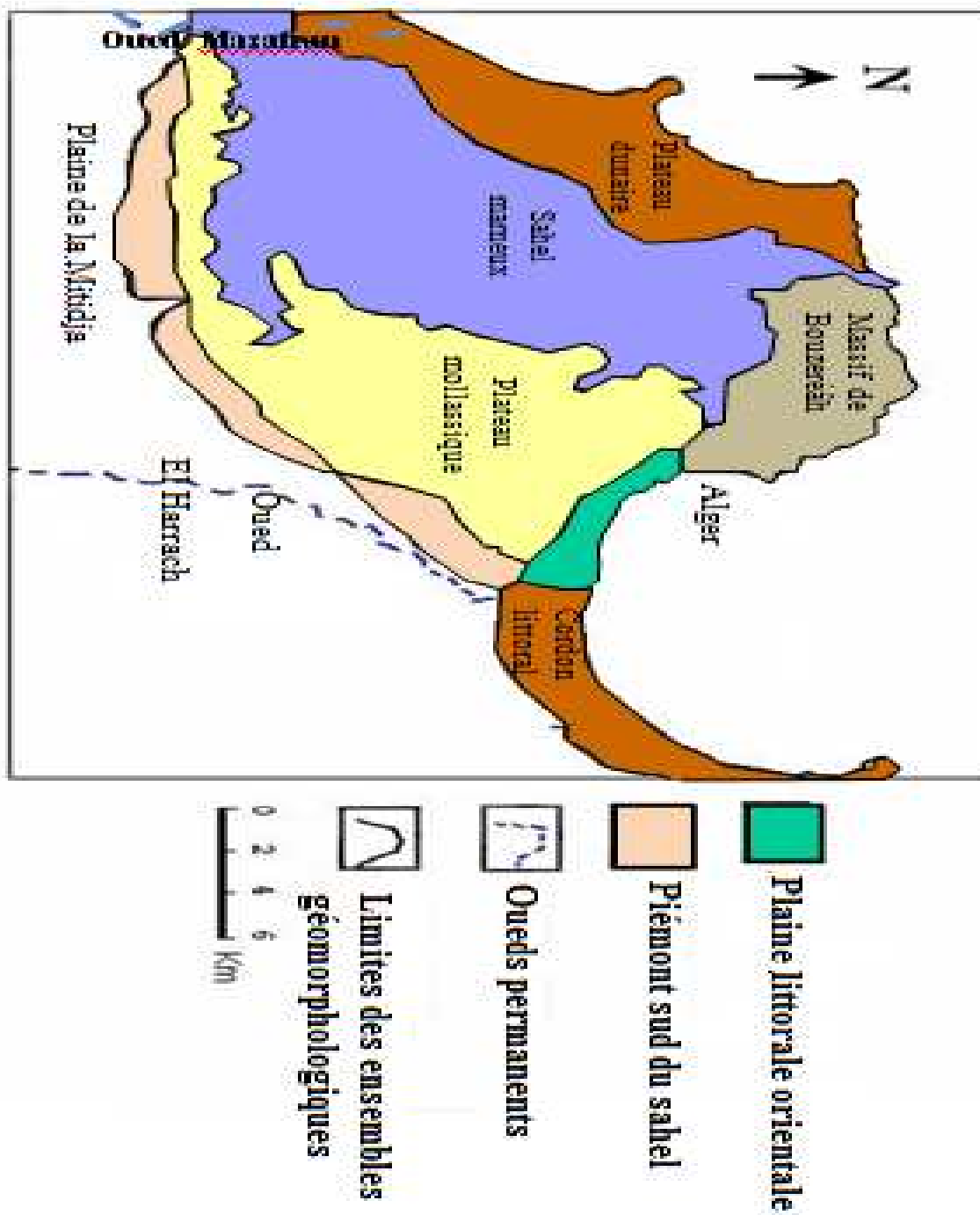


Figure 4: Les grands ensembles géomorphologiques de la région d'Alger (MOKHTAR. K et SEBBAH. Y, 2009)

I.2.2.4. La Plaine littorale orientale

Elle est limitée au Sud par la corniche molassique, à l'Est par le massif d'Alger et à l'Ouest par l'oued El Harrach. Cette petite plaine alluviale côtière se trouve à une altitude qui varie de 2 à 15 mètres (figure 4).

I.2.2.5. le Cordon littoral dunaire

Il se situe entre la rive droite de l'oued El Harrach et Bordj El Kiffan où il sépare la rive maritime des zones basses septentrionales de la Mitidja. Il s'agit d'une petite barrière sablo-gréseuse allongée parallèlement au rivage (figure 4).

I.3. Aperçu Hydrographique

La région de Sidi Abdellah comprend deux bassins versants, dénommés respectivement versant Nord et versant Sud, totalisant une superficie de 1878 hectares. La ligne de crête entre ces deux bassins versants est constituée approximativement par la route nationale RN63 (figure 5).

a) **Le bassin Nord** (au nord de la **RN63**)

Oueds El Aggar, Beni Messous et Sidi Harrache, qui coulent vers la mer Méditerranée (Mokhtar.K et Sebbah.Y, 2009).

b) **Le versant Sud**

Oueds Sidi Bennour et Errabai, qui coulent dans l'oued Fatis en suite dans le Mazafran. (Mokhtar.K et Sebbah.Y, 2009).

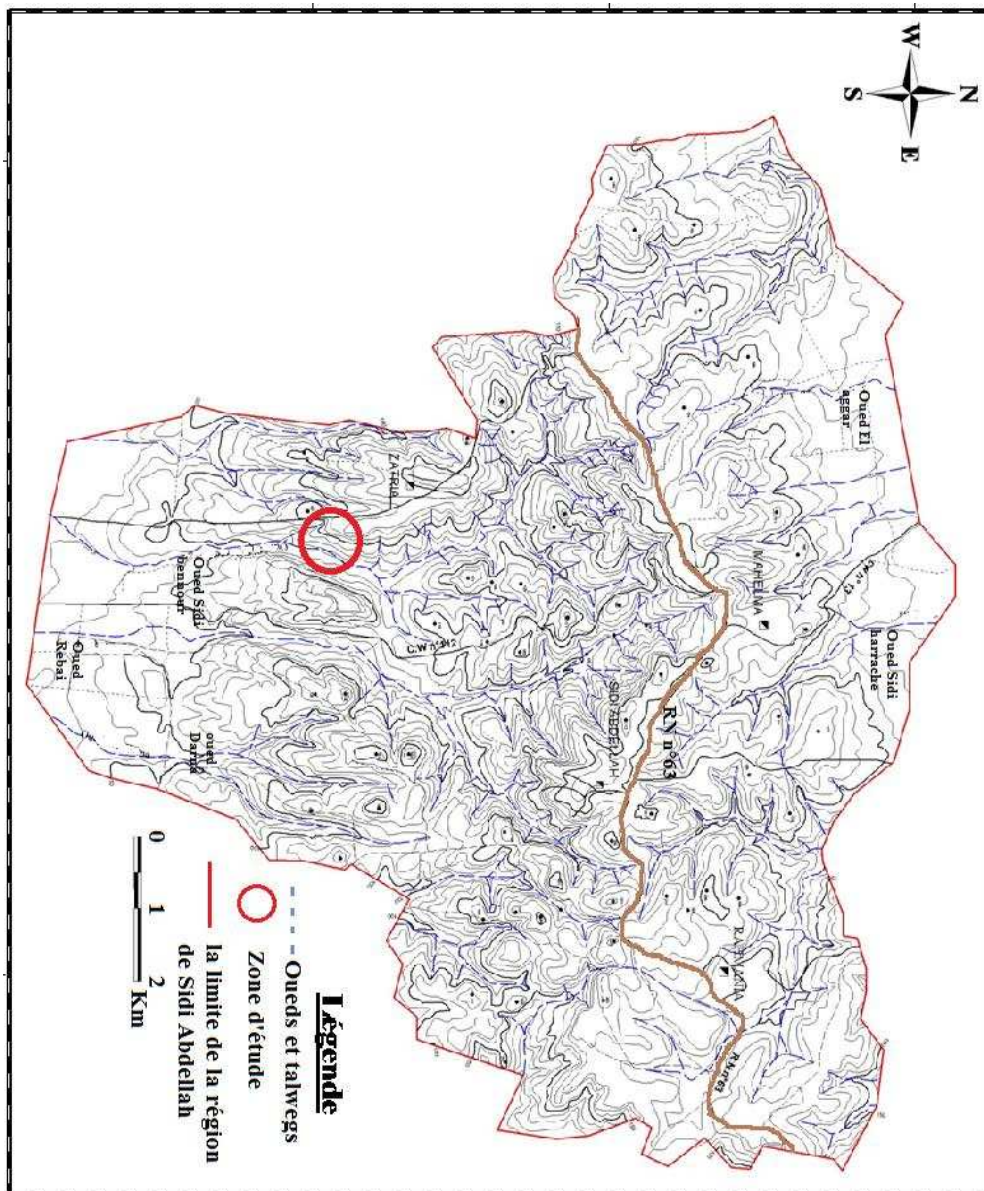


Figure 5: Carte du réseau hydrographique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah (in MOKHTAR. K et SEBBAH. Y, 2009)

I.4. Aperçu hydrogéologique régional

Dans la région de Mahelma, Rehmania et jusqu'à la plaine de la Mitidja au sud, on peut distinguer :

- **Le réservoir quaternaire** : il est formé, principalement, des alluvions récentes, qui passent latéralement aux sables rouges, constitué par le produit d'altération des terrains astiens. Un certain nombre de puits traditionnels captent ces formations à une profondeur variant de 14 à 20 mètres (Mezian.A et Balit.E, 2006 in Boughrara.H, 2011).
- **Le réservoir astien** : Ce réservoir est composé généralement d'une partie supérieure libre exploitée au moyen de forages, et une partie plus profonde, semi-perméable, habituellement exploitée à l'aide de forages crépines profonds, les écoulements se font depuis les bordures du Sahel vers la plaine de la Mitidja. La compagnie générale de géophysique, 1967 montrent que cet aquifère se trouve à environ 200 m de profondeur dans le Mazafran. Les marnes plaisanciennes forment la limite inférieure de cette nappe (Mokhtar.K et Sebbah.Y, 2009).
- **La nappe du Sahel** : elle est située au nord de la ville nouvelle de Sidi Abdallah. La formation est constituée par des sables dunaires fins, légèrement argileux par endroits, souvent cimentés à la base en grés calcaires constituant de petites corniches. L'ensemble repose sur un substratum composé d'argile sahéenne et par le socle primaire à l'Est (Mokhtar.K et Sebbah.Y, 2009).

I.4. Cadre Sismotectonique

L'Algérie du Nord se situe dans une région marquée par la présence de plusieurs failles actives. Nous assistons actuellement à un mouvement de convergence entre les plaques tectoniques africaine et eurasiennne. La vitesse de raccourcissement entre les deux plaques est estimée à 5 et 6 mm/an dans la région d'Alger.

Le rapprochement des deux plaques se manifeste sous forme de séismes de magnitudes plus ou moins élevée dont le plus récent est celui de Zemmouri (Ms 6.8).

-Les principales failles actives dans l'algérois sont (figure 6):

a. La faille du Sahel

Elle est interprétée comme étant une faille inverse à pendage nord localisée le long de la marge méridionale de l'anticlinal du Sahel. La faille se prolonge sur 63Km depuis le Mont Chenoua, en passant par Sidi Rached jusqu'à la baie d'Alger (Geomatrix, 2006 in Ghanemi.Z et Moussaoui.S, 2011).

b. La faille de Tipaza

Elle constitue la limite entre la morpho-structure de surrection du Chenoua et le bassin de subsidence de la Mitidja. Cette faille a une orientation N-S. elle peut engendrer un séisme de magnitude maximale de 6,5 (Boualem.M et Djedou.A, 2005 in Ben Boudiaf.Y et Hadjarab.R, 2006).

c. Faille en mer (méditerranée)

Elle est orientée WSW-ENE, elle est située entre le bassin marin en méditerranée et le bloc continental du sud. Elle peut engendrer un séisme de magnitude maximale de 7.0 (Osmani et Ouzerara, 2004 in Ben boudiaf.Y et Hadjarab.R, 2006).

d. La faille de Mahelma

Elle correspond à une faille en chevauchement aveugle, localisée le long de la marge septentrionale de l'anticlinal du Sahel. Sa longueur est d'environ 41Km (Géomatrix, 2006 in Ben boudiaf.Y et Hadjarab.R, 2006).

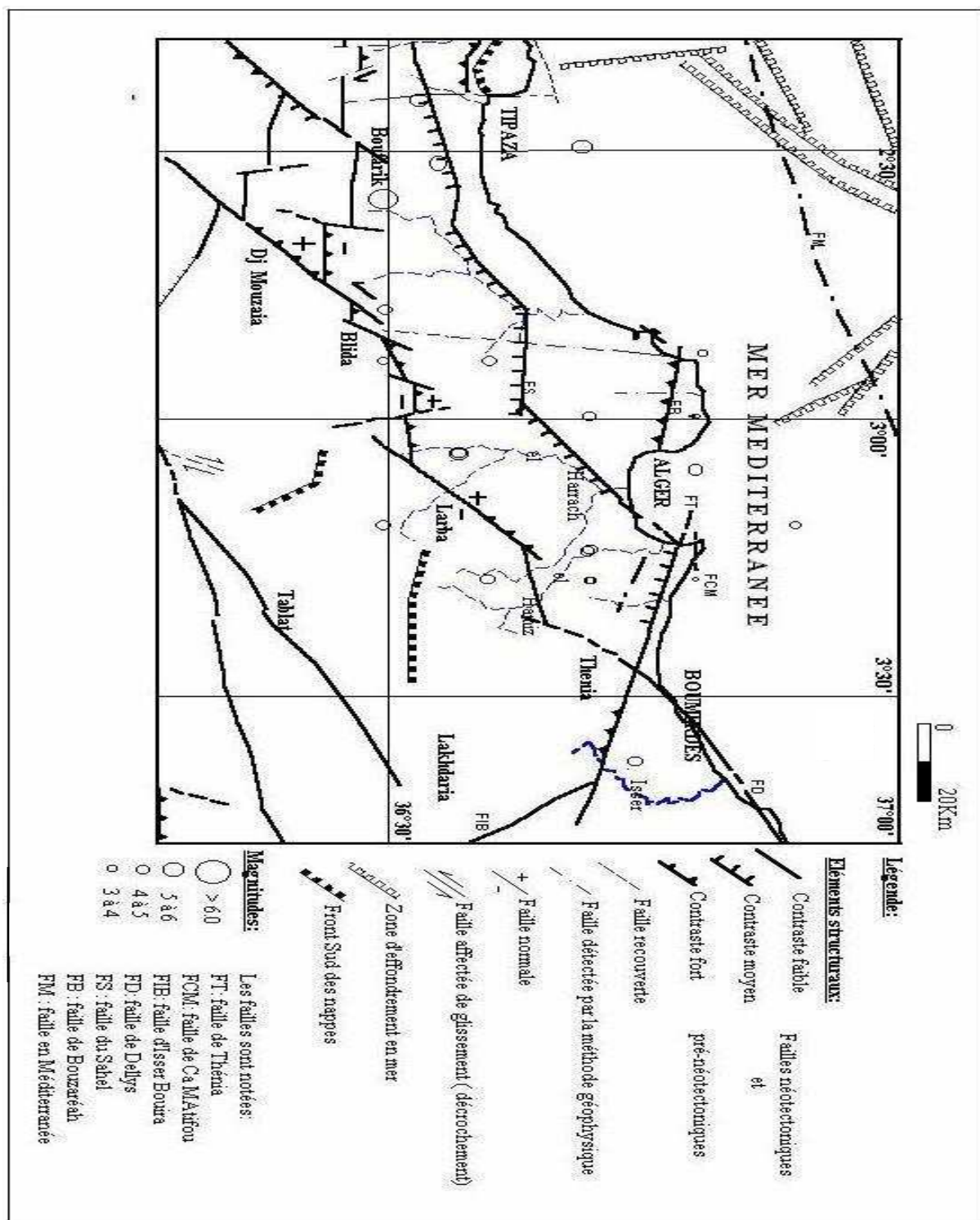


Figure 6 : Carte sismotectonique de la région d'Alger (CGS, 2003)

Chapitre I : Généralités

Après le séisme de Boumerdes (21 mai 2003), le CGS a subdivisé le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante (figure 7) :

- Zone 0 : sismicité négligeable
- Zone I : sismicité faible
- Zone IIa et IIb : sismicité moyenne
- Zone III: sismicité élevée

Suivant cette figure notre zone d'étude se classe dans la zone III, qui correspond à la zone de sismicité élevée.

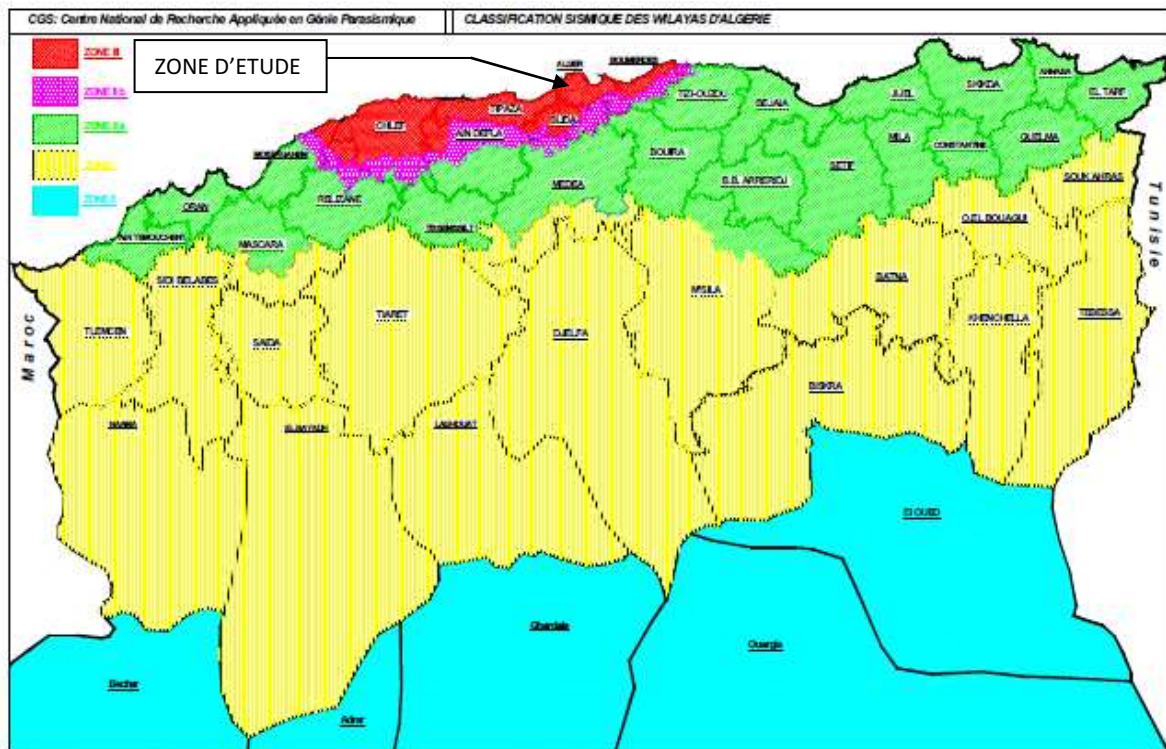


Figure 7: Classification sismique des wilayas d'Algérie (CGS, 2003)

Conclusion :

La région d'Alger, dont fait partie notre zone d'étude, est classée dans la zone III, de forte sismicité, cette menace sismique est due à l'existence de plusieurs failles actives qui l'entourent.

Pour réduire le risque sismique afin d'aboutir à un meilleur aménagement du territoire, les constructions doivent répondre aux règles parasismiques lors du dimensionnement des ouvrages.

Chapitre II : Géologie locale

Introduction :

La reconnaissance géologique et lithologique du secteur d'étude est basée sur l'étude de la carte géologique et les résultats des sondages carottés effectués par le LMTPB qu'on a analysé pour établir la lithologie des terrains traversés et ainsi déterminer :

- La nature lithologique des formations rencontrées.
- La géométrie des formations rencontrées.
- Les caractéristiques physico-mécaniques des couches du sous-sol.

II.1. Géologie de surface de la zone d'étude

D'après la carte géologique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah, on remarque que notre zone d'étude est recouverte par (Figure 8) :

- Des formations d'âge Pliocène représentées par des dépôts caillouteux du plateau d'oueled Fayet qui recouvrent la partie Nord-Ouest de notre zone d'étude.
- Des formations d'âge Miocène représentées par des argiles sahéliennes.
- Des formations d'âge plaisancien représentées par :
 - Des grés et calcaires à ostrea lamellosa: recouvrent la partie Sud-Est de notre zone d'étude.
 - Des marnes à ostréa cochear et terébratula ampulla : développé à la partie Sud-Ouest de notre zone d'étude.

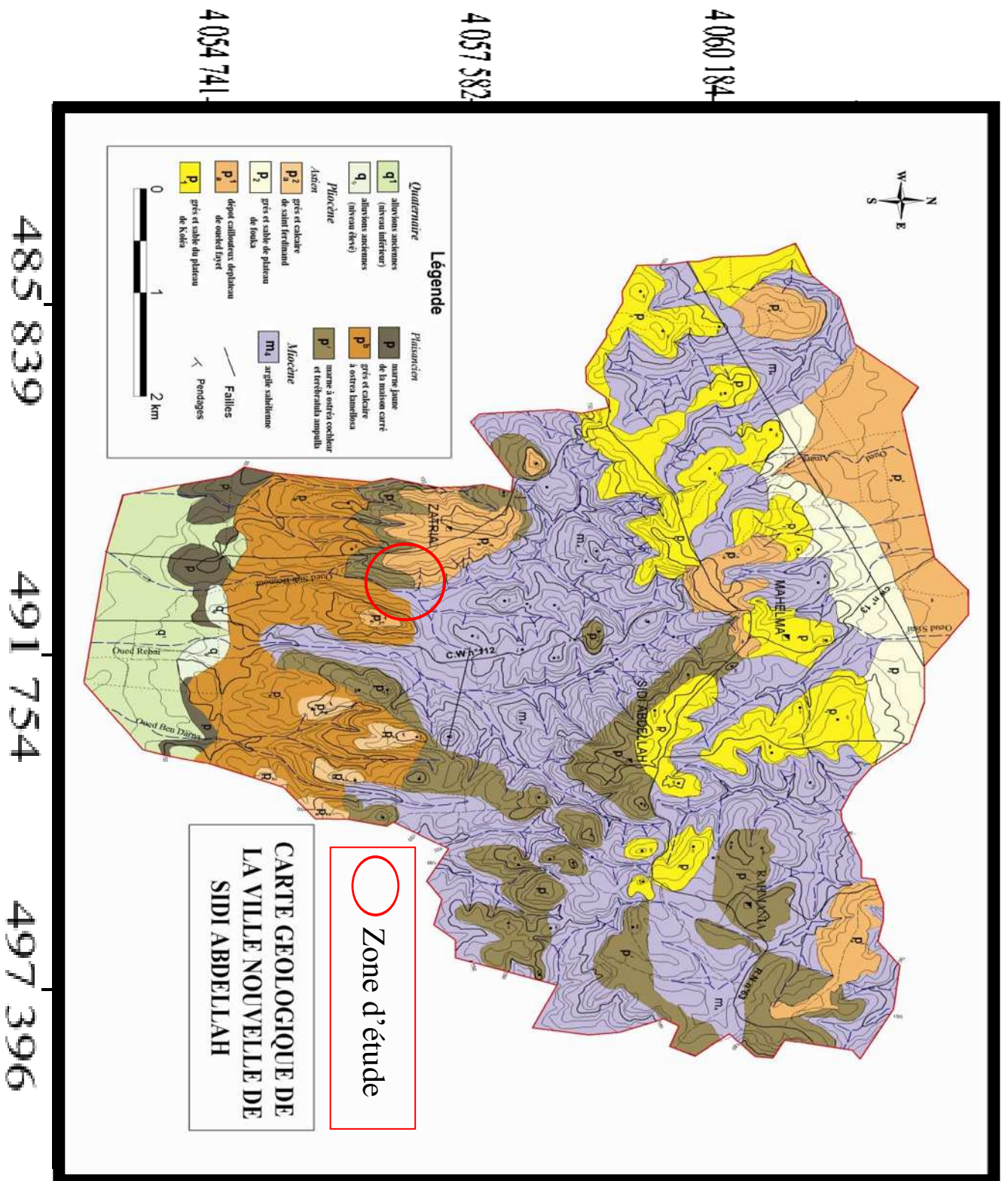
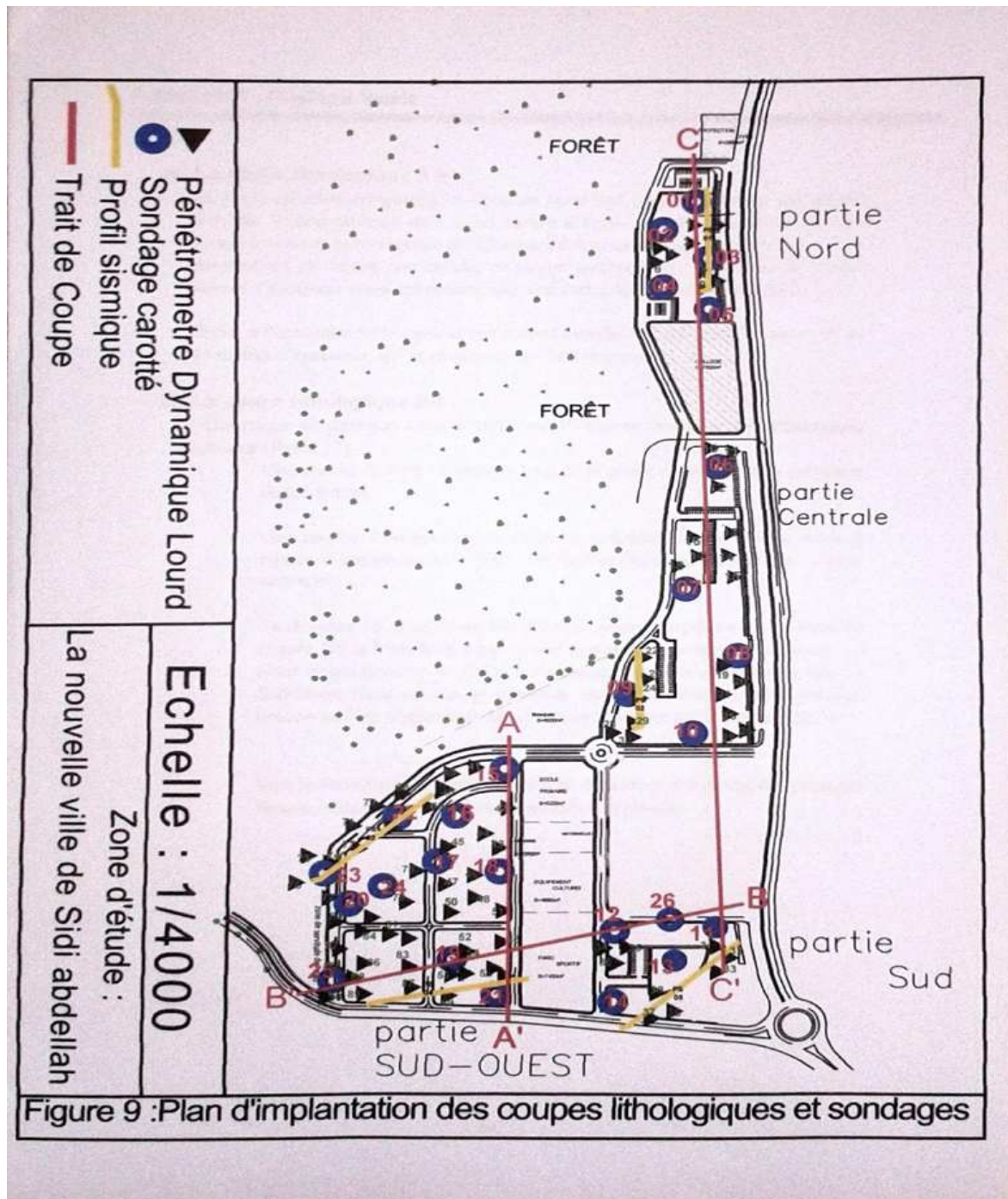


Figure 8: Carte géologique de la ville nouvelle de Sidi Abdellah (D'après la carte géologique de KOLEA 41)

II.2. lithologie du sous-sol de la zone d'étude

L'analyse lithologique de notre secteur d'étude s'est faite à partir des coupes lithologiques (Figure 9) réalisées en utilisant les sondages carottés qui nous ont permis de définir la variation verticale et latérale des différentes couches du sous-sol au niveau de notre zone d'étude.



A. La coupe lithologique AA'

La coupe corrélatrice (Figure 9), de direction Nord-Sud, révèle en surface une couche d'Argile limono-sableuse de 1 à 3,5 mètres d'épaisseur limitée au-dessus par une mince couche de terre végétale de 0,5 mètres d'épaisseur le long de la coupe.

Au-dessous, on trouve une couche de marne argileuse grise à bariolée (figure 10) de 5 à 11 mètres d'épaisseur et qui est présente sous une forme lenticulaire vers le Sud.

Enfin, à l'extrémité Sud, apparaît une épaisse couche de sable grésifié (figure 10) de 11 mètres d'épaisseur, qui se réduit vers le Nord (Figure 12).

B. La coupe lithologique BB'

Cette coupe de direction ENE-WSW (Figure 9) montre la succession lithologique suivante (figure 13) :

- Une couche de terre végétale le long de la coupe d'une épaisseur moyenne de 0,5 mètres.
- Une couche d'Argile limono-sableuse rougeâtre (figure 10) de 1,2 à 2 mètres d'épaisseur qui s'étale vers le Sud-Ouest au-dessous de la terre végétale.
- Au-dessous, on trouve une formation de marnes argileuses grises à bariolées (figure 10) le long de la coupe d'une épaisseur moyenne de 10 mètres au Nord et qui diminue au fur et à mesure que nous nous dirigeons vers le Sud-Ouest. Cette couche est intercalée par une lentille de grès à passage limono-sableux (figure 11) d'épaisseur de 1,2 mètres recoupée par le sondage Sc26.
- Vers le Sud-Ouest, apparaît une couche de sable grésifié avec des passages limono-sableux de 2 mètres à 5,3 mètres d'épaisseur.



Figure 10 : Photo montrant des carottes de marnes bariolée, sable grésifié et d'argile rouge (LMTPB, 2013)

A. La coupe lithologique CC'

Cette coupe corrélatrice de direction Nord-Sud (Figure 9), nous a permis de distinguer de haut en bas (figure 14) :

- Une couche de remblais en surface au niveau des sondages Sc1, Sc7 et Sc8 d'une épaisseur respectivement : 0,3 ; 1 et 0,8 mètres ;
- Une couche de terre végétale d'une épaisseur comprise entre 0,2 et 0,8 mètres le long de la coupe sauf au niveau des sondages Sc1 et Sc7.
- Au-dessous, on trouve une épaisse couche de sable grésifié avec un passage de grés (figure 11) d'une épaisseur varie entre 5,2 à 13 mètres recouvrent au-dessus par une couche d'Argile limono-sableuse graveleuse rougeâtre d'une épaisseur de 1,6 à 5 mètres de profondeur, ce recouvrement est discontinue au niveau des sondages Sc5 et Sc7.
- Cette couche de sable grésifié repose sur une couche de marne sablo-limoneuse bariolée à brunâtre à l'extrémité Nord d'une épaisseur de 3,6 à 5 mètres, et également à l'extrémité Sud d'une épaisseur varie de 3,8 à 9 mètres de profondeur.



Les grés

Figure 11 : Photo montrant des carottes de Grés (LMTPB, 2013)

II.3. le niveau piézométrique

Lors de la réalisation des essais in situ (essais pénétrométriques, sondage carotté) effectué par LMTPB, aucun indice d'eau n'a été décelé dans notre zone d'étude, ce qui suppose que le niveau d'eau se trouve au-delà des profondeurs atteintes.

Conclusion :

A partir des coupes lithologiques réalisées, on conclut que le sous-sol de notre zone d'étude est dans l'ensemble hétérogène. Les différents termes ont été regroupés en quatre unités lithologiques qui sont : terre végétale et remblais ; sable grésifié à grés ; marne et argile.

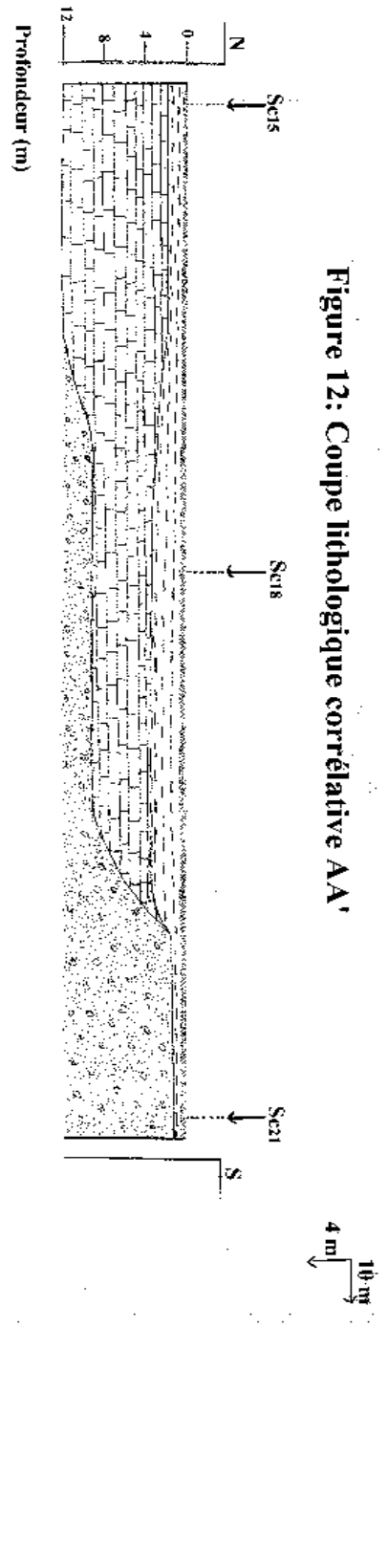


Figure 12: Coupe lithologique corrélatrice AA'

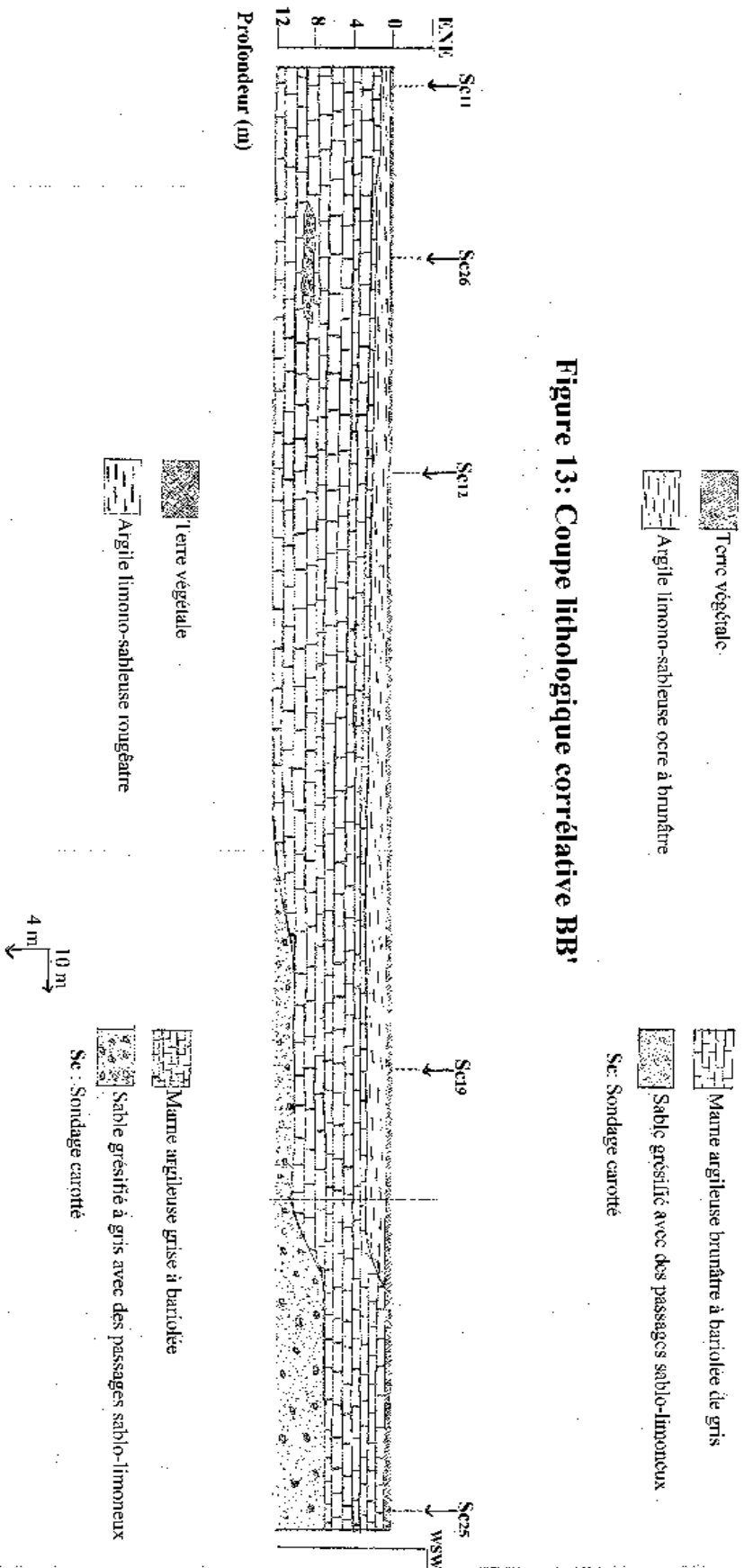
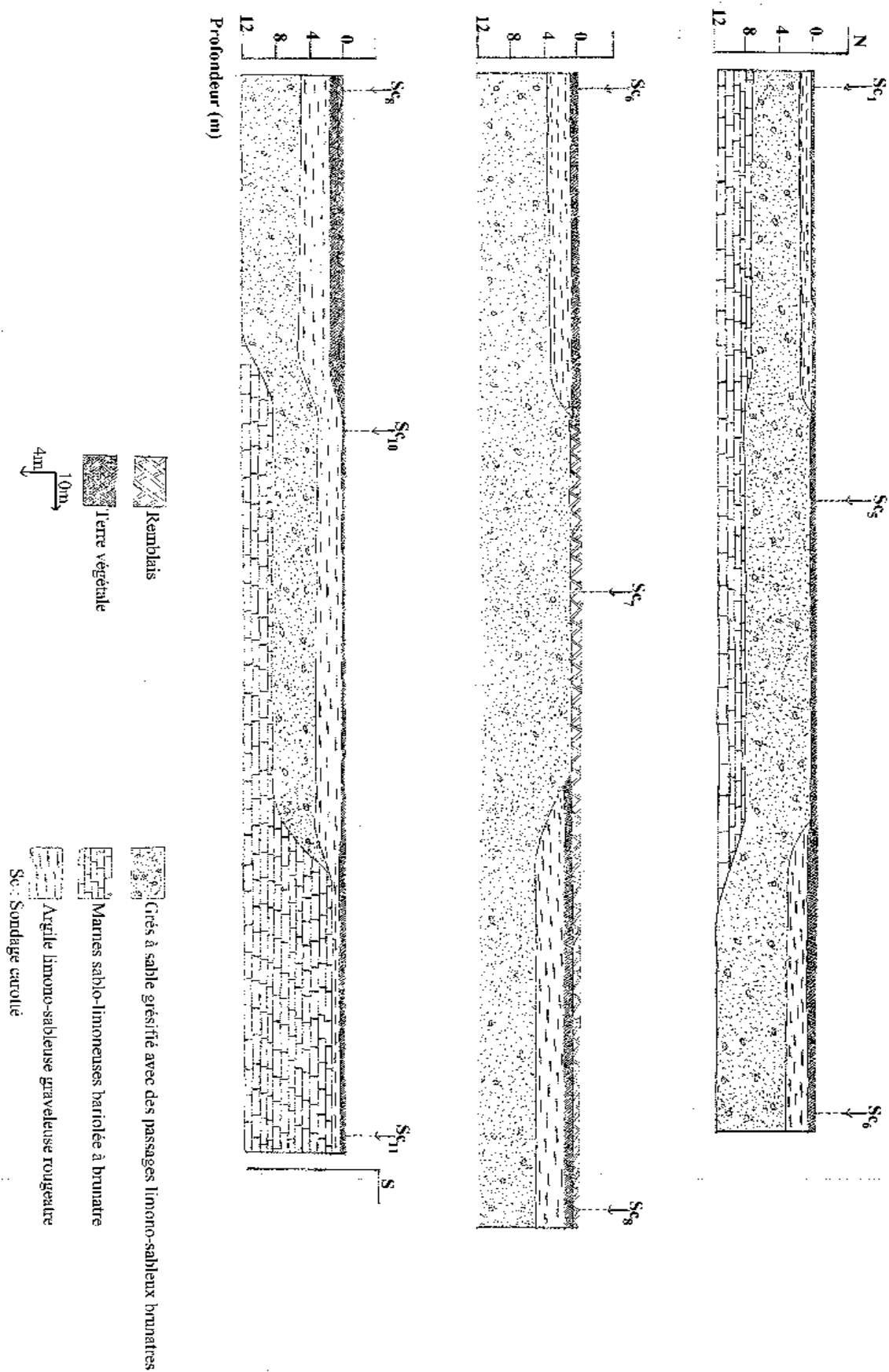


Figure 13: Coupe lithologique corrélatrice BB'

Figure 14: coupe lithologique corrélatrice CC'



Chapitre III : Synthèse géotechnique

Introduction

Dans ce chapitre on synthétise et on interprète les données géotechniques de laboratoire et in situ menés par le laboratoire de la Mitidja des Travaux Publics et Bâtiments (LMTPB) dans notre zone d'étude. Le but de ce travail est de donner des recommandations vis-à-vis de la constructibilité des sols de notre zone d'étude.

III.1. Caractérisation géotechnique du sous-sol

Les sondages carottés et les coupes lithologiques ont pu mettre en évidence trois unités lithologiques :

- I. Unité des argiles limono-sableuses
- II. Unité des sables grésifiés à grés
- III. Unité des marnes limono-sableuses

A-Essais au laboratoire :

Ils ont été réalisés sur des échantillons intacts prélevés dans les différents sondages carottés et à différentes profondeurs :

❖ Essais d'identification physique :

- Teneur en eau $W(\%)$
- Poids volumique sec et poids volumique humide (t/m^3)
- Degrés de saturation $S_r(\%)$.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg, $IP(\%)$, $IC(\%)$, WL , WP

❖ Essais mécaniques :

- Compressibilité à l'odomètre (C_c , C_g , P_c).
- Essai de cisaillement direct (UU).

B-Essais in situ

- Caractéristiques pénétrométriques (R_p).
- sismique réfraction (V_p , V_s).

III.2. Caractérisation géotechnique des différentes unités lithologiques

III.2.1. Unité I : les argiles limono-sableuses

III.2.1.1. Caractéristiques physiques

D'après le fuseau granulométrique observé (Figure 15), les échantillons analysés ont mis en évidence un sol fin, d'après la classification de LCPC avec une forte teneur en éléments supérieure à 2mm tandis que le pourcentage des particules inférieures à $80\mu m$ varie entre 73% et 85% avec une moyenne de 78,60%, le fuseau granulométrique indique

Chapitre III : Synthèse géotechnique

une forte proportion d'éléments fins et un faible pourcentage de la fraction sableuse, confirmant qu'on est en présence d'argile limono-sableuse.

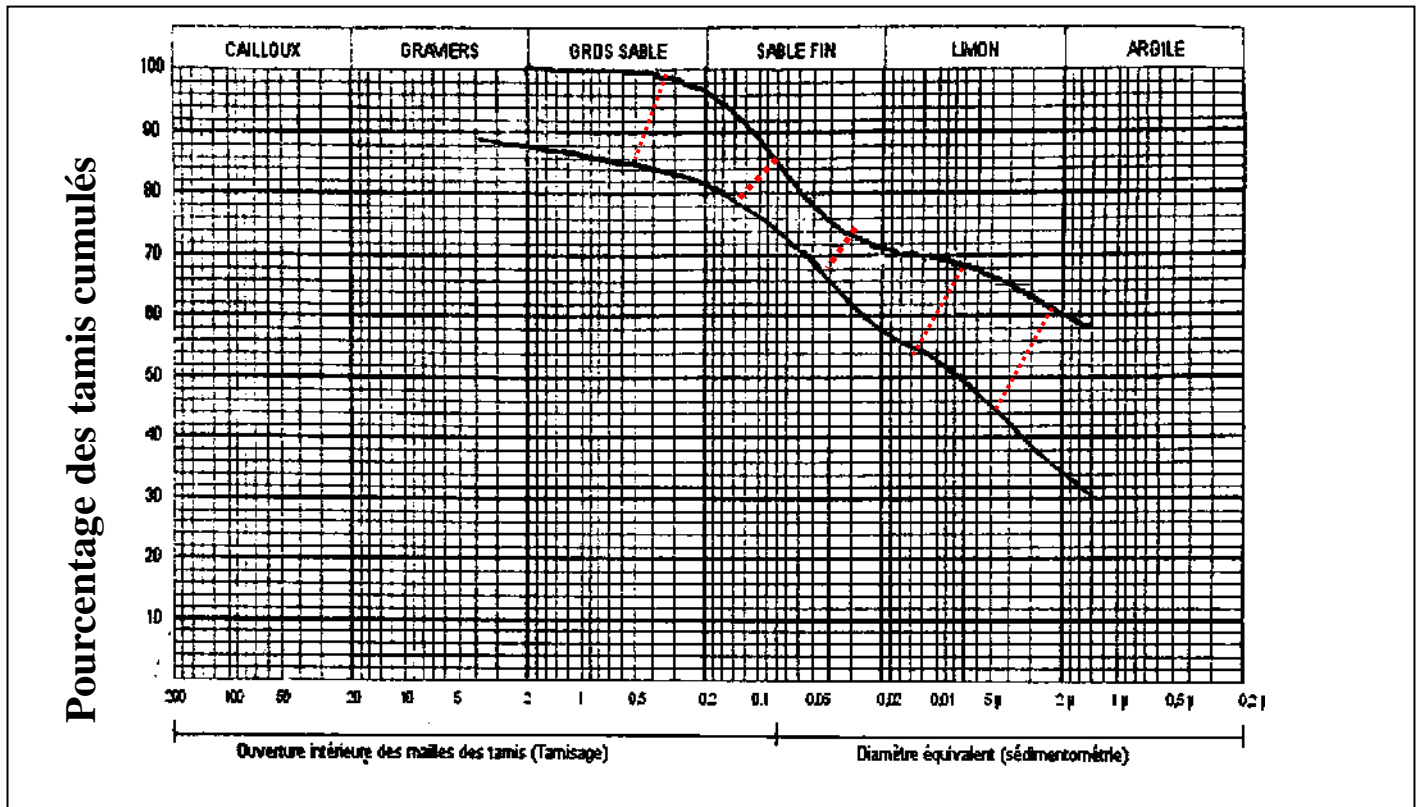


Figure 15: Fuseau granulométrique des argiles limono-sableuses

Le poids volumique sec varie entre $1,54 \text{ t/m}^3$ et $1,97 \text{ t/m}^3$ avec une moyenne de l'ordre de $1,77 \text{ t/m}^3$ indiquant une formation d'une densité moyenne.

Le poids volumique humide présente des valeurs minimales et maximales de l'ordre de $1,94 \text{ t/m}^3$ et $2,16 \text{ t/m}^3$ respectivement, avec une moyenne de $2,06 \text{ t/m}^3$.

Les 9 échantillons testés montrent des teneurs en eau variant de 5,39% à 28,14% avec une moyenne de 18,89%.

Le degré de saturation varie de 39,66% à 89,49% avec une moyenne de 68,29% indiquant un sol mouillé d'après Terzaghi.

La limite de liquidité W_L moyenne est de 55,65% et l'indice de plasticité I_p varie entre 21% et 42% avec une moyenne de 33%. Ces valeurs permettent de caractériser un sol moyennement pastiques à très plastique (figure 16).

La valeur moyenne de l'indice de consistance est de 1,11 indique un sol consistant, d'après la classification d'Atterberg.

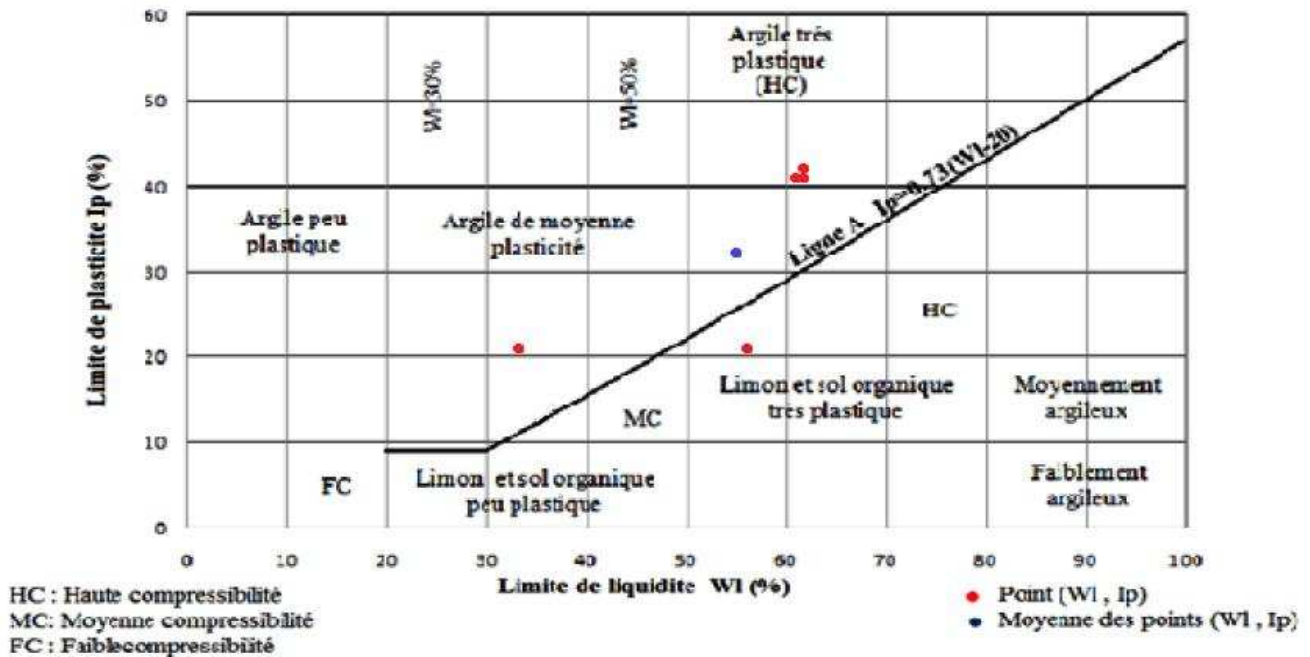


Figure 16 : Diagramme de plasticité des argiles limono-sableuse

III.2.1.2. Caractéristiques mécaniques

Les seuls essais effectués sur la zone d'étude concernent l'essai de cisaillement du type non consolidé non drainé (UU). Cet essai a donné en moyenne une cohésion de 0,65 bars qui est relativement élevée dans cette formation qui peut être expliquée par la prédominance des particules fines argileuses. L'angle de frottement donné par les deux échantillons testés est de 22,32° indiquant la présence d'éléments grenus dans cette unité.

Les trois échantillons testés à l'œdomètre ont montré des valeurs de pression de consolidation comprise entre 1,92 bar et 4,64 bars avec une moyenne l'ordre de 3,22 bars. L'indice de compressibilité a donné une moyenne de 26,38% tandis que l'indice de gonflement présente une moyenne de 7,65%. Ces valeurs nous permettent de classer cette unité dans les argiles gonflantes assez compressibles, d'après la classification de Terzaghi et de Sanglerat. Les paramètres physico-mécaniques des argiles limono-sableuses sont résumés dans le tableau 1.

Chapitre III : Synthèse géotechnique

Tableau 1 : Caractéristiques géotechniques des argiles limono-sableuses

Paramètres géotechniques	Désignation	Nombre d'échantillons	Valeurs			Interprétation
			Min	Max	Moy	
Poids volumique sec	$\gamma_d(t/m^3)$	9	1,54	1,97	1,77	Dense
Poids volumique humide	$\gamma_h(t/m^3)$	9	1,94	2,16	2,06	
Teneur en eau naturelle	W(%)	9	5,39	28,14	18,89	Mouillé
Degré de saturation	Sr (%)	6	39,66	89,49	68,29	
Granulométrie	Passant à 2mm	6	86,66	99,98	95,58	Sol fin
	Passant à 0,4mm	6	84,34	99,78	94,06	
	Passant à 80 μ m	6	73,21	85,06	78,60	
Indice de consistance	Ic	5	0,85	1,57	1,11	consistant
Limite d'Atterberg	Wl(%)	5	34,56	62,95	55,65	Moyennement plastique à très plastique
	Wp(%)	5	12,75	20,88	18,86	
	Ip (%)	5	21,35	42,24	33,58	
Compressibilité à l'œdomètre	Pc (bar)	3	1,92	4,64	3,22	Assez compressible
	Ct (%)	3	19,07	32,74	26,38	
	Cg (%)	3	2,46	12,46	7,65	
Cisaillement rectiligne de type UU	C (bar)	2	0,33	0,97	0,65	
	θ (°)		6,84	15,48	22,32	

III.2.2. Unité 2 : les sables grésifié et grés

III.2.1. Caractéristiques physiques

Le fuseau granulométrique caractérise une formation allant de sol grossier au sol fin ce qui montre l'hétérogénéité de cette formation (Figure 17). Le pourcentage des passants à $80\mu\text{m}$ ne dépasse pas 50%, révélant un sol pulvérulent selon la classification de LCPC.

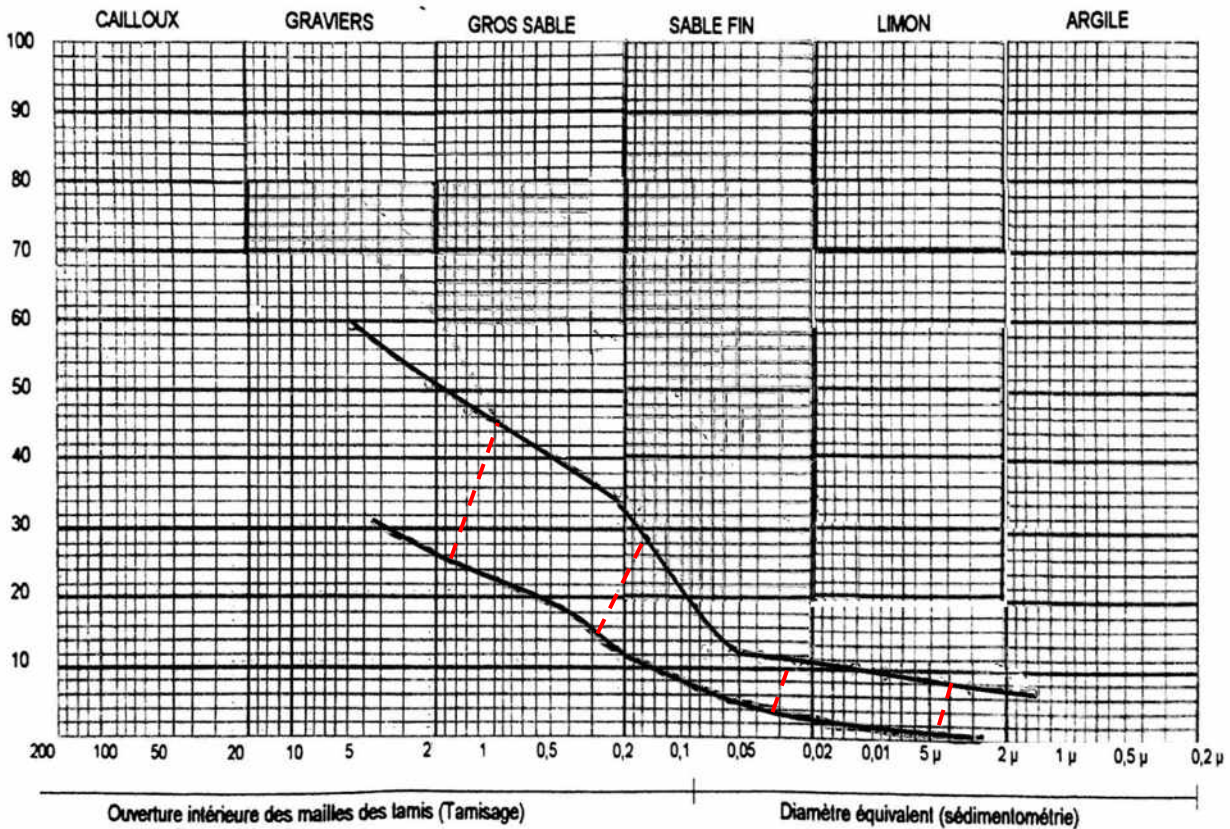


Figure 17: Fuseau granulométrique des sables grésifiés et grés

Les résultats portés sur le tableau 2 indiquent des valeurs comprises entre $1,78 \text{ t/m}^3$ et $2,37 \text{ t/m}^3$ avec une moyenne de $1,96 \text{ t/m}^3$ pour le poids volumique sec. Ce qui indique un sol dense.

La valeur moyenne du poids volumique humide étant de $2,1 \text{ t/m}^3$ avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de $1,94 \text{ t/m}^3$ à $2,48 \text{ t/m}^3$.

Les valeurs extrêmes de la teneur en eau de ces sables varient entre 5,13% et 8,96% avec une moyenne de l'ordre de 7,06%. Le degré de saturation comprise entre 57% et 82% avec une moyenne de 69%. Ces résultats donnent un sol mouillé.

-Les valeurs moyennes des limites d'Atterberg sont :

$$W_l = 34,5\%$$

$$W_p = 15,8\%$$

$$I_p = 18,70\%$$

Chapitre III : Synthèse géotechnique

L'indice de consistance I_c a une moyenne de 1,47 ce qui indique un sol consistant d'après la classification d'Atterberg.

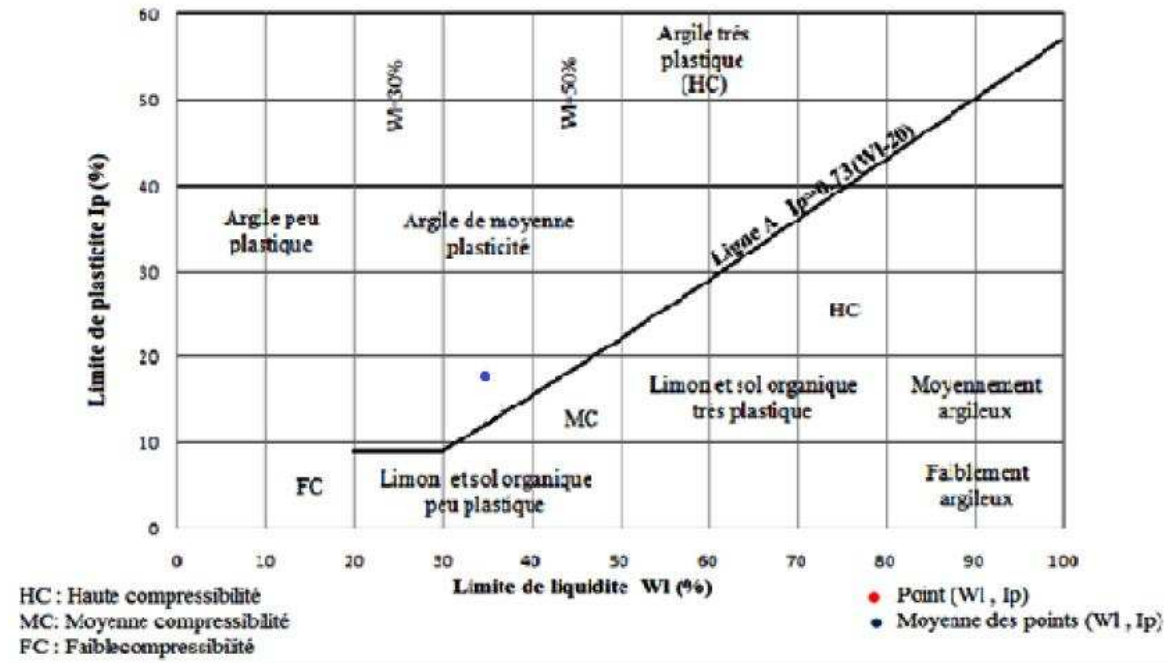


Figure 18 : Diagramme de plasticité de Casagrande des sables grésifiés et grés

III.2.2. caractéristiques mécaniques

Dans les rapports d'étude de sol qu'on a récolté, aucun essai mécanique de laboratoire n'a été réalisé sur cette unité.

Chapitre III : Synthèse géotechnique

Tableau 2: Caractéristiques géotechniques des sables grésifiés à grés

Paramètres géotechniques	Désignation	Nombre d'échantillons	Valeurs			Interprétation
			Min	Max	Moy	
Poids volumique sec	$\gamma_d(t/m^3)$	5	1,78	2,37	1,96	Dense
Poids volumique humide	$\gamma_h(t/m^3)$	5	1,94	2,48	2,1	
Teneur en eau naturelle	W(%)	5	5,13	8,96	7,06	Mouillé
Degré de saturation	Sr (%)	3	56,94	82,48	69,21	
Granulométrie	Passant à 2mm	2	33,88	50,92	42,4	Sol pulvérulent
	Passant à 0,4mm		25,19	40	32,60	
	Passant à 80 μ m		16,12	17,55	16,84	
Indice de consistance	Ic	1	-	-	1,47	consistant
Limite d'Atterberg	Wl(%)	1	-	-	34,50	Moyennement plastique
	Wp(%)	1	-	-	15,8	
	Ip (%)	1	-	-	18,70	

III.2.3. Unité 3 : les marnes limono-sableuses

III.2.3.1. Caractéristiques physiques

Les résultats obtenus à partir de l'analyse granulométrique sur la formation des marnes limono-sableuse ont montré un pourcentage du tamis de diamètre 2 mm égale à 76%, une proportion supérieure à 50% de passants à 80µm, comprise entre 48% et 66%, selon la classification LCPC, il s'agit d'un sol fin.

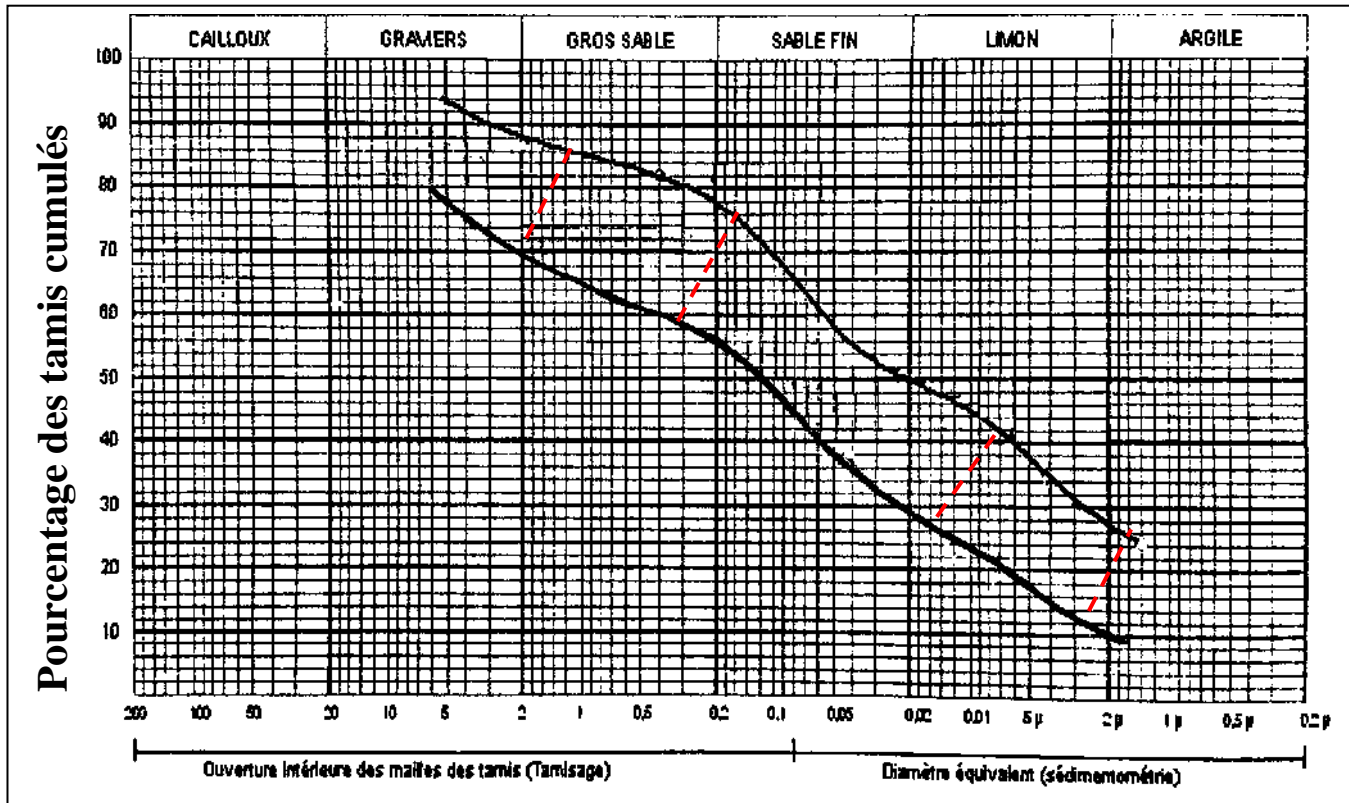


Figure 19 : Fuseau granulométrique des marnes limono-sableuses

Les essais effectués sur cette formation ont donné un poids volumique sec moyen de 1,87 t/m³ avec un maximum de l'ordre 1,93 t/m³, ces valeurs indiquent un sol dense.

Le poids volumique humide est compris entre 2,11 t/m³ et 2,17 t/m³ avec un moyen de 2,14 t/m³.

Les valeurs extrêmes de la teneur en eau de cette unité varient entre 11,12% et 16,82% avec une moyenne de l'ordre de 13,5%.

Les valeurs du degré de saturation comprises entre 71,78% et 92,6% avec une moyenne de l'ordre de 83,27% ce qui indique un sol détrempe.

-La limite de liquidité varie entre 17,35% et 36,84% avec une moyenne de 24,56% et la limite de plasticité compris entre 20,94% et 44,22% avec une moyenne de 29,48%. L'indice de plasticité varie entre 13,10% et 28,93% avec une moyenne de 19,09%. cela

Chapitre III : Synthèse géotechnique

nous a permis de classer ce sol comme moyennement plastique selon Atterberg. L'indice de consistance a une valeur moyenne de 1,16 ce qui indique un sol consistant selon Atterberg.

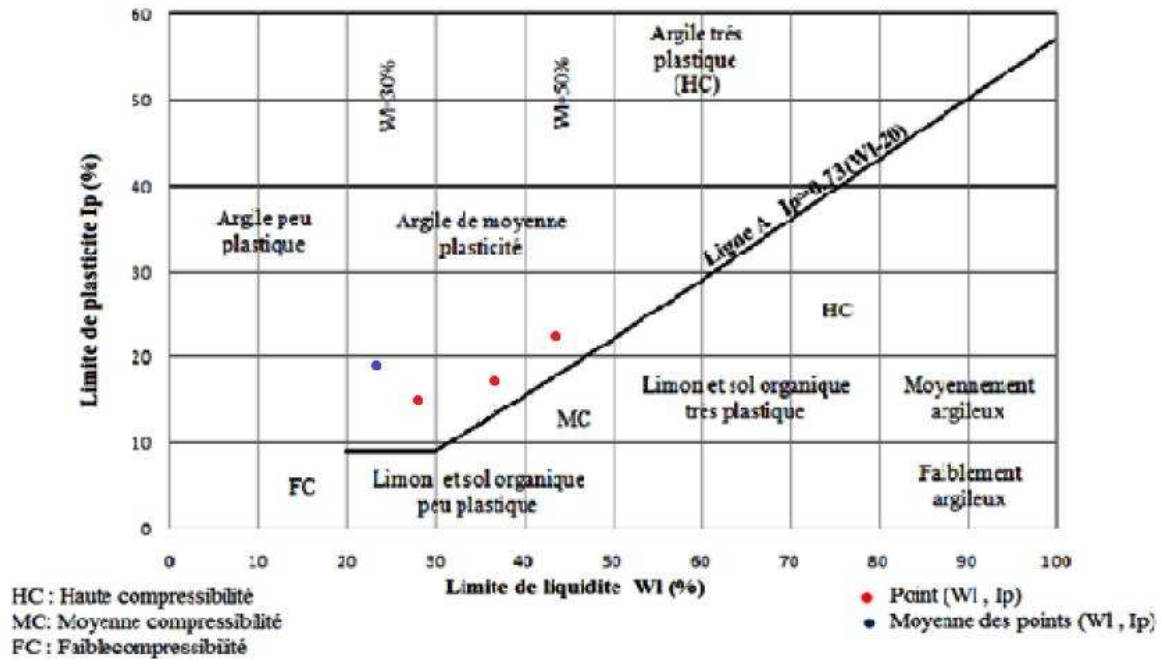


Figure 20: Diagramme de plasticité de Casagrande des marnes limono-sableuses

III.2.3.2. Caractéristiques mécaniques

La pression de consolidation varie entre 1,94 bar et 4,03 bars avec une moyenne de 3,24 bars.

La valeur moyenne du coefficient de compressibilité (C_c) est de 16,17 % avec une valeur moyenne de 3,19 % de coefficient de gonflement (C_g), ces résultats indiquent un sol de compressibilité moyenne et peu gonflant selon Terzaghi et de Sanglerat.

Les essais de cisaillement à la boîte de Casagrande de type non consolidé non drainé (UU) donnent des résultats qui indiquent une cohésion comprise entre 0,25 bars et 0,86 bar avec une valeur moyenne de 0,51 bars et un angle de frottement variant entre $10,76^\circ$ et $13,72^\circ$ avec une moyenne de $12,11^\circ$.

Chapitre III : Synthèse géotechnique

Tableau 3: Caractéristiques géotechniques des marnes limono-sableuses

Paramètres géotechniques	Désignation	Nombre d'échantillons	Valeurs			Interprétation
			Min	Max	Moy	
Poids volumique sec	$\gamma_d(t/m^3)$	5	1,81	1,93	1,87	Dense
Poids volumique humide	$\gamma_h(t/m^3)$	5	2,11	2,17	2,14	
Teneur en eau naturelle	W(%)	5	11,12	16,82	13,5	détrempé
Degré de saturation	Sr (%)	5	71,78	92,6	83,27	
Granulométrie	Passant à 2mm	3	70,37	87,19	76,02	Sol fin
	Passant à 0,4mm	3	61,86	82,32	68,9	
	Passant à 80 μ m	3	48,12	66,12	56,12	
Indice de consistance	Ic	7	0,97	1,37	1,16	consistant
Limite d'Atterberg	Wl(%)	3	17,35	36,84	24,56	Moyennement plastique
	Wp(%)	3	20,94	44,22	29,48	
	Ip (%)	3	13,10	28,93	19,09	
Compressibilité à l'œdomètre	Pc (bar)	4	1,94	4,03	3,24	Compressibilité moyenne
	Ct (%)	4	12,87	19,8	16,17	
	Cg (%)	4	1,29	4,3	3,19	
Cisaillement rectiligne de type UU	C (bar)	5	0,25	0,86	0,51	
	θ (°)		10,76	13,77	12,11	

III.3. Essais mécaniques in situ

III.3.1. Essais de pénétration dynamique

Les seuls essais in situ qui ont été effectués dans ce projet sont les essais de sismique réfraction et les essais au pénétromètre. Ces derniers ont donné les résultats suivants :

➤ **Unité I : les argiles limono-sableuses**

L'analyse des pénétrogrammes réalisés au niveau de cette unité montre des résistances en pointe (R_p) qui sont généralement supérieures à 40 bars à partir de 1 mètre de profondeur, ceci dénote un sol de bonne portance. Dans l'ensemble, les R_p dans la plupart des pénétrogrammes dépassent les 100 bars. Les refus ont été enregistrés à des profondeurs allant de 1,4 à 3 mètres.

➤ **Unité II : les sables grésifiés et grés**

Généralement, les résistances en pointe (R_p) dépassent les 40 bars, caractérisant un sol de bonne portance. Ces résistances varient parfois de 45 à 78 bars, mais dans l'ensemble les R_p dépassent les 100 bars, avec des refus qui ont été enregistrés au niveau des premiers mètres de cette unité, dus à la présence d'un passage de bloc de grés, ces refus est varié de 1,4 à 9,4 mètres de profondeur.

➤ **Unité III : les marnes limono-sableuses**

L'analyse des pénétrogrammes qui concerne cette unité révèle dans l'ensemble des valeurs de R_p moyenne à bonne, dans la plupart des diagrammes les R_p varient en dents de scie plus ou moins stable avec un minimum oscillant autour de 28 bars dans les 5 premiers mètres, au-delà de cette profondeur la résistance s'améliore progressivement et dépasse les 50 bars et atteint les 100 bars. L'horizon dur matérialisé par l'enregistrement des refus se localise entre 4,4 et 9 mètre de profondeur, parfois il y a des enregistrements sans refus.

III.3.2. Sismique réfraction

La sismique réfraction consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes sismiques émises par un choc (coup de masse ou explosion) à travers les couches de terrain, dont le principal but est de déterminer l'état de compacité des différentes couches et leurs épaisseurs.

En total, cinq (05) profils sismiques ont été réalisés par le L.M.T.P.B, de 52 m de longueur avec un pas régulier de 4 m, et trois points de tir ; deux tirs en bout (tir direct TN et inverse TR) et un tir au centre (TC).

Chapitre III : Synthèse géotechnique

L'analyse des profils sismiques a mis en évidence les résultats résumés dans le tableau 4

Tableau 4 : Vitesse des ondes sismiques et épaisseur des couches

valeur unité	H (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
Argile	0,7-3,2	260-700	121-300
Sable grésifié à grés	5,47-7,20	1000-1500	545-570
Marne	8,20	1850	800

- La prospection géophysique par l'essais de sismique réfraction révèle que les marnes accusent des vitesses des ondes de cisaillement de l'ordre de 800 m/s, alors que les argiles et les sables grésifiés à grés sont caractérisées par des vitesses de cisaillement de l'ordre de 300 m/s à 500 m/s.

Pour classer le site selon la réglementation parasismique on utilisant la relation suivante :

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_i^n h_i}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{si}} \right)_i}$$

h_i : l'épaisseur de la couche N_i .

V_{si} : Vitesse d'onde de cisaillement à travers la couche N_i .

En plus de la sismicité de la zone d'étude qu'on a vue dans le premier chapitre, on doit prendre en considération un autre paramètre qui est la vitesse d'onde moyenne du cisaillement (\bar{V}_s) qui est de l'ordre de 390 m/s sur 8,20 mètres de profondeur. Donc le site peut être classé en site meuble **S3** (PRA99).

Conclusion

L'étude des paramètres physico-mécaniques, obtenus à partir des investigations et essais géotechniques, révèle des caractéristiques géotechniques bonnes dans l'ensemble.

On peut donc distinguer trois (3) unités géotechniques dans notre secteur :

La formation de sable grésifié à grés : dense, de plasticité moyenne et de bonne résistivité à la pénétration dynamique.

Chapitre III : Synthèse géotechnique

La formation des argiles limono-sableuses : Correspond à un sol fin assez compressible, et hautement plastique, de bonne résistivité à la pénétration dynamique.

La formation des marnes limono-sableuses : Ce sont des sols fins moyennement compressibles peu gonflants, à résistance en pointe moyenne à bonne.

Les résultats des essais géophysiques nous ont permis de classer le site selon les règles parasismiques Algérienne (RPA 1999 versions 2003) en catégorie **S3 (sol meuble)**.

Chapitre IV : Dimensionnement des fondations

Chapitre IV: Dimensionnement des fondations

Introduction :

Après avoir défini dans le chapitre III, les caractéristiques physiques et mécaniques des principales couches du sous-sol, on va procéder dans ce qui suit au dimensionnement des fondations superficielles, type semelle filante, de l'ouvrage vis-à-vis de la capacité portante et du tassement en se basant sur les résultats des essais en laboratoire et in situ.

IV.I. Calcul de fondation

IV.1.1. A partir des essais de laboratoire

Comme on dit précédemment, notre zone d'étude est subdivisée en quatre parties :

- Partie Nord
- Partie Centrale
- Partie Sud
- Partie Sud-ouest

On calcule pour chaque partie la contrainte admissible que le sol pourra supporter, pour le celà on utilise la relation suivante (selon le DTR-BC 2.331) :

$$Q_{\text{limite}} = Sc.C. N_c + 0,5 S_y .\delta. B .N_y + S_q .\delta. D.N_q$$

Avec :

$$Sc = 1$$

$$S_y = 1$$

$$S_q = 1$$

N_γ , N_q et N_c : Coefficients dépendant de l'angle de frottement φ

B : la largeur de la semelle.

L : la longueur de la semelle.

C : cohésion apparente.

δ : Densité apparente du sol.

D : Profondeur d'ancrage.

Chapitre IV: Dimensionnement des fondations

Les détails du calcul des contraintes admissibles pour chaque partie sont résumés dans le tableau 5.

Tableau 5 : calcul de la contrainte admissible à partir des essais de laboratoire

Partie	Ancrage (m)	δ (T/m ³)	B (m)	Ny	Nq	Nc	C (T/m ²)	Φ (°)	Q limites (bar)	Q adm (bar)
Partie Nord	2	2	1	2,33	3,94	11	3,3	15,48	5,439	1,813
Partie Centrale	2	1,8	1	1,2	2,71	8,8	4,4	11,31	4,9556	1,652
Partie Sud	2	1,8	1	1,69	3,26	9,8	2,5	13,66	3,7757	1,259
Partie Sud- Ouest	2	2,04	1	1,69	3,40	10,04	3,9	13,44	5,47518	1,825

IV.1.2. A partir des essais in situ

La contrainte admissible Q_{adm} est évaluée à partir de la relation de "MEYEROFF" suivante :

$$Q_{adm} = R_p / F$$

Avec :

Q_{adm} : Contrainte admissible.

R_p : Résistance en pointe.

F : Facteur réducteur (F = 25).

Sur la base de l'analyse des résultats de la reconnaissance pénétrométrique, la capacité portante des sols déterminée à partir de ces essais est donnée dans le tableau 6.

Chapitre IV: Dimensionnement des fondations

Tableau 6 : calcul de la contrainte admissible à partir des essais in situ

Partie	Profondeur (m)	Contrainte admissible (bar)
Nord	A partir de 1,20 m	1,9
Centre	A partir de 1,20 m	1,8
Sud	A partir de 1,4 m	1,9
Sud-Ouest	A partir de 1,8 m	1,6

- Les résultats obtenus à partir des essais de laboratoire indiquent que la contrainte admissible de sol de notre zone d'étude est varié de 1,259 bars dans la partie Sud jusqu'à 1,825 bars dans la partie Sud-Ouest. Approximativement on obtient les mêmes valeurs de contraintes pour les essais in situ. A partir de ces résultats on peut dire que le sol de notre site est bon.

IV.2. Evaluation des tassements absolus du sol

Pour évaluer les tassements dus à la consolidation, nous utilisons la formule suivante :

$$\Delta H_i = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta e}{e_0 + 1} H_i$$

Avec

H_i : Epaisseur de la couche « i »

ΔH : Tassement élémentaire d'une couche, il est soumis à l'augmentation de la contrainte.

e_0 : Indice des vides initial.

Δe : Variation de l'indice des vides, suite à l'augmentation de la contrainte.

Les calculs des tassements de consolidation, pour des fondations superficielles type filantes, sont consignés dans le tableau ci-après :

Chapitre IV: Dimensionnement des fondations

Tableau 7 : Calcul des tassements à partir des essais de compressibilité à l'œdomètre

Partie	Q _{adm} (bar)	couche	H (m)	Z (m)	I	Δσ (bar)	σ _{z0} (bar)	σ _{zf}	e ₀	e _f	Δe	ΔH (m)	ΣΔH (cm)
Nord	1,8	1	1	1	0,21	0,378	0,2	0,578	0,709	0,669	0,04	0,0234	3,66
		2	2	3	0,1	0,18	0,6	0,78	0,669	0,659	0,01	0,0120	
		3	2	5	0,07	0,126	1	1,126	0,64	0,639	0,001	0,0012	
Centre	1,6	1	2,6	2,6	0,13	0,208	0,52	0,728	0,538	0,533	0,005	0,0084	2,22
		2	3,2	5,8	0,07	0,112	1,16	1,272	0,523	0,518	0,005	0,0105	
		3	1	6,8	0,03	0,048	1,36	1,408	0,513	0,508	0,005	0,0033	
Sud	1,26	1	5,5	5,5	0,06	0,0756	1,1	1,1756	0,587	0,583	0,004	0,0138	2,14
		2	3	8,5	0,04	0,0504	1,7	1,7504	0,581	0,578	0,003	0,0057	
		3	1	9,5	0,03	0,0378	1,9	1,9378	0,577	0,574	0,003	0,0019	
Sud-Ouest	1,83	1	3,3	3,3	0,1	0,183	0,66	0,843	0,684	0,68	0,004	0,0078	2,13
		2	1,7	5	0,07	0,1281	1	1,1281	0,681	0,676	0,005	0,0051	
		3	3,5	8,5	0,03	0,0549	1,7	1,7549	0,672	0,668	0,004	0,0084	

Avec:

$$\Delta\sigma = Q_{adm} * I$$

I : facteur d'influence.

$$\sigma_{z0} = Z * \gamma_i$$

γ_i : densité apparente du sol (γ_i = 2 t/m³).

$$\sigma_{zf} = \Delta\sigma + \sigma_{z0}$$

σ_z : Contrainte vertical

Chapitre IV: Dimensionnement des fondations

- les résultats obtenus à partir des essais de compressibilité à l'œdomètre nous donnent des valeurs de tassement qui varient de 2,13 cm dans la partie Sud-Ouest à 3,66 cm dans la partie Nord. Ces valeurs peuvent être expliquées par l'absence de l'eau sur 10 mètres de profondeur et aussi par la présence d'épaisses couches de sous-sol dans notre zone. Ces résultats indiquent que le tassement dans notre zone d'étude est admissible dans les limites fixées au travail du sol.

Conclusions générales

Conclusions générales

Au terme de ce travail nous pouvons relever plusieurs résultats importants.

Du point de vue sismotectonique, notre zone d'étude se situe dans la zone III, de forte sismicité ; il s'avère donc indispensable de respecter les règles parasismiques algériennes (RPA 2003).

La caractérisation lithologique a fait ressortir un sous-sol hétérogène latéralement et verticalement, formé essentiellement de quatre unités, de différentes épaisseurs et se trouvant à différentes profondeurs :

- Remblai.
- Argile limono-sableuse rougeâtre.
- Sable grésifié à grés avec passage sablo-limoneux.
- Marne limono-sableuse grise à bariolée.

La caractérisation géotechnique a fait l'objet d'analyse physico-mécanique au laboratoire et in situ effectués sur trois unités dont les résultats sont résumés comme suit :

- Unité d'argile sablo-limoneuse : il s'agit d'un sol dense assez compressible, très plastique.
- Unité de sable grésifié à grés : correspond à un sol détrempe, moyennement plastique et de bonne résistivité à la pénétration dynamique.
- Unité de marne limono-sableuse : il s'agit d'un sol fin moyennement plastique, de compressibilité moyenne et peu gonflant.

Les résultats de calcul de fondation à partir des essais de laboratoire et in situ nous amènent à conclure que les tassements et la charge que pourrait supporter le sol de notre zone d'étude sont généralement admissibles.

Tous ces résultats, nous amènent à conclure que les sols de notre zone d'étude sont généralement bons et constructibles avec des fondations superficielles (0-3mètres) moyennant quelques recommandations sont à apporter concernant les argiles et les marnes peu gonflantes à gonflantes :

- Enlèvement ou éloignement de toute végétation de grande consommation d'eau qui peut être à l'origine de nombreux désordres à proximité immédiate des ouvrages.
- Il est nécessaire d'assurer un bon drainage des eaux superficielles, pour éviter tout contact avec les marnes et les argiles gonflantes.
- Il faut éviter les grands terrassements qui entraîneraient des suppressions de butées et prévoir des murs de soutènement, en présence de talus argileux ou marneux.

Références bibliographiques

Akif F., Cheniti F. (2006). *La vulnérabilité environnementale de la région d'Alger: approche par « Télédétection et SIG ».* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 66 p.

Alem K., Belbekkouche L. (2007). *Etude géologique et géotechnique du site côtier « Zeralda ouest » en vue de l'aménagement d'une zone d'extension touristique.* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 61 p.

Balit E., Meziane A. (2006). *Etude géologique, géotechniques et analyse des procédés de creusement et de soutènement du tunnel du métro d'Alger (tronçon : Hamma-Hai el Badr)* Mémoire d'ingénieur : USTHB, Alger, 92 p.

Ben Boudiaf Y., Hadjarab R. (2006). *Caractérisation géologique et géotechnique d'une portion littoral d'El Djamila : conséquences sur l'aménagement.* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 46 p.

Benidir N., Fernane L. (2010). *Détermination des fréquences de résonance du sol par la méthode H/V-bruit de fond dans la région d'Hussein Dey.* Mémoire d'ingénieur : ENSSEMAL, Alger, 39 p.

Boualem M., Djeddou A. (2005). *Etude géologique et géotechnique d'un site côtier pour la construction d'une centrale électrique.* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 45 p.

Bougherara H. (2011). *Caractérisation géologique et géotechnique de la partie occidentale de la baie d'Alger.* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 55 p.

Géomatrix. (2006). *Analyse probabiliste de l'aléa sismique de la wilaya d'Alger.*

Ghanemi Z., Moussaoui S. (2011). *Caractérisation lithologique et géotechnique des sols de la partie orientale de la baie d'Alger.* Mémoire d'ingénieur : ENSSMAL, Alger, 47 p.

Ikhlef A., Mokrani S. (2006). *Etude géologique, géophysique et géotechnique du projet « City Center » Pins Maritimes (Alger).* Mémoire d'ingénieur : USTHB, Alger, 97 p.

LMTBP-Baba Hassen (2013). *Rapport du sol, étude géotechnique des 1500 logements AADL, ville nouvelle Sidi Abdellah, Alger.*

Mokhtar K., Sebbah Y. (2009). *Analyse de la stabilité des versants de la ville nouvelle de Sidi Abdellah (Alger).* Mémoire d'ingénieur : USTHB, Alger, 77 p.

Osman 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) - Boumerdès.* Mémoire d'ingénieur : USTHB, Alger, 175 p.

<https://www.fig.net>

Logiciel utilisé :

autoCAD 10.0

Annexes

Tableau des unités des paramètres géotechniques:

Paramètre	Unités
Poids volumique sec (γ_d)	t/m ³
Poids volumique humide (γ_h)	t/m ³
Teneur en eau (W)	%
Degrés de saturation (Sr)	%
Passant à 2 mm	%
Passant à 80 μ m	%
Limite de liquidité (WL)	%
Limite de plasticité (Wp)	%
Indice de plasticité (Ip)	%
Pression de consolidation (Pc)	Bars
Cohésion (C)	Bars
Angle de frottement (θ)	° (degré)

Tableaux de classification suivant les paramètres géotechnique :

Essais d'identification physique

Tableau 1 : relative à la densité sèche

Densité sèche γ_d	Etat du sol
$\gamma_d < 16$	Faible
$16 < \gamma_d < 18$	Moyenne
$\gamma_d > 18$	Elevée

Tableau 2 : relatif à l'état de saturation du matériau (D'après Terzaghi)

Degrés de saturation	Appréciation
=100%	Saturé
76<Sr<99%	Détrempé
51<Sr<75%	Mouillé
26<Sr<50%	Humide
01<Sr<25%	Légèrement humide
Sr=0%	Sec

Tableau 3 : relatif à la plasticité (D'après Atterberg)

Indice de plasticité IP	Appréciation
5-10	Faible
10-20	Moyenne
20-40	Elevée
>40	Très élevée

Tableau 4 : relatif au pourcentage de passant à 80 m (D'après le LCTP)

Pourcentage des passants à 80 μ m	Classification
>50%	Sol fin
<50%	Sol pulvérulent

Tableau 5 : de consistance (D'après Atterberg)

Indice de consistance	Etat de sol
$I_c > 0.00$	Pâteux
$0.25 < I_c < 0.50$	Mou
$0.50 < I_c < 0.75$	Ferme
$0.75 < I_c < 1.00$	Mi-dur
$I_c > 1.00$	Consistant

Tableau 6 : relatif à la plasticité (D'après Atterberg)

Indice de plasticité I_p (%)	Appréciation
$I_p = 0$	Plasticité nulle
$10 < I_p < 20$	Peu plastique
$20 < I_p < 40$	Moyennement plastique
$I_p > 40$	Hautement plastique

Essais mécaniques

Tableau 7 : relatif à la compressibilité du sol (D'après Terzaghi)

Indice de compressibilité	Appréciation
$C_c < 0.02$	Sol incompressible
$0.02 < C_c < 0.05$	Sol très peu compressible
$0.05 < C_c < 0.10$	Sol peu compressible
$0.10 < C_c < 0.20$	Sol de compressibilité moyenne
$0.20 < C_c < 0.30$	Sol assez compressible
$0.30 < C_c < 0.50$	Sol très compressible
$C_c < 0.50$	Sol extrêmement compressible

Tableau 8 : relatif au gonflement des sols (D'après Guy Sanglérat)

Indice de gonflement Cg(%)	Gonflement
4 < Cg < 25 2 < Cg < 4	Sol gonflant Sol peu gonflant

Tableau 9 : relatif à la vitesse des ondes de cisaillement (D'après RPA99)

Site	Type de sol	Vs (m /s)
S1	Rocheux	>=800
S2	Ferme	>=400 - <800
S3	Meuble	>=200 - <400
S4	Très meuble	>=100 - <200

Tableau 10 : Termes de portance pour fondations superficielles en fonction de l'angle de frottement selon le DTU 13.12

φ (°)	N_γ	N_q	N_c	φ (°)	N_γ	N_q	N_c
0	0	1,0	5,14	25	8,1	10,7	20,7
5	0,1	1,6	6,50	30	18,1	18,4	30,0
10	0,5	2,5	8,40	35	41,1	33,3	46,0
15	1,4	4,0	11,00	40	100	64,2	75,3
20	3,5	6,4	14,80	45	254	135	134

Tableau 11 : Valeur des coefficients d'influence pour une contrainte verticale sous le coin d'une surface rectangulaire uniformément chargée (D'après la U.S. Navy, 1971).

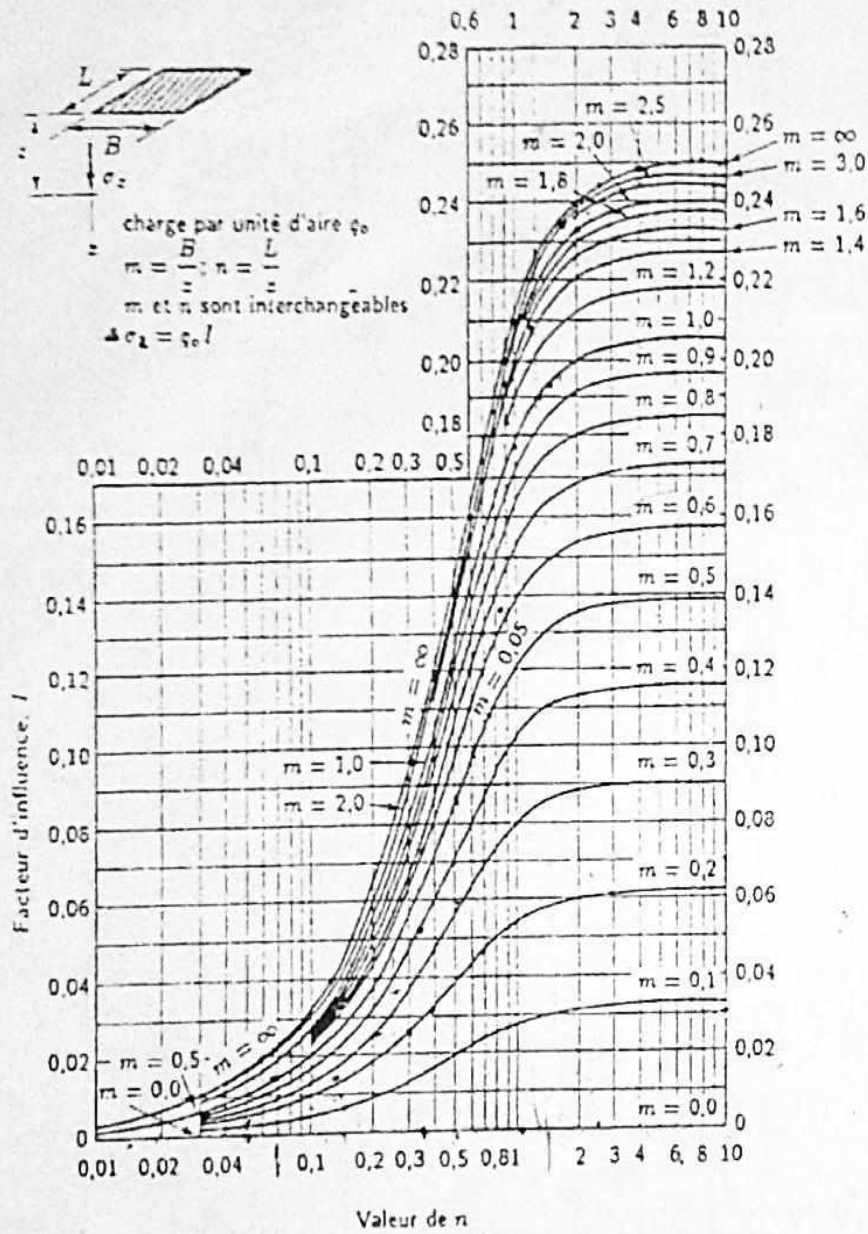


Fig 1: Valeur des coefficients d'influence pour une contrainte verticale sous le coin d'une surface rectangulaire uniformément chargée. (D'après la U.S. Navy, 1971)