



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

جامعة الجيلالي بونعاما خميس مليانة

Université Djillali BOUNAAMA de Khemis Miliana

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

قسم علوم الأرض

Département des Sciences de la Terre

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

**En Sciences de la Terre et l'Univers**

Filière : Géotechnique

Option : Géotechnique

### Thème

*Etude et Dimensionnement d'un tronçon routier*

*« Projet de dédoublement de la RN1 Chiffa-Boughzoul »*

Présenté par : Mr TRAORE IBRAHIM

Mr KONE BOUBACAR AHMED

Devant le jury :

Mme Baouche Fatim Zohra	Pr.	Présidente	UDBKM
Mme KHEBIZI WIEM	MA (A)	Promotrice	U.TIMSSEMSILT
Mme Belhdj Fatma Zohra	MA (A)	Examinatrice	UDBKM
Mr Mettai Mohamed	MA (A)	Examineur	UDBKM

Année Universitaire : 2014 /2015

## ∞ DÉDICACE ∞

À chaque étape importante d'achever de notre vie, il convient de faire une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes avec lesquelles nous avons passé tous ces bons moments de notre parcours, mais aussi les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidées sans jamais rien attendre au retour, soutenues sans réserve, aimées sans compter, ces personnes pour qui notre bonheur, notre réussite comptaient énormément, pour qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail qui est l'accomplissement de longues années d'études, en tout premier lieu :

À mon défunt père **Ahmed M'Baba**, que dieu l'accueille dans son vaste paradis, qui a toujours su trouver les mots pour m'encourager n'a pas cessé de me prodiguer des conseils;

À ma très chère mère **Bintou MARIKO**, à qui je dois tout pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien, sans les quels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui ;

À tous mes frères et sœurs ;

À mes chères tantes **Maimouna** et **Ramatou MARIKO**, pour leurs conseils et leur soutien.

À tous mes oncles, ainsi leurs épouses et époux,

À tous (tes) mes cousins et cousines.

Le long de ma vie, J'ai été entouré de personnes qui m'ont donné le meilleur d'eux même, je crois qu'aujourd'hui il est le temps de leur dédiés du fond du cœur ce modeste travail : **Bakary, Intallou, Cheikh, Cherif, Baba Diarra, M. Lamine, Sega, M. Diallo, T.Ibrahim, D.Alphonse, Check B, H.Seydou, T.Zatoudé, M.Amina** ... La liste est assez longue, je vous remercie pour tous les sentiments d'amitié que vous avez envers moi et dont je suis fier.

À tous et à toutes, je dédie ce travail

**KONE Boubacar Ahmed**

# Dédicace

*Je dédie ce travail*

- *A la mémoire de mon père qui me disait toujours que  
<< Le courage est au bout de tous >>  
Qu'ALLAH lui face miséricorde.*
- *A mon père Mr Diarra Ousmane, à ma mère, pour leur affection, leur soutien et tous les sacrifices qu'ils ont consentis avec nous afin d'assurer notre éducation.  
Trouvez en ce mémoire l'expression de ma haute reconnaissance.*
- *A mes chers enseignantes Mme Belhadj et Mme Kasmí.*
- *A Mr Hadj Sadouk Sidi Hamed et à tout le groupe de laboratoire (CMTP).*
  - *A mes chers frères et sœurs tous mes respects pour vous.*
  - *A la Famille TRAORE, Diarra, Haïdara et Barry.*
- *A mes tontons; tantes, cousines, voisins et toutes mes amies et amis sans exception.*
- *A la Wadia family; Mr. Ballo Cheick kader et Mr. Dakouo Alphonse.*
- *A M<sup>lle</sup> Sanoussi F.M.A et mon très chers binôme Mr Koné Boubacar Ahmed tous mes respects pour vous.*
- *A tous les étudiants (es) étrangers (ères) (C.E.E.K.M)*

*Mr TRAORE IBRAHIM*

# REMERCIEMENTS

*Nous remercions le bon DIEU de nous avoir donné le courage et la volonté d'accomplir ce travail.*

*Nos remerciements vont particulièrement à nos parents pour leur soutien et leurs encouragements.*

*Nous tenons à remercier notre promotrice Mme. KHEBIZI Wiem pour son incroyable dévotion à parfaire notre travail et à nous aidé par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude.*

*Nos remerciements également à l'ensemble du corps enseignants de l'université DJILALI BOUNAMA en générale et plus particulièrement à ceux du département Géosciences pour avoir contribué à notre formation.*

*Nous adressons nos remerciements à notre pays hôte l'Algérie ainsi qu'à tous les collègues de notre promotion qui nous ont accompagnés depuis 2010.*

*Nous remercions Mr Hadj Sadok Sid Ahmed et tout le groupe du laboratoire S.A.R.L CMTF.*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont conseillées, qui se sont simplement intéressées à ce travail, et aussi celles qui, nous l'espérons me pardonneront de les avoir oubliées.*

## Résumé

Dans ce travail, la vision est portée sur l'étude des différents aléas englobant le dimensionnement d'une structure routière par plusieurs méthodes (CBR ; la méthode algérienne, etc.) qui doit parfaitement s'adapter aux conditions d'environnement de notre zone d'étude qui est une zone inondable tout en rendant un bon service. L'étude de tracé différents profils de notre projet passe par une bonne connaissance de la géologie de la région et une interprétation des résultats des campagnes de reconnaissance géotechnique. La détermination des épaisseurs des couches de chaussée répondant aux exigences et pouvant résister aux agressions extérieures (intensité de trafic, mauvaise qualité du sol-support etc.) tout en restant dans un intervalle de coût d'exécution et d'entretien acceptable fait l'objet d'un travail rigoureux.

La recherche de solutions adéquates au problème de remontée des eaux en temps de crue, notamment la mise en place d'une couche d'enrochement pour une bonne repartition des charges et assurer un bon drainage du sol-support surmontée d'une couche de remblais protégé sur les flans par des géotextiles, fit l'objet d'un travail minutieux.

Ensuite une modélisation de l'action des charges des véhicules transmises par les pneus à la structure en prenant en compte des lois de comportements spécifique pour chaque matériau pour différents situations à savoir le stationnement des véhicules (chargement statique) et la circulation qui induit des vibrations (chargement dynamique) et de l'étude stabilité des différents remblais de notre chaussée. Enfin ce travail comporte une étude de l'impact sur l'environnement de la nouvelle route.

**Mots clé :** Dimensionnement, Charges, Modélisation, Stabilité, Trafic, Sol-support, Campagnes de reconnaissance, Chargement dynamique.

## Summary

In this work, the vision is concerned the study of the various risks including the dimensioning of a road structure by several methods (CBR; Algerian method, etc.) who must adapt perfectly to the environmental conditions of our zone of study which is an easily flooded zone while rendering a good service. The study of layout various profiles of our project pass by a good knowledge of the geology of the area and an interpretation of the results of the geotechnical recognition campaigns. Determination thicknesses of the layers of roadway fulfilling the requirements and being able to resist the external aggressions (intensity of traffic, bad quality of ground-support etc.) while remaining in an interval of cost of execution and acceptable maintenance is the subject of a rigorous work.

The search for adequate solutions to the problem of increase of water in times of rising, in particular the installation of a rubble bed for good set out again of the loads and to ensure a good drainage of the ground-support surmounted by a layer of fill protected on the blanks by the geotextile ones, was the subject of a meticulous work.

Then a modeling of the action of the loads of the vehicles transmitted by the tires has the structure by taking into account laws of behaviors specific for each material for different situations to knowing the parking of the vehicles (static loading) and the circulation which induces vibrations (dynamic loading) and study stability of the various embankments of our roadway. Finally this work comprises an impact study on the environment of the new road.

**Key words:** Dimensioning, Loads, Modeling, Stability, Traffic, Ground-support, Campaigns recognition, dynamic Loading.

## \_ ملخص

في هذا العمل، وتركز الرؤية على دراسة المخاطر المختلفة بما في ذلك تصميم هيكل الطريق من قبل العديد من الطرق (CBR، وطريقة الجزائري، الخ) للتكيف تماما مع الظروف البيئية لمنطقتنا الدراسة هي منطقة الفيضانات في حين جعل خدمة جيدة. دراسة ملامح الطريق مختلفة من مشروعنا يتطلب معرفة جيدة جيولوجيا المنطقة وتفسيرا للنتائج حملات الجيوتقنية. تحديد سمك طبقة الرصف التي تلبي متطلبات وقادر على مقاومة الاعتداءات الخارجية (كثافة حركة المرور، وسوء نوعية التربة الناقل الخ) في حين تبقى في تكلفة تنفيذ الفاصل الزمني الصيانة وحقيقة مقبولة في موضوع للعمل صارم.

البحث عن حلول مناسبة لمشكلة ارتفاع منسوب المياه خلال الفيضانات، بما في ذلك إنشاء لطبقة الصخور يغادرون لالحشو جيدة وضمان تصريف التربة جيدة المعقولة تلوها طبقة من التعبئة محمية على الجناحين بواسطة الترسية الأرضية، كان موضوع العمل الدقيق. ثم نموذجاً للعمل الأحمال السيارة تنتقل من الإطارات لديه هيكل مع مراعاة قوانين السلوك المحددة لكل مادة لحالات مختلفة وهي المركبات وقوف السيارات (حمولة ساكنة) والحركة التي يدفع الاهتزازات (تحميل الديناميكي) ودراسة استقرار مختلف السدود لدينا الكلمة. أخيراً، ويشمل هذا العمل دراسة التأثير على البيئة الطريق الجديدة. كلمات البحث: تحجيم والرسوم والنماذج والاستقرار، والمرور، سول الدعم، حملات الاعتراف، تحميل الديناميكي.

**SOMMAIRE**

**CHAPITRE I : Généralités**

I.1 Introduction.....	2
I.2 Présentation du projet.....	2
I.3 Données géographique .....	4
I.4 Données climatiques .....	4
I.5 Sismicité .....	4
I.5.1 Aperçu Sismique.....	4
I.5.2 Sismicité de la Région.....	5
I.5.3 Paramètres Parasismiques et Zonage Sismique .....	6
I.6 Conclusion .....	8

**CHAPITRE II : Géologie et prospection géotechnique**

II.1 Introduction .....	9
II.2 Etude Géologique .....	9
II.2.1 Géologie générale.....	9
II.2.2 Tectonique et Structure.....	10
II.2.3 Hydrographie .....	12
II.2.4 Hydrogéologie .....	12
II.3 Prospection géotechnique du projet .....	13
II.3.1 Essai in situ.....	13
II.3.2 Essais en laboratoire .....	17
II.4 Conclusion .....	22

**CHAPITRE III : Géotechnique routière**

III.1 Introduction.....	23
III.2 La chaussée .....	23
III.2.1 Définition.....	23
III.2.2 Les différentes couches de chaussée .....	23
III.2.2.1 Couche de surface .....	23
III.2.2.2 Couche de base.....	23
III.2.2.3 Couche de fondation.....	23
III.2.2.4 Couche de forme.....	23
III.2.3 Les différentes catégories de chaussée.....	24
III.3 Etude de trafic .....	25
III.3.1 L'analyse des trafics existants.....	25
III.3.2 Calcul de la capacité.....	25
III.3.2.1 Définition de la capacité .....	25
III.3.2.2 Projection future du trafic.....	25
III.3.3-Calcul de trafic effectif.....	26
III.3.4 Application numérique au projet.....	26
III.3.4.1 Les données de trafic.....	26
III.3.4.2 Projection future de trafic .....	27

III.3.4.3 Calcul du trafic effectif.....	27
III.4 Caractéristiques géométriques d'une chaussée .....	27
III.4.1 Le profil en travers .....	28
III.4.1.1 La largeur de la chaussée .....	28
III.4.1.2 Zone de récupération et zone de dégagement de sécurité.....	29
III.4.1.3 Les dévers.....	29
III.4.1.4 Application au projet.....	29
III.4.2 Tracé en plan.....	30
III.4.3 Profil en long.....	32
III.5 Etude de Cubature.....	34
III.5.1 Cubatures des terrassements.....	34
III.5.2 Méthode utilisé .....	34
III.5.3 Application au projet.....	35

#### **CHAPITRE IV : Dimensionnement du corps de la chaussée**

IV.1 Introduction .....	37
IV.2 Les principales méthodes de dimensionnements .....	37
IV.2.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio).....	37
IV.2.2 Méthode A.A.S.H.O.....	38
IV.2.3 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE.....	39
IV.2.4 Méthode du catalogue des structures .....	39
IV.2.4.1 Détermination de la classe de trafic.....	39
IV.2.4.2 Détermination de la classe du sol .....	40
IV.2.5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).....	40
IV.2.6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves .....	40
IV.3 Application au projet.....	41
IV.3.1 Méthode dite CBR.....	41
IV.3.2 Méthode L.C.P.C .....	44
IV.3.3 Méthode de catalogue des structures .....	44
IV.4 Renforcement de la chaussée existante .....	45
IV.5 Modélisation du modèle .....	46
IV.6 Conclusion.....	47

#### **CHAPITRE V : Etude de Stabilité**

VI.1 Introduction .....	48
VI.2 Différentes formes d'instabilité d'un terrain.....	48
VI.3 Principales causes d'instabilités d'un terrain.....	48
VI.4 Stabilité des talus .....	49
VI.5 Recommandations constructives .....	49
VI.5.1 Pour les remblais .....	49
VI.5.2 Pour les déblais .....	50
VI.6 Calcul de coefficient de sécurité.....	50
VI.7 Calcul de la stabilité des pentes .....	50
VI.8 Application au projet.....	51



## SOMMAIRE

---

---

VI.8.1 Objectif .....	51
VI.8.2 Actions et paramètres adoptés dans les calculs .....	51
VI.8.3 Stabilité globale.....	52
VI.8.3.1 Méthodologie de calcul .....	52
VI.8.3.2 Résultats obtenus .....	53
Conclusion .....	56

### **CHAPITRE VI : Gites d'emprunt, Solution des Remblais et Etudes d'Impacts sur l'Environnement**

VI.1. Introduction .....	57
VI.2 Gites d'emprunt.....	57
VI.2.1 Gites à matériaux .....	57
VI.2.1.1 Région d'Ain Ouessara .....	57
VI.2.1.2 Région de Boughar .....	57
VI.2.1.3 Région de Boughezoul .....	58
VI.2.1.4 Région de Chahbounia .....	58
VI.2.2 Carrière .....	58
VI.2.3 Résultats de l'investigation .....	58
VI.2.4 Estimation des réserves .....	61
VI.2.5 Matériaux pour les remblais en zone inondable et couche en tuf.....	62
VI.2.6 Matériaux pour la couche en GNT.....	63
VI.3 Solution des remblais en zone inondable .....	64
VI.3.1 Conditions d'assise.....	64
VI.3.2 Corps de remblais.....	64
VI.3.3 Couche en GNT et couche en TUF.....	67
VI.3.3.1 Solution adoptée .....	67
VI.3.4 Contrôle de construction .....	67
VI.3.5 Considérations finales .....	68
VI.4 Etudes d'impacts sur l'environnement .....	68
VI.4.1 Cadre juridique .....	68
VI.4.2 L'environnement au niveau de l'étude préliminaire .....	69
VI.4.3 Evaluation de l'impact sur l'environnement .....	69
VI.5 Conclusion .....	70
<b>Conclusion Générale et Recommandations .....</b>	<b>71</b>

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1</b> - Division du territoire algérien dans divers zones de sismicité.....	6
<b>Tableau I.2</b> - Coefficient d'accélération ( <b>A</b> ) .....	7
<b>Tableau II.1</b> - Résultats des essais in-situ .....	14
<b>Tableau II.2</b> - Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance.....	18
<b>Tableau III.1</b> - Coefficient d'équivalence .....	26
<b>Tableau III.2</b> - Rayons du tracé en plan .....	31
<b>Tableau III.3</b> - Les rayons horizontaux .....	33
<b>Tableau IV. 1</b> - Coefficients d'équivalence .....	37
<b>Tableau IV.2</b> - Classes de trafic poids lourds .....	38
<b>Tableau IV.3</b> - Classement des sols selon C.B.R.....	39
<b>Tableau IV.4</b> - Structure de la chaussée (zone inondable).....	41
<b>Tableau IV.5</b> - Structure de la chaussée (zone normale) .....	43
<b>Tableau IV.6</b> - Renforcement de chaussée existante .....	44
<b>Tableau V.1</b> - Paramètres géotechniques du terrain de fondation, adoptés dans les calculs...52	
<b>Tableau V.2</b> - Paramètres géotechniques des matériaux de remblai.....	52
<b>Tableau V. 3</b> - Détermination Coefficients de sécurité obtenus .....	53
<b>Tableau VI.1</b> - .Le résultat des essais d'identification et mécanique .....	61
<b>Tableau VI.2</b> - Récapitulatif de la réserve (estimatif) des gîtes d'emprunt .....	61
<b>Tableau VI.3</b> -Tableau récapitulatif de la réserve (estimatif) de la carrière de Boughezoul... 62	
<b>Tableau VI.4</b> - Fréquence proposée des essais de contrôle des propriétés des matériaux.....	68

# LISTE DES FIGURES

<b>Fig. I.1</b> -Localisation du projet .....	2
<b>Fig. I.2</b> -Barrage de Boughzoul. On observe le risque d'inondation de la route.....	3
<b>Fig. I.3</b> -Carte de macro sismicité avec l'épicentre du séisme du 21 mai 2003.....	5
<b>Fig. I.4</b> Carte des isoséistes.....	6
<b>Fig. I.6-</b> Carte de zonage sismique de l'Algérie ( <b>RPOA 2008</b> ) .....	7
<b>Fig. I.7</b> -Zones sismiques et degrés de vulnérabilité.....	8
<b>Fig. II.1-</b> Carte des Montagnes d'Atlas et du Sahara Nordique (Deleau, 1952).....	9
<b>Fig. II.2-</b> Grandes unités paléogéographiques qui se différencient en Algérie (Nicod, 1976)	11
<b>Fig. II.3-</b> Esquisse Tectonique.....	12
<b>Fig.II.4</b> -Graphiques de l'analyse de la formation Qt1 (Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo sableux) .....	20
<b>Fig.II.5</b> -Graphiques de l'analyse de la formation Qt2 (Sable limoneux/limon sableux/sable argileux) .....	20
<b>Fig. II.6-</b> Graphiques de l'analyse de la formation Qt3 (Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse) .....	21
<b>Fig. II.7-</b> Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts .....	21
<b>Fig. III. 1-</b> Différentes catégories de chaussée .....	24
<b>Fig. III.2-</b> Profil en travers.....	28
<b>Fig.III.3-</b> Le profil en long d'un tracé donné .....	35
<b>Fig. IV.1-</b> La démarche du catalogue.....	41
<b>Fig. IV.2-</b> Dimensions du corps de chaussée (zone inondable).....	43
<b>Fig.IV.3-</b> Dimensions du corps de chaussée (zone normale) .....	44
<b>Fig.IV.4-</b> Dimensions du corps de chaussée.....	45
<b>Fig. IV.5</b> -Déplacement vertical.....	46
<b>Fig. IV.6-</b> La contrainte verticale .....	47
<b>Fig. V.1-</b> Exemples de glissements de terrain.....	48
<b>Fig.V.2-</b> Détermination du coefficient de sécurité par le Slide.....	54
<b>Fig.V.3-</b> Détermination du coefficient de sécurité parle plaxis .....	54
<b>Fig.V.4</b> -Analyse du cercle glissement après 20ans.....	55
<b>Fig.VI.1</b> -Profil type du remblai de zone inondable du (PK 18+650 u PK 19+900) .....	65
<b>Fig.VI.2</b> -Profil type du remblai de zone inondable du (PK 17+700 au PK 18+650 et du PK 19+900 u PK 22+700) .....	65

# LISTE DES NOTATIONS

**C<sub>v</sub>**: coefficient de variation climatique.

**b**: exposant climatique.

**P<sub>j</sub>**: Pluie moyenne journalière

**e** : Épaisseur de la structure de chaussées.

**CBR** : California Bearing Ratio.

**n** : le nombre moyen de poids lourds de plus de 3.5 tonnes.

**P** : La charge.

**E<sub>eq</sub>** : épaisseur équivalente.

**I** : indice CBR (sol support).

**N** le nombre journalier de camion de plus 1500Kg à vide.

**P** : charge par roue  $p = 6.5 \text{ t}$  (essieux équivalents de 13 t).

**E** : module de Young.

**V** : Coefficient de poisson.

**LCPC** : laboratoire centrale de pont de chaussées.

**LCTP** : Laboratoire Central des Travaux Public.

**CTTP** : Control technique des travaux publics.

**CPT** : Cahier de prescription technique.

**CEBTP** : Centre expérimentale de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics.

**TJMA** : trafic en moyenne journalière annuelle.

**ESU** : Enduit Superficiel.

**L** : grandes liaisons (autoroutes).

**T** : transit (route express à une chaussée).

**R** : route multifonctionnelles.

**PL** : poids lourd.

**n** : la porosité.

**e** : l'indice de vides.

**S<sub>r</sub>** : degré de saturation.

**E** : Extraction.

**G** : Action sur la granularité.

**W** : action sur la teneur en eau.

**T** : Traitement.

**R** : Régilage.

**C** : Compactage.

**H** : Hauteur des remblais.

**S** : Protection superficielle.

**MJA** : poids lourd journalier moyen poids lourd journalier moyen de la voie la plus chargée, pendant l'année de mise en service.

**T<sub>i</sub>** : La classe de trafic.

**A** : L'agressivité d'un essieu sur structure neuve moyen et fort trafic.

**K** : coefficient permettant de tenir compte du type d'essieu.

**P** : essieu de charge.

**p<sub>0</sub>** : référence de charge.  
**NPL** : nombre de poids lourds pendant la période de comptage.  
**K**: coefficient correspondant au type d'essieu.  
**SETRA** : Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes.  
**VBS** : la valeur au bleu de méthylène.  
**MDE** : micro Deval.  
**LA** : los Angeles.  
**Wopn** : l'Optimum Proctor Normal.  
**W<sub>n</sub>**: la teneur en eau naturelle.  
**W<sub>L</sub>**: la limite de liquidité.  
**W<sub>p</sub>** : la limite de plasticité.  
**I<sub>p</sub>**: Indice de Plasticité.  
**I<sub>c</sub>** : l'indice de consistance.  
**IPI** : l'indice portant immédiat.  
**GTR** : Guide des Terrassements routiers.  
**c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>** : coefficients d'équivalence selon le matériau.  
**e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>** : épaisseurs réelles des couches.  
**s** : la portance de sol-support de chaussée.  
**MNT** : Matériaux non traités.  
**BB** : Béton bitumineux.  
**GB** : Grave bitume.  
**GNT**: Grave non traité.  
**GC**: Grave concassé.  
**TVC**: Tout venant de la carrière.  
**TVO**: Tout venant de l'oued.  
**T<sub>eff</sub>**: trafic effectif.  
**Q<sub>adm</sub>**: Débit admissible.  
**C<sub>th</sub>**: capacité théorique.  
**Rm** : rayon minimal.  
**Rnd** : rayon non déversé.  
**Rdm**: Rayon au devers minimal.  
**RVm**: Rayon minimal en angle saillant.  
**RP** : Le réseau principal.  
**RS** : Le réseau secondaire.  
**RN** : routes nationales.  
**TPC** : terre-plein central.  
**PST** : partie supérieur de terrassement.  
**FS** : friabilité des sables.  
**MTLH** : matériau traité au liant hydraulique.  
**GTLH** : grave traité au liant hydraulique.  
**DTP** : direction des travaux publics.  
**NFP** : normes française.



**INTRODUCTION**

**GENERALE**

L'analyse de la situation des pays équipés et développés, montre que le secteur du transport constitue une base au plan du développement national et de la croissance économique.

Cela montre bien que le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, et de l'intégrité du territoire. Il concourt à la satisfaction des besoins essentiels de la population et impulse et conforte le reste de l'économie nationale, dont il constitue une véritable locomotive, comme cela a été le cas dans l'histoire des pays actuellement développés, ou en voie de développement.

En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic de marchandises et voyageurs. Afin de fluidifier le trafic l'état a opté pour un programme portant sur la réalisation des tracés routiers neufs et des mises à niveau routes existantes, c'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet de dédoublement de la route nationale (RN1) entre Chiffa et Boughzoul de façon générale et particulièrement l'étude de ce tronçon dans son cas le plus défavorable (dans la zone inondable entre El Bouahkri et Boughzoul).

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu, de l'importance de la route existante qui doit supporter l'intense trafic actuel, des différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.

La problématique de ce travail est de parvenir à faire une étude afin de pouvoir dimensionner une chaussée neuve. C'est dans cette optique qu'un programme de reconnaissance géotechnique a été établi et exécuté par le laboratoire LCTP, et le CTPP.

Ce mémoire comporte huit chapitres :

Tout d'abord une introduction générale.

Le premier Chapitre porte sur des généralités sur le projet.

Un deuxième chapitre qui parle sur l'étude géologique et la prospection géotechnique.

Le troisième chapitre sur la géotechnique routière.

Le quatrième chapitre sur le dimensionnement du corps de chaussée.

Dans Le cinquième chapitre une étude de Stabilité.

Ensuite Le sixième chapitre parlant des gîtes d'emprunt, des solutions aux remblais dans la zone inondable et des impacts de l'ouvrage sur l'environnement.

Enfin la Conclusion.



CHAPITRE I

GENERALITES



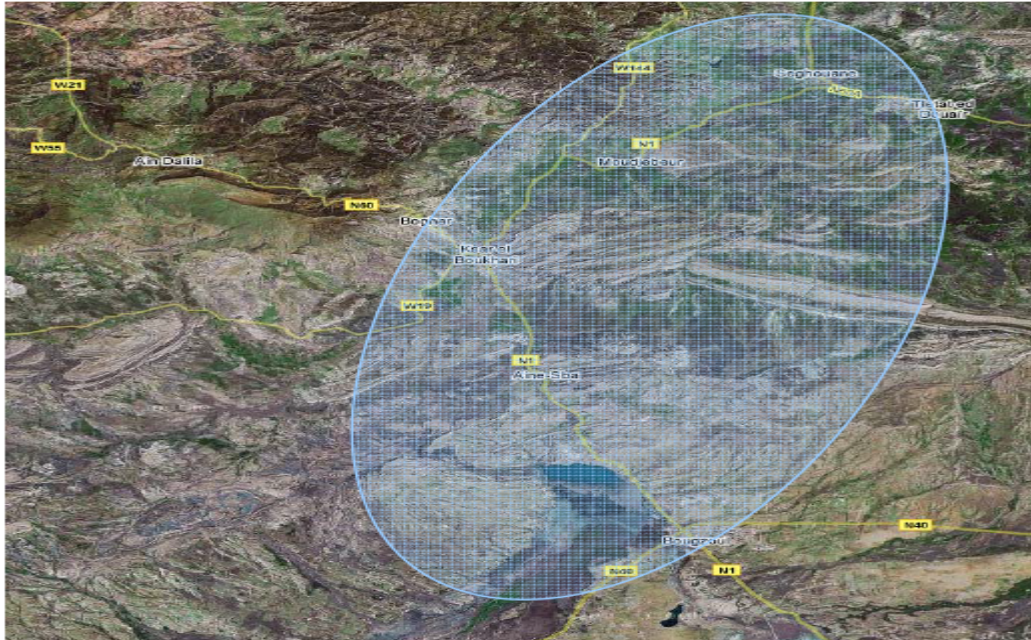
## I.1 Introduction

Ce chapitre présente une généralité du projet relatif à la section de la RN01 comprise entre Seghouane et Boughzoul, sur un linéaire d'environ 61,5 km. Il contient une présentation des caractéristiques géométriques adoptées dans le projet, une description climatique et une étude de sismicité de la région. Il faut signaler qu'au même temps on s'intéresse à la zone inondable. [1]

## I.2 Présentation du projet

Le présent projet permet la liaison entre le nord et le sud de l'Algérie sur la quelle est nommée : ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN°01, ce tronçon est situé dans la wilaya de MEDEA.

Le dédoublement de la RN 01 entre les villes de Seghouane et Boughzoul a été projeté en essayant de profiter, au maximum, du tracé de la route actuelle, en tenant compte des restrictions et des conditionnements existants et en dotant le nouveau tracé de quelques caractéristiques techniques en accord avec le type et la catégorie T80 (classe de trafic) de la nouvelle route dédoublée. [1]



**Fig. I.1** Localisation du projet. [1]

Les principaux facteurs conditionnant présentés lors de ce tronçon sont liés à l'orographie du terrain, à la présence d'édifications, des noyaux urbains et des cimetières proches à la trace, la ligne de chemin de fer qui parcourt parallèle à la RN01 entre Seghouane

et Ksar el Boukhari et qui réapparaît entre cette ville et Boughzoul et, finalement la présence de nombreux oueds qui sont croisés au long de tout le tronçon. Il faut aussi souligner la présence de nombreuses lignes électriques, en plus de certains gazoducs et des conduites d'eau souterraines. Le tronçon a été divisé en cinq sections:

- Section 0: Evitement de Seghouane, de 4,9 Km du PK 124+500 au PK 126+500
- Section 1: Seghouane – Moudjebeur, de 5,9 Km du PK126+500 au PK132+500
- Section 2: Moudjebeur, de 5,3 Km du PK 133+000 au PK137+000
- Section 3: Moudjebeur – Ksar el Boukhari, de 3,7 Km du PK 138+000 au PK 143+000
- Section 4 : Ksar el Boukhari, de 11,3 Km du PK 143+200 au PK 154+500
- **Section 5: Ksar el Boukhari – Boughzoul, de 30,5 Km** A partir du PK 156+000, le tracé du dédoublement quitte complètement la route actuelle pour entamer le contournement de la ville de Boughzoul par l'ouest.

Soit, un linéaire global, entre Seghouane et la limite de la wilaya avec Djelfa, de : 61.6 km



**Fig. I.2** Barrage de Boughzoul. On observe le risque d'inondation de la route. [1]

L'orographie du terrain n'est pas excessivement compliquée dans la plupart du tronçon, ce qui fait que le profil en long ne présente pas de grandes pentes. Au début de la section 5 de Boughzoul, le tracé traverse une série de collines et de vallées donnant lieu à un profil en long plus compliqué, avec une succession de remblais et de déblais plus prononcés.

Le projet inclut une série d'échangeurs à différent niveau :

- ✓ Echangeur de Seghouane Nord
- ✓ Echangeur RN01 – RN60 A
- ✓ Echangeur de Moudjebeur Nord

- ✓ Echangeur RN01 - CW144
- ✓ Echangeur de Ksar El Boukhari Nord
- ✓ Echangeur de Ksar El Boukhari Ouest - RN 60
- ✓ Echangeur RN 01 - CW19
- ✓ Echangeur de Ksar El Boukhari Sud
- ✓ Echangeur RN 01 - RN 40
- ✓ Echangeur Boughzoul Sud

### **I.3 Données géographique**

Médéa est situé à 50 km à l'est de Khemis Miliana, à 40 km au sud de Blida et à 80 km au Nord de Ksar el Boukhari. La commune se trouve au Nord-Ouest de la Wilaya.

Médéa, avec 981m d'altitude, est une ville de montagne de l'Atlas tellien, située dans une dépression entre le massif de l'Ouarsenis au Sud et l'Atlas blidéen au Nord.

Médéa est desservie par 2 routes principales [2]:

- La route nationale 1 vers Blida au Nord (par les gorges du Chiffa), qui rejoint l'autoroute A1 vers Alger ; vers la cote et le Sahara au sud.
- La route nationale 18 vers Khemis Miliana à l'Ouest.

### **I.4 Données climatiques**

La région de MEDEA est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a [2]:

-Pluie moyenne journalière  $P_j = 55\text{mm}$ .

### **I.5 Sismicité**

#### **I.5.1 Aperçu Sismique**

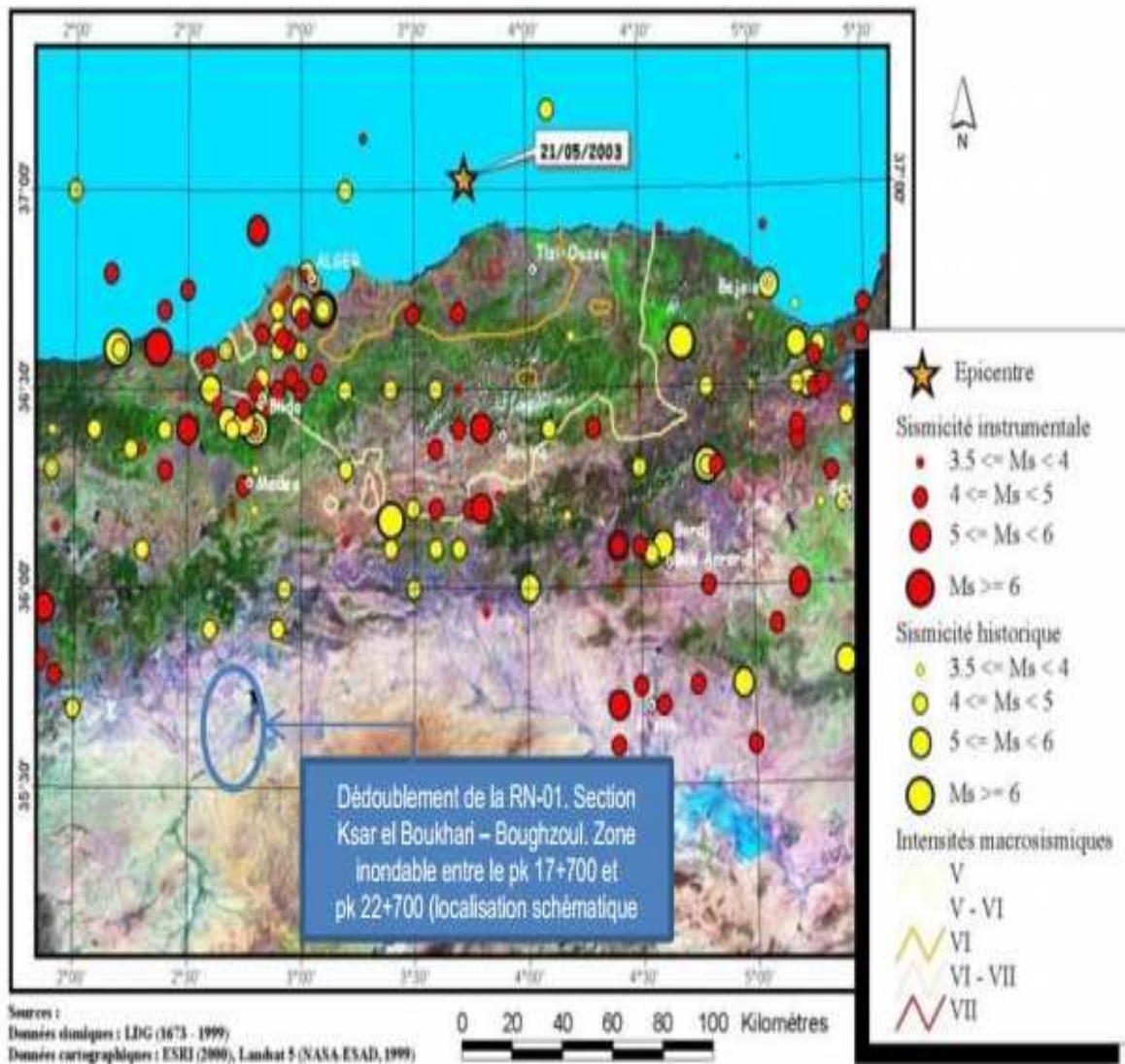
Le Nord de l'Algérie est associé à une forte activité sismique, liée aux mouvements de collision aux frontières de deux plaques lithosphériques, africaine et eurasiatique. Le rapprochement nord-sud des deux masses continentales se fait d'une manière continue depuis près de 80 millions d'années. Au niveau du méridien d'Alger, la vitesse de rapprochement est de 1 cm/an.

Du point de vue sismique, l'Algérie est divisée en 3 régions [2]:

- L'Atlas Tellien: fortement sismique;
- L'Atlas Saharien: moyennement sismique;
- Le Sahara: peu sismique.

**I.5.2 Sismicité de la Région**

On présente, dans les figures suivantes, des cartes de macro sismicité, d'isoseïstes et des sources sismiques qui encadrent la région en étude et qui montrent que, d'une façon générale, la sismicité historique est faible. [1]



**Fig. I.3** Carte de macro sismicité avec l'épicentre du séisme du 21 mai 2003 [1].

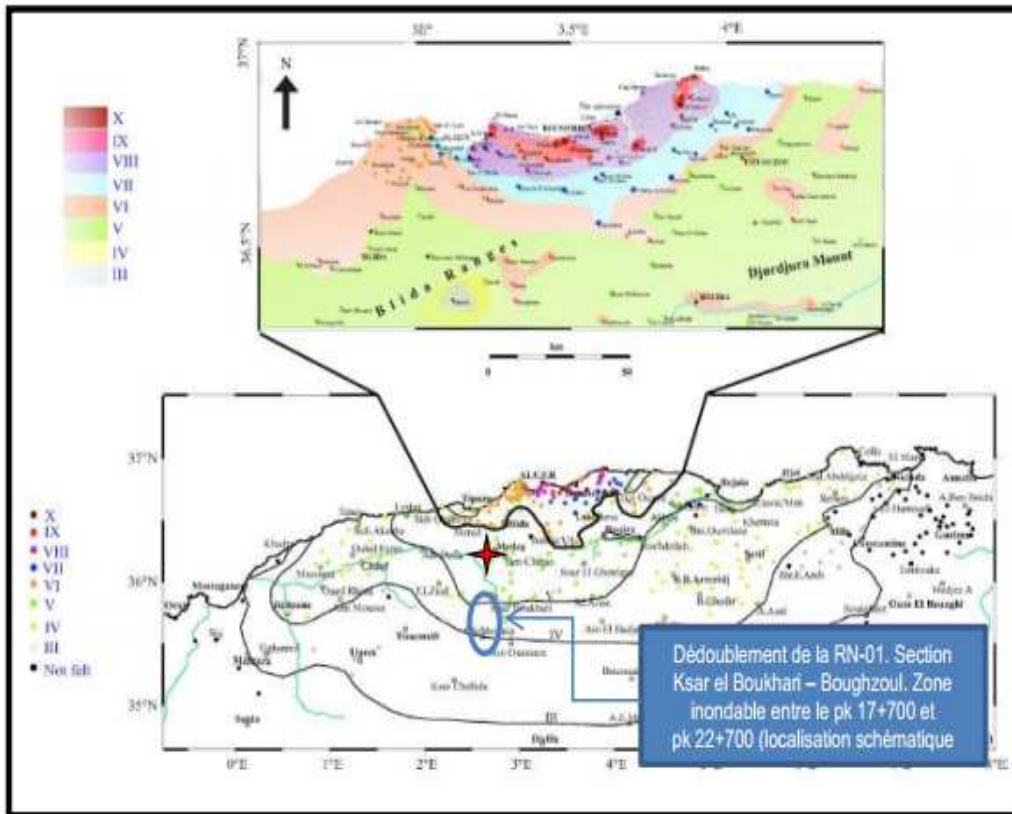


Fig. I.4 Carte des isoséistes [2]

**I.5.3 Paramètres Parasismiques et Zonage Sismique [2]**

Le document technique réglementaire D.T.R. concernant les règles parasismiques algériennes RPOA 2008, élaboré par le CTPP et le CGS (Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique), divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante (Figure I.6), soit [2]:

**Tableau I.1** Division du territoire algérien dans divers zones de sismicité [2]

Zone	0	I	Ila	Ilb	III
Sismicité	négligeable	faible	moyenne	élevée	très élevée

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité.

Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPOA 2008 doit être classé dans l'un des trois groupes définis ci-après [2] :

- ✓ **Groupe 1** : Ouvrages d'importance stratégique ;
- ✓ **Groupe 2** : Ouvrages de grande importance ;
- ✓ **Groupe 3** : Ouvrages d'importance moyenne.

Les sites ont également fait l’objet d’une classification en fonction de leur nature géologique et des propriétés mécaniques des sols qui les constituent; ainsi on distingue les catégories suivantes [2]:

**Catégorie S1 :**(site rocheux), caractérisé par une vitesse moyenne d’onde de cisaillement,  $VS > 800\text{m/s}$  ;

**Catégorie S2 :** (site ferme), caractérisé par une vitesse moyenne d’onde de cisaillement,  $VS > 400\text{m/s}$  à partir de 10m de profondeur ;

**Catégorie S3 :** (site meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d’onde de cisaillement,  $VS > 200\text{m/s}$  à partir de 20m de profondeur ;

**Catégorie S4 :**(site très meuble), caractérisé par une vitesse moyenne d’onde de cisaillement,  $VS < 200\text{m/s}$  dans les 20 premiers mètres.

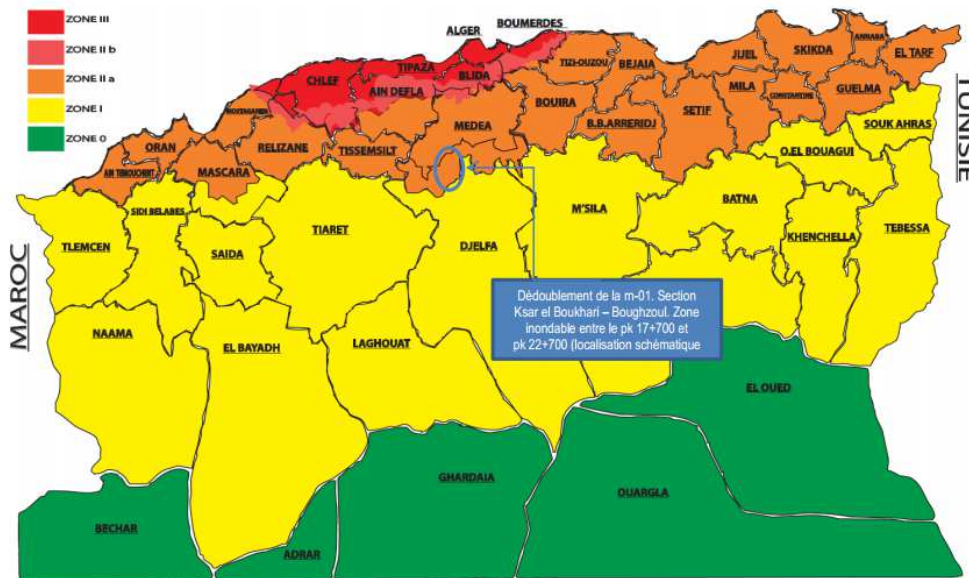


Fig. I.6 : Carte de zonage sismique de l’Algérie (RPOA 2008) [2].

La valeur du coefficient d’accélération –A– est déterminée conformément à la relation suivante entre le groupe d’encadrement de l’ouvrage et la zone sismique correspondante voir **Tableau I.2.**

**Tableau I.2 :** Coefficient d’accélération (A) [2]

Groupe	ZONE			
	I	IIA	IIB	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

En se basant sur ce qui précède, l'ouvrage se caractérise de la façon suivante [2]:

- Le site étudié se situe dans la zone IIa, qui correspond à une zone de sismicité moyenne;
- Le tracé en étude est considéré comme un ouvrage de grande importance (groupe 2);
- Le site du présent projet traverse, en grande partie, des formations meubles classées catégories S3 et S4.

A partir de ces données, le coefficient d'accélération à utiliser sera  $A = 0,20g$ .

La sismicité actuelle s'inscrit dans la continuité des mouvements plio-quaternaires; il est, par conséquent, impératif de prendre en considération le facteur sismique dans le dimensionnement des ouvrages d'art.

La **Figure I.7** présente la carte de vulnérabilité sismique du nord algérien, montrant que la région en étude est moyennement vulnérable au risque sismique.

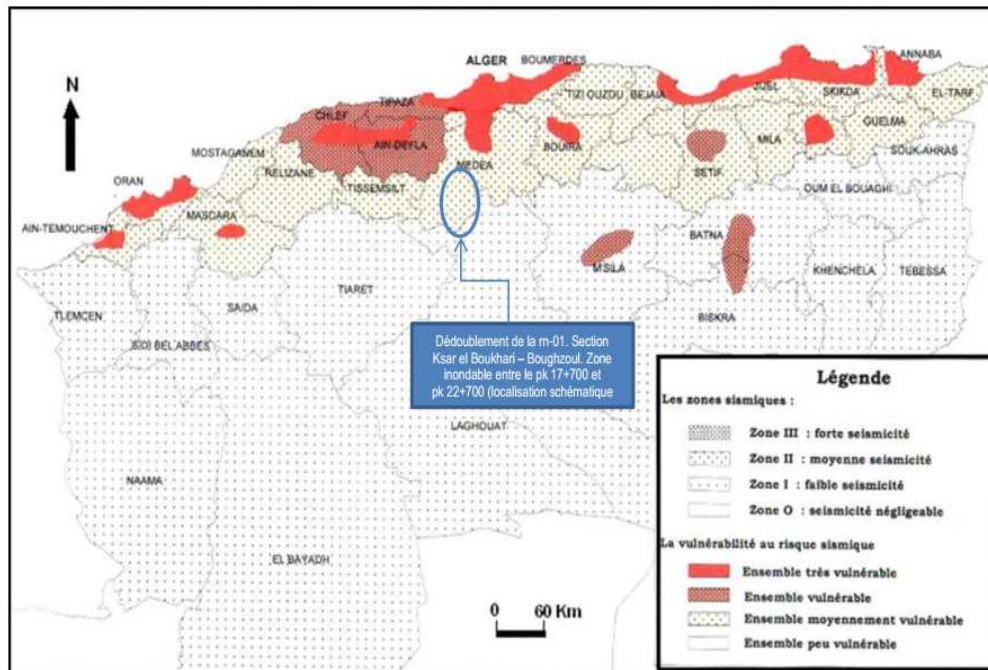
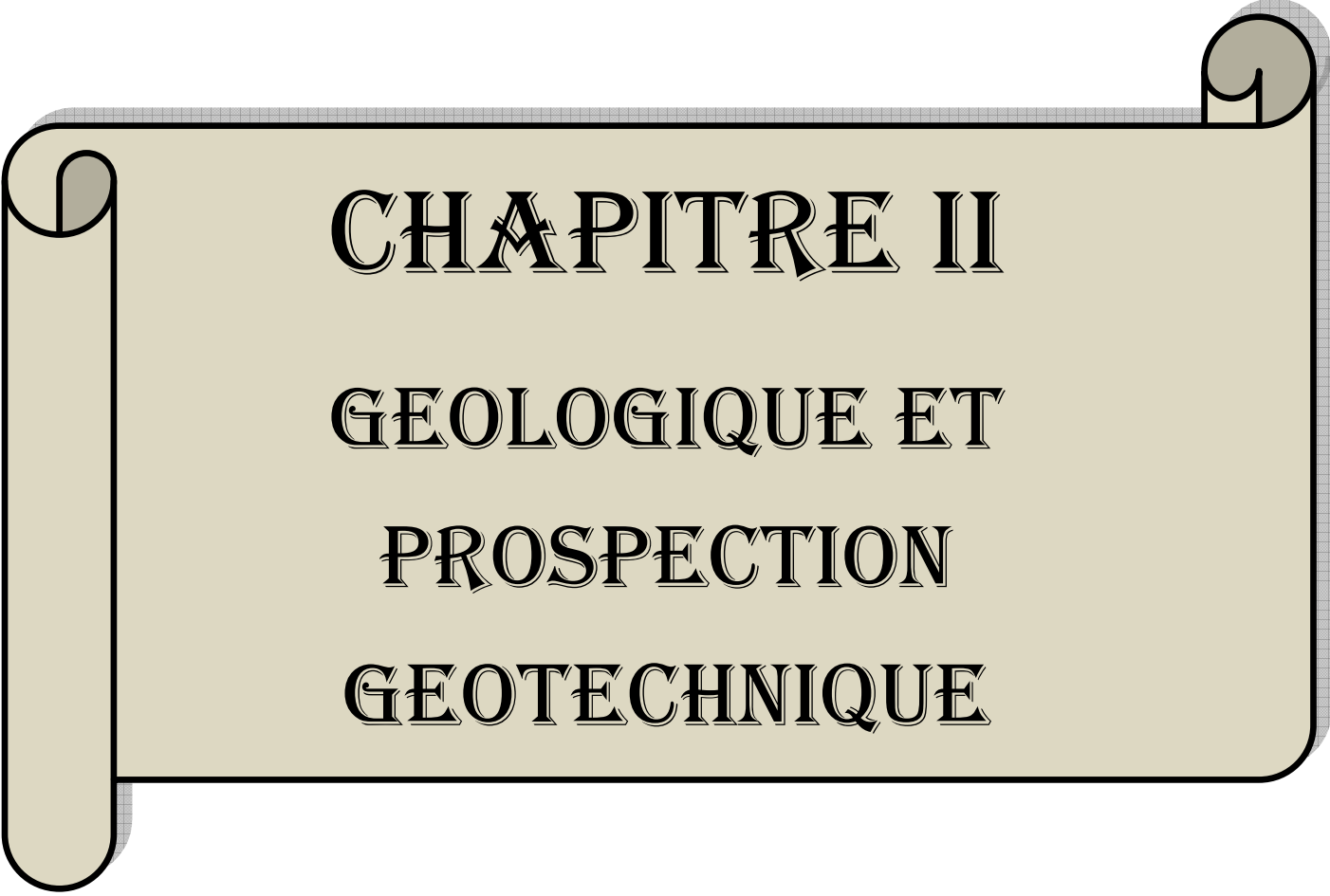


Fig. I.7 : Zones sismiques et degrés de vulnérabilité [2].

## I.6 Conclusion

L'état actuel des lieux n'indique aucun signe d'instabilité apparent ou risque de glissement de terrain en cas de séisme. Toutefois, il serait toujours utile de rappeler la nécessité de réaliser le projet en question suivant les règles de l'art et de tenir compte des zones inondables très fréquentes tout au long du tracé tel que la section N°5 Ksar El Boukhari Boughzoul ce qui est l'objectif pour notre étude.



**CHAPITRE II**

**GEOLOGIQUE ET**

**PROSPECTION**

**GEOTECHNIQUE**



## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente les travaux de prospection, les essais réalisés et l'analyse des résultats obtenus, dans le but de caractériser, du point de vue géologique et géotechnique, les terrains intéressés par le tracé et, ainsi, baser les décisions de l'étude.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des terrains traversés.

## II.2 Etude Géologique

L'étude géologique est nécessaire pour déterminer les caractéristiques géologiques (stratigraphiques, structurelles et hydrogéologiques) du site retenu pour le projet et les problèmes liés à l'instabilité des assises géologiques. [2]

### II.2.1 Géologie générale

La section Seghouane - Boughzoul se trouve au sud de l'Atlas Tellien et au début des Hauts Plateaux de la partie sud de la wilaya de Médéa (Figure II.1) [2].

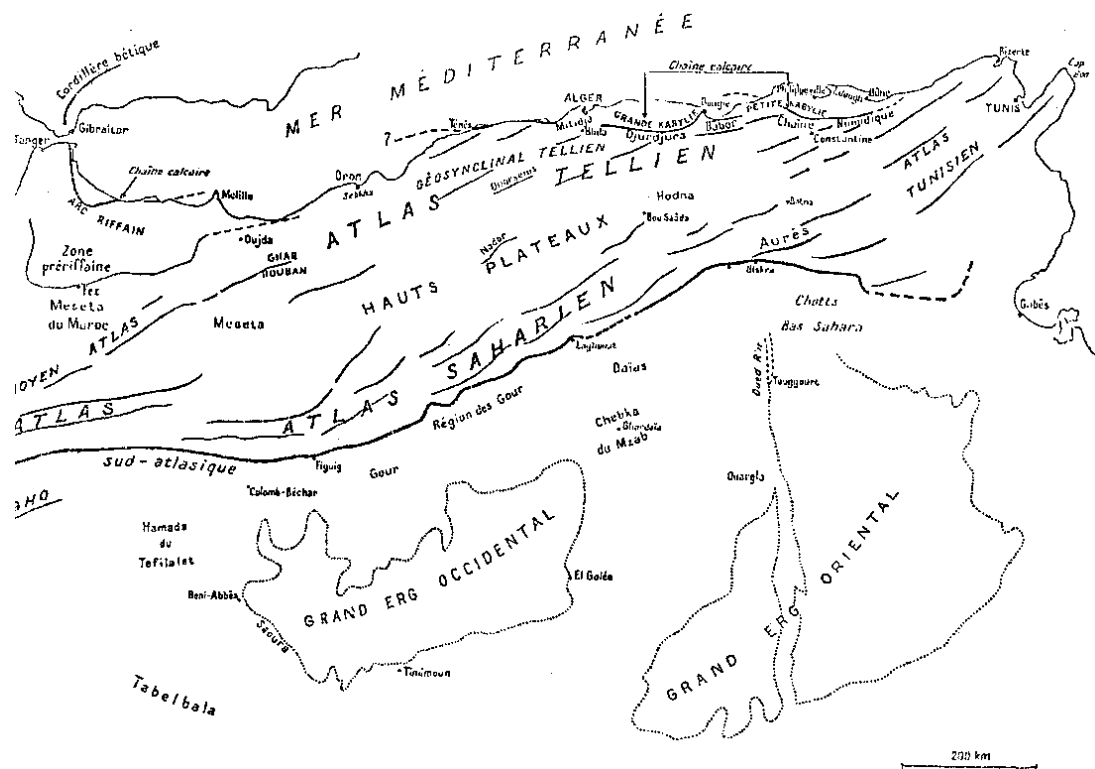


Fig. II.1 : Carte des Montagnes d'Atlas et du Sahara Nordique (Deleau, 1952) [2]

Les différentes formations rencontrées dans cette section peuvent être regroupés en deux groupes principaux : Les matériaux de substrat et les matériaux des dépôts alluvionnaires.

Les matériaux de substrat, sont subdivisés en fonction de l'âge de leur formation en Crétacé (Sénonien, Turonien) formés par des marnes avec intercalations de calcaires et en Miocène inférieur et l'Oligocène formés par des bancs de grès, des conglomérats et des marnes noires.

Ces formations ont subi d'importantes déformations d'origine tectonique, marquées par la présence des séries stratigraphiques répétées.

Au sud de la ville de Ksar El-Boukhari, on retrouve une plaine sous laquelle une faille ou un chevauchement est à l'origine des séries stratigraphiques observées le long de la zone. La même série stratigraphique. C'est la même tectonique qui est à l'origine de formation de l'Atlas Tellien.

Les matériaux des dépôts alluvionnaires présentent des lithologies différentes selon l'origine des matériaux qui les forment. Au nord, ils sont formés par des dépôts marneux et au sud par des sous-produits des conglomérats et des grès.

La zone d'étude se situe en aval de la confluence des oueds Taouïl et Nahar Ouassel, lesquels donnent origine à l'oued Chéelif. Ces deux oueds drainent un vaste bassin localisé dans les Hauts Plateaux, avec une topographie généralement peu accidentée, avec de nombreuses dépressions localisées qui forment des marais et des lacs temporaires où se perdent une bonne partie des écoulements d'hiver des oueds. Dans le site, les vallées sont approximativement symétriques et à morphologie très douce.

Le terrain en place est constitué par des formations datées du Miocène inférieur marin (Mi) et du Pliocène continental (Pc), constitué par des grés, calcaires lacustres et poudingues, recouvert par une épaisse couche de dépôts de terrasses et alluvions de nature argileuse à sableuse, généralement indifférenciés, daté du Quaternaire continental (Qt). Sur ces formations, en particulier à l'intérieur du réservoir de Boughezoul vérifie la présence de vases limoneuses brunâtres.

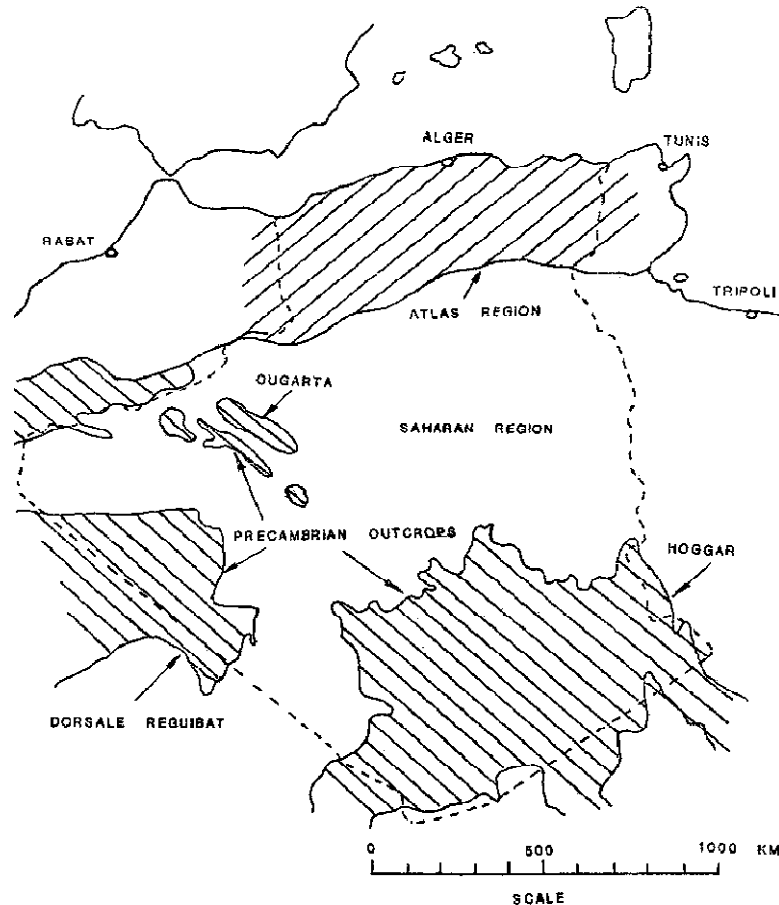
### **II.2.2 Tectonique et Structure**

La tectonique est celle de la collision Afrique-Europe. La chaîne algérienne, qui demeure adossée à la frange Nord du bloc méridional, est née de cette collision.

Bien que le début des mouvements de dérive de l'Afrique par rapport à l'Europe ne soit considéré comme net qu'à partir du Malm, l'initialisation des phénomènes date du Lias (180 Ma). Ils sont associés à l'ouverture de l'Atlantique Nord.

En concluant, le domaine septentrional est constitué de reliefs jeunes, modelés au cours du Tertiaire par les mouvements alpins. L'Algérie alpine est composée par des ensembles structuro-sédimentaires.

Le site concerné par la zone inondable s'insère dans la région des montagnes d'Atlas, qui correspond à l'une des grandes unités paléogéographiques qui se différencient en Algérie [4]



**Fig. II.2** : Grandes unités paléogéographiques qui différencient en Algérie (Nicod, 1976) [4]

Les montagnes de l'Atlas, situées au nord de l'Algérie, ont une orientation essentiellement est-ouest. Ces montagnes s'avancent vers le Maroc à l'ouest, vers la Tunisie à l'est, au nord à la mer méditerranéenne, et sont liées au sud par la faille du sud de l'Atlas (Caire, 1971).

Les formations des chaînes méditerranéennes sont liées à la rotation de l'Afrique par rapport à l'Eurasie. Cette rotation est une lente dérive des deux continents l'un vers l'autre. Les stades initiaux de cette convergence, décelés dès le Jurassique inférieur, ne se sont clairement manifestés qu'à partir du Jurassique supérieur (150 Ma.).

Les montagnes de l'Atlas comprennent l'Atlas Saharien au sud et l'Atlas Tellien au nord, séparé à l'ouest par le plateau élevé

Le site en étude s'encadre dans le Haut Plateaux. Les hauts plateaux, avant-pays alpin, à couverture sédimentaire réduite, où les processus locaux de distension ont permis la formation de bassins intra montagneux.

Le Haut Plateaux est composé par une épaisse séquence de dépôts marins et non marins dérivé des montagnes adjacentes et d'autres dépôts sédimentaires continentaux, formant des versants assez stables. [4]

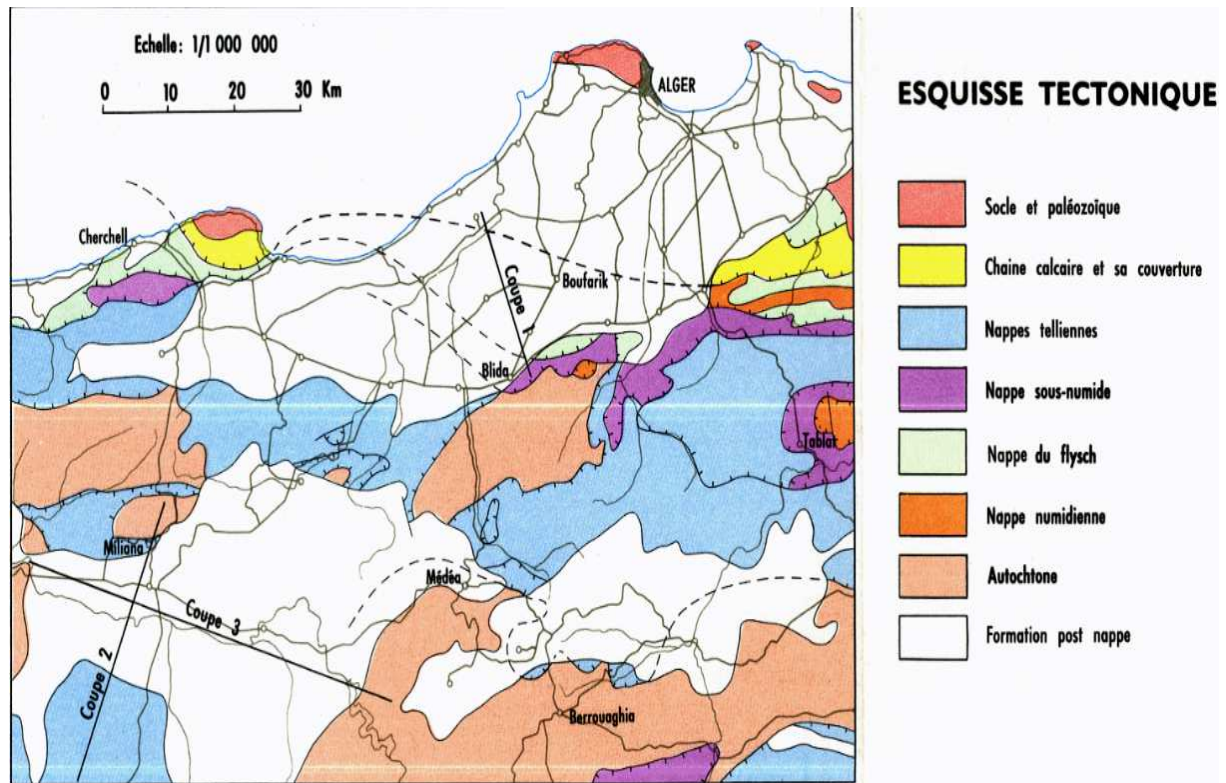


Fig. II.3 : Esquisse Tectonique [4]

### II.2.3 Hydrographie

Cette partie se résume à l'étude des eaux superficielles. Elle a pour but de rassembler et exploiter les données permettant d'évaluer le débit d'apport de chaque bassin versant correspondant à son écoulement principal.

Les données hydrologiques ont été collectées de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et sont celles des stations météorologiques de Bougezoul et Ain Ouessara. [2]

### **II.2.4 Hydrogéologie**

Le site a, d'une façon générale, de faibles ressources hydrogéologiques, normalement associées aux formations sédimentaires datées du Quaternaire continental (Qt), du Pliocène (Pc) et du Miocène (Mi).

Les aquifères sous-superficiels associés aux dépôts de terrasse et les alluvions sont, en raison de leur nature essentiellement argileuse et, par conséquent, de leur faible perméabilité et productivité, peu importants. Il faut également signaler que la nature argileuse de ces sédiments réduit l'infiltration de l'eau et facilite sa vidange superficielle, conditionnant évidemment la circulation souterraine.

En termes généraux, ces dépôts constituent, du point de vue hydrogéologique, des aquifères superficiels ayant un niveau phréatique sujet aux variations saisonnières et se situent entre la surface du terrain et le contact terrain meuble/substrat, en fonction de la précipitation.

En ce qui concerne les formations du Pliocène (Pc) et Miocène (Mi), de nature essentiellement gréseuse et calcaire, se prévoit que seulement existant à des profondeurs considérables. Cependant, ces formations ont différents comportements par rapport au passage de l'eau, selon leur degré d'altération et de fracturation, et ont une perméabilité primaire (intrinsèque au matériau rocheux) et secondaire (vers les fractures et les fissures existantes).

Les lithologies rapportées présentent fondamentalement des caractéristiques de perméabilité secondaire. La circulation de l'eau s'effectue à travers les fractures et les fissures existantes et est d'autant plus importante que plus grand ce sera l'ouverture des fractures et combien moindre l'espacement entre elles. Dans les zones où les fractures sont remplies, le flux est interrompu. Dans ce cas, les fractures deviennent des barrières imperméables, perdant leur caractère de "conduites" préférentielles de la circulation de l'eau. [2]

### **II.3 Prospection géotechnique du projet**

L'objectif attendu par le programme de reconnaissance géotechnique est de permettre la reconnaissance des sols en place et de déterminer leurs caractéristiques géotechniques.

#### **II.3.1 Essai in situ**

Dans notre cas le tracé de la route passe, dans sa plus grande partie en remblais. Les zones où les déblais sont les plus importants sont sur la section de l'évitement de Seghouane. Pour le reste du tracé les déblais sont faibles.

A cet effet, le programme de l'investigation géotechnique arrêté pour la section Seghouane Boughezoul est comme suit [5]:

- Soixante-douze (72) puits de reconnaissance d'une profondeur allant jusqu'à 3.00m, réalisés le long de l'axe du tracé.

- Des sondages carottés(SC); des essais pénétrations(S) et des essais pressiométriques(OA)

**Tableau II.1-** Résultats des essais in-situ [5]

<b>sondage</b>	<b>Localisation</b>	<b>Formation géologique</b>	<b>Profond. Max (m)</b>	<b>Nature géologique</b>	<b>Taux de récupération</b>
SC04	22+780	Qt	20,00	Intercalation de sable fin à grossier et argile sableuses avec traces de graviers et des inclusions carbonatées	33-100%
SC05	22+740	Qt	20,00	Intercalation de sable fin, sable argileuse et argile sableuses, carbonaté, avec quelques petits graviers de calcite par endroit.	33-96%
SC06	19+700	Qt	20,00	argile peu sableuse carbonatée, avec présence des inclusions d'évaporites par endroit et passage d'argile très sableuse.	30-97%
				Sable fin carbonaté avec quelque gravier et galets	30-97%
SC07	17+390	Qt	20,00	Intercalation de sable fin à moyen peu argileux et graveleux, de argiles carbonatées riche en inclusions gypseuses, carbonaté	40-100%

S101	18+545	Qt	20,00	Argiles sablo-limoneuses referment des traces d'oxydation et inclusions gypseuses	87%
				Intercalation de sable limoneux argileux et graveleux et sable graveleux caillouteux	68%
S102	19+990	Qt	20,00	Intercalation de limons sableux, argiles limono-sableuses avec traces de gypse, sable limoneux, argiles sableuses et sable graveleux	68%
S103	21+310	Qt	19,00	Intercalation de limons sableux, argiles limono-sableuses referment des inclusions gypseuses, sable fin à grossier limono argileux graveleux, argiles marneuses et sable graveleux caillouteux.	40-95%
S104	21+930	Qt	18,00	Intercalation de limons sableux, argiles sablo-limoneuses, sable fin à grossier, sable graveleux et sable limoneux	40-98%
OA17.9-1	17+910	Qt	30,00	Intercalation de sable limoneux avec traces de gypse, sable fin à grossier, sable graveleux par endroits caillouteux et argile sableuse	50-95%
OA17.9-2	17+340	Qt	30,00	Intercalation de sable argilo-limoneux par endroit graveleux-caillouteux, argile sablo-limoneuse, sable fin à grossier, argile marneuse et sable	50-92%

				gravelo-caillouteux	
OA18.5-1	18+470	Qt	30,00	Intercalation d'argile-sablo-limoneuse avec inclusions gypseuses, sable fin argileux graveleux, argile sableuse renferment des passages sableux et caillouteux par endroit et argile marneuse	30-95%
OA18.5-2	18+540	Qt	30,00	Intercalation d'argile sableuse avec trace inclusions gypseuses, sable argileux, sable gravelo-caillouteux et sable fin à moyen renferment de passages d'argile	30-95%
OA19.6-1	19+590	Qt	30,00	Intercalation de limons argilo-sableux, sable fin à grossier argileux graveleux par endroit, sable graveleux, argile sableuse et sable limoneux	66%
OA19.6-2	19+650	Qt	30,00	Intercalation de limons argilo-sableux, sable fin argileux, sable graveleux, argile sableuse et sable limono-argileux	85%
OA22.7-1	22+705	Qt	30,00	Intercalation de sable fin à grossier argilo-limoneux et sable argilo-limoneux peu graveleux	60-95%
				Intercalation d'argile-sablo-limoneuse et argile marneuse avec	83%



				passages sableux	
OA22.7-2	22+831	Qt	30,00	Intercalation de sable limoneux graveleux, sable fin à grossier, argile limono-sableuse et argile marneuse	50-95%

### Interprétations

D'après l'analyse des résultats des sondages carottés, on constate que:

- La profondeur atteinte par les sondages a varié entre 17,0 m et 30,0 m;
- Le niveau d'eau a été identifié à des profondeurs variables, de l'ordre de 3,5 à 14,0 m, pendant la phase d'exécution des sondages. Néanmoins, compte tenu du fait qu'il s'agit d'une zone inondable, le niveau d'eau devra devrait atteindre vers la surface du terrain;
- Les sondages ont intercepté essentiellement des dépôts de terrasse du quaternaire, composée par une alternance des formations lithologiques suivantes [2]:
  - ✓ Qt1 - Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo-sableux
  - ✓ Qt2 - Sable limoneux/limon sableux/sable argileux
  - ✓ Qt3 - Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse.
- Les valeurs obtenues dans les essais SPT effectués dans cette formation sont très variables (19 à > 60 coupes). Le pourcentage de récupération est compris entre 30% et 100%. [1]

### II.3.2 Essais en laboratoire

Pour La détermination des caractéristiques physiques et mécaniques du sol support sur les échantillons les essais suivants ont été réalisés [4]:

- ✓ essai de la teneur en eau selon la norme **NF P 11-300**;
- ✓ détermination des limites d'Atterberg selon la norme NFP-94.051 Mars 1993 ;
- ✓ analyse granulométrique par tamisage Norme NFP-94.056 Edition Mars 1996 ;
- ✓ analyse granulométrique des sols Méthode par Sédimentation selon la norme NFP-94.O57 Version Mai 1992 ;
- ✓ détermination des caractéristiques de compactage de sol : Teneur en eau optimal et la densité sèche optimal : Proctor Modifié Norme **NF P-94.093 Octobre 1999.** ;
- ✓ l'essai mécanique CBR après Immersion: Norme **NF P-94.078 Mai 1997**

- ✓ Essai du bleu de méthylène selon la norme **NF EN 933-9 Aout 1999** et **NF P 94-068**  
**Octobre 1998**

**Tableau II.2-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance [5].

Puits N°		P5	P6	P7	P8	
Section		5	5	5	5	
PK		19+175	19+975	21+300	21+900	
Profondeur (m)		1.10-1.60	1.40-1.80	0.60-1.20	1.8-3	
Classe du sol selon GTR		<b>A3</b>	<b>A3</b>	<b>A2</b>	<b>A2</b>	
Teneur en eu : (%)		19.75	17.24	16.54	9.82	
Granulométrie	% des passants à 5 mm	97	100	81	0	
	% des passants à 2 mm	93	92	76	100	
	% des passants à 0.40 mm	76	79	59	95	
	% des passants à 80 µm	49	72	49	59	
Limites D'Atterberg	Limite de liquidité WL(%)	72.27	58.36	43.98	36.67	
	Indice de plasticité Ip (%)	29.58	36.26	21.98	19.03	
Proctor Modifié	$\gamma_{dopm}$ (t/m <sup>3</sup> )	1.81	1.81	21.24	2.05	
	$\omega_{opm}$ (%)	15.70	16.50	2.07	7.30	
C.B.R imbibé à 4 jours	55 Coups	$\gamma_d$ ( t/m <sup>3</sup> )	1.77	1.79	5.10	2.09
		I <sub>CBR</sub>	2.39	4.78	2.10	7.76
		Gonflement (%)	6.35	6.85	2.05	0.55
	25 Coups	$\gamma_d$ ( t/m <sup>3</sup> )	1.67	1.58	3.50	1.98
		I <sub>CBR</sub>	7.19	5.24	2.01	7.12
		Gonflement(%)	8.18	8.53	1.70	1.98
	10 Coups	$\gamma_d$ ( t/m <sup>3</sup> )	1.57	1.53	3.97	1.83
		I <sub>CBR</sub>	4.26	3.30	3.86	3.15

		<b>Gonflement(%)</b>	6.40	8.48	1.05	1.65
<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>		4.18	4.4	2.65	3.15
<b>Classe de portance (sol support)</b>			<b>S4</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>

**Interprétation**

Les coupes lithologiques obtenues par les puits de reconnaissance, réalisés le long du tracé, laissent apparaître les formations présentées ci-après :

**Section 05 : (Evitement de Boughzoul)**

On remarque après les différents essais réalisés que le sol support est de classe **S4** [3]

**Du PK 19+175 au PK 19+975** : on retrouve des formations argilo limoneuse finement sableuse qui prédominent, avec quelques passages de sables fins jaunâtres dans lesquelles on trouve des inclusions d'évaporites. Il existe par endroit de rares passages de marne grise schisteuse avec quelques blocs de calcaire à partir de 2.00m de profondeur.

Cette section se termine au niveau du PK 19+975 par une couche de sables fins argilo limoneux avec quelques blocs de calcaire et des amas de marne grise.

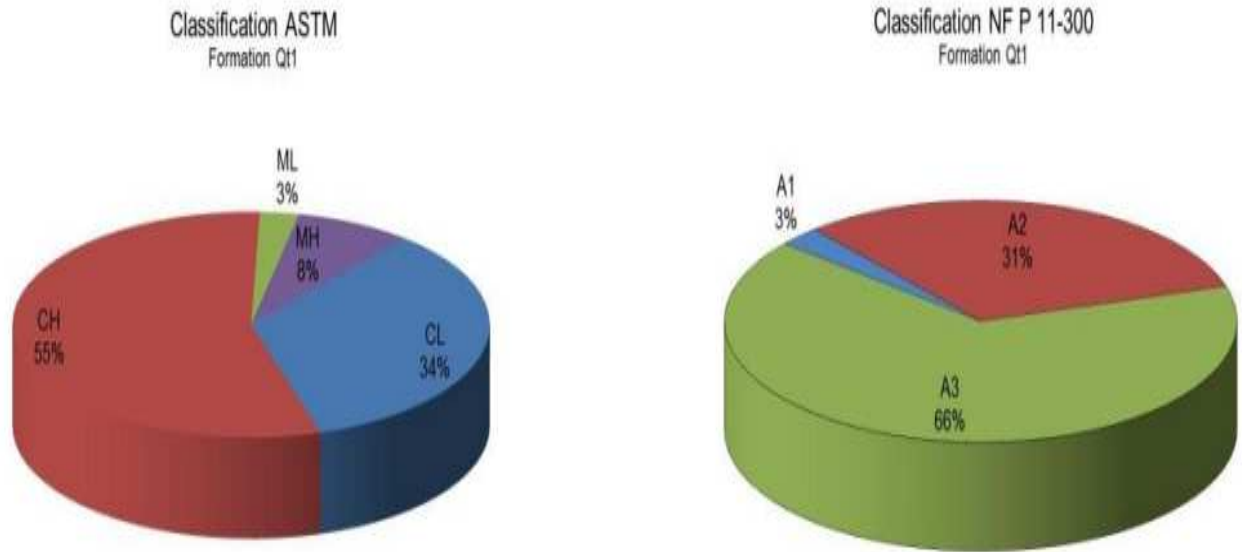
**Du PK 19+975 au PK 21+300** : ce sont des formations sableuses, dont les sables sont généralement fins, carbonatés parfois peu argileux et parfois intercalés avec quelques passages d'argile sableuse peu plastique avec existence de rares couches de sable marneux gris marron à grisâtre. Ces formations renferment des inclusions d'évaporites, des traces d'oxydation, des graviers et parfois des blocs.

**Du PK 21+300 au PK 21+900** : de 0.00 à 3.00m environs, nous avons des formations sableuses, dont les sables sont généralement fins, carbonatés parfois peu argileux. Ils changent de couleur de jaunâtre à blanchâtre vers rougeâtre à marron, ils renferment des inclusions d'évaporites, des traces d'oxydation, des graviers et parfois des blocs.

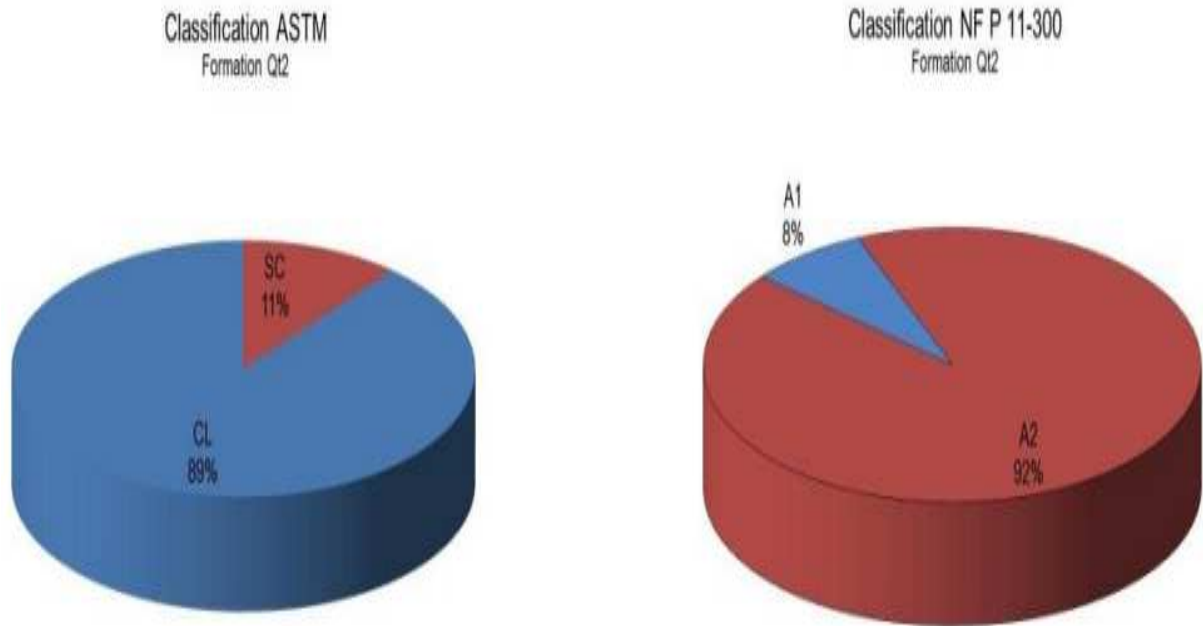
**Remarque :**

Les résultats des essais d'identification obtenus dans les déblais et remblais, ainsi que la classification GTR (NF P 11-300) et ASTM de tous les échantillons prélevés sont présentés dans le Tableau III.6 (VOIR ANNEXE).

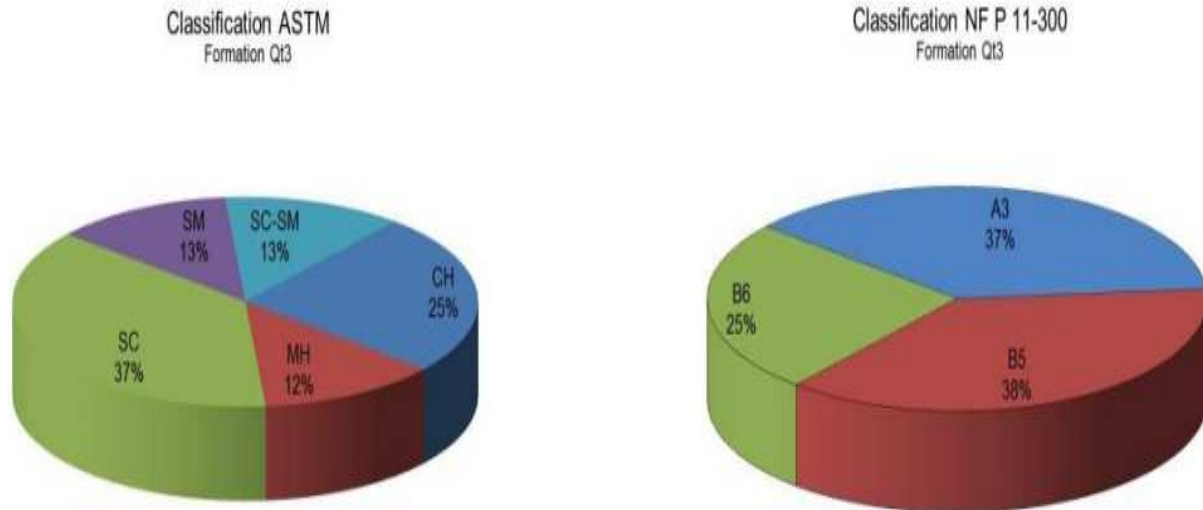
En ce qui concerne l'analyse de chaque formation, de la Figure II.4 à Figure II.6, on présente les graphiques avec la distribution des paramètres de la granulométrie, les indices de plasticité (IP) et les classifications des sols des formations prédominantes (Qt1, Qt2 et Qt3). [1]



**Fig. II.4**– Graphiques de l’analyse de la formation Qt1 (Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo sableux) [1].

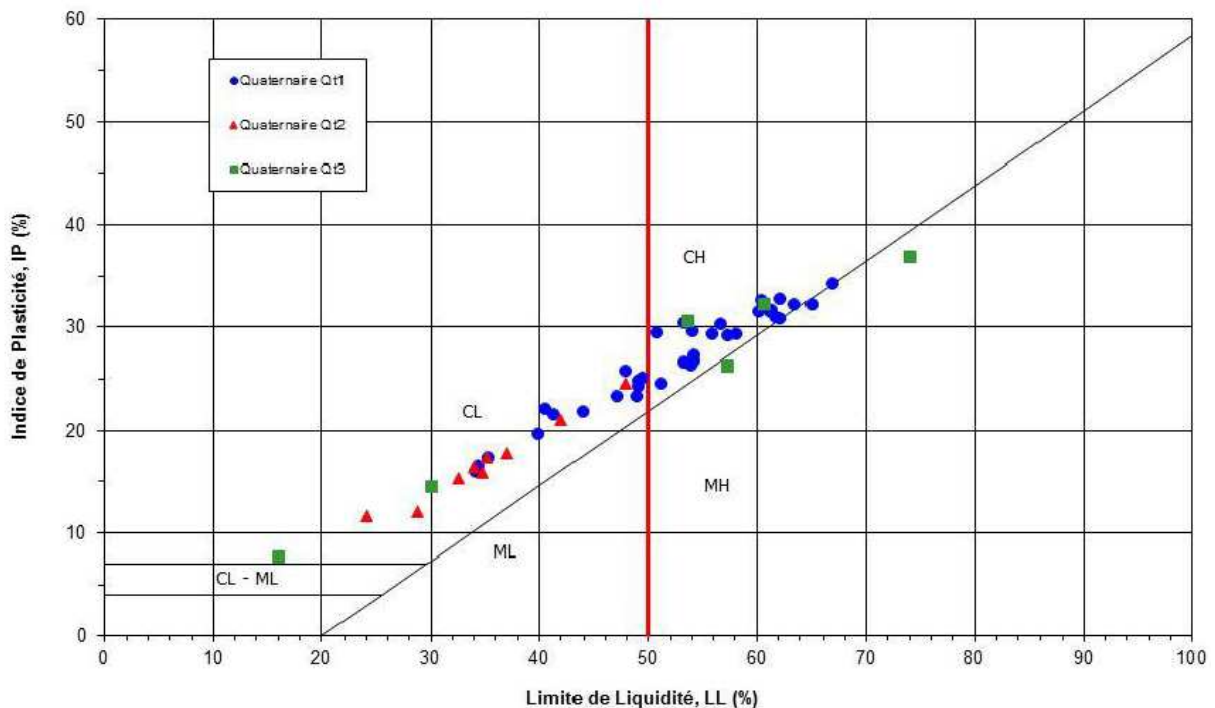


**Fig. II.5**– Graphiques de l’analyse de la formation Qt2 (Sable limoneux/limon sableux/sable argileux) [1].



**Fig. II.6**– Graphiques de l’analyse de la formation Qt3 (Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse) [1].

Selon la carte de la plasticité de la fraction fine des échantillons (Fig. II.7), on constate qu’au niveau de la formation Qt1 la fraction fine a, essentiellement, un degré de plasticité important (classe A<sub>3</sub> à A<sub>2</sub>). Concernant la formation Qt2, la fraction fine a un degré de plasticité moyen (classe essentiellement A<sub>2</sub>). La fraction fine de la formation Qt3 a une plasticité très variable, allant de A<sub>2</sub> à A<sub>3</sub>.



**Fig. II.7** Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts [5].

## II.4 Conclusion

A la lumière des cartes géologique, tectonique et hydrogéologique et à l'aide des sondages et puits de reconnaissance, l'étude géologique du tracé montre que les formations prédominantes dans la partie étudiée sont les formations sédimentaires du appartenant au Quaternaire et Néogène (Miocène et Pliocène) qui sont plus ou moins bien développés le long du tracé.

La partie Seghouane – Boughzoul, est sensiblement plate et comprend des marnes schisteuses à cassures, grises et des argiles schisteuses grises. Localement, les marnes schisteuses peuvent renfermer des bancs calcaires. Ces formations sont recouvertes par des dépôts quaternaires tels que des alluvions et des dépôts de pente.

L'ensemble des résultats des différentes essais montre un sol fin à grenu, peu plastique à plastique et agressif par endroit. Les matériaux de déblais, dans leur ensemble, ne peuvent pas être réutilisés pour les remblais. Néanmoins, sur certaine section du tracé, notamment pour l'évitement de Boughezoul, une partie des déblais pourrait être réutilisé. Cependant, il est nécessaire de vérifier leurs caractéristiques lors des travaux avant de procéder à leur utilisation. Par conséquent, les remblais seront réalisés avec des matériaux d'emprunt disponibles dans la région.



# CHAPITRE III

## GEOTECHNIQUE ROUTIERE

### III.1 Introduction

La géotechnique routière est le domaine d'étude des propriétés physico-chimiques, mécaniques et hydraulique des sols, et leurs applications en construction civile. La géotechnique routière est aussi une science empirique qui se fonde en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain.

### III.2 La chaussée

#### III.2.1 Définition

- **Au sens géométrique** : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges [3]

#### III.2.2 Les différentes couches de chaussée

**III.2.2.1 Couche de surface:** Elle est composée des couches de roulement et d'une couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure.

Son rôle est:

- **Rôle de couche de roulement**
  - ✓ Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
  - ✓ Imperméabiliser la surface de la chaussée.
  - ✓ Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- **Rôle de couche de liaison**
  - ✓ Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides [4].

**III.2.2.2 Couche de base:** Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. [3]

**III.2.2.3 Couche de fondation:** Elle a le même rôle que celui de la couche de base. [3]

**III.2.2.4 Couche de forme:** Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support:

- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface ;
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.



Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées. Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminant peut être intercalé entre la couche de forme et la couche de fondation qui s'appelle « sous-couche » [3].

**III.2.3 Les différentes catégories de chaussée**

Il existe deux catégories de chaussées:

**Les chaussées classiques (souples et rigides)**

Les chaussées souples : Sont des structures de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui les constituent, sont traités aux liants hydrocarbonates. La couche de fondation et/ou la de base peuvent être constituées de grave non traitée.

Les chaussées rigides : Ces structures comportent une couche de béton de ciment.

La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (qui peut être en matériaux traités aux liants hydrauliques, en béton de ciment), soit directement sur le support de chaussée avec, dans ce cas, interposition fréquente d'une couche de réglage éventuelle (couche de forme).

La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal (béton armé continu ou discontinue) avec ou sans éléments de liaison aux joints et, joue un double rôle : elle est à la fois la surface de roulement et la couche de base. [3]

**Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)**

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

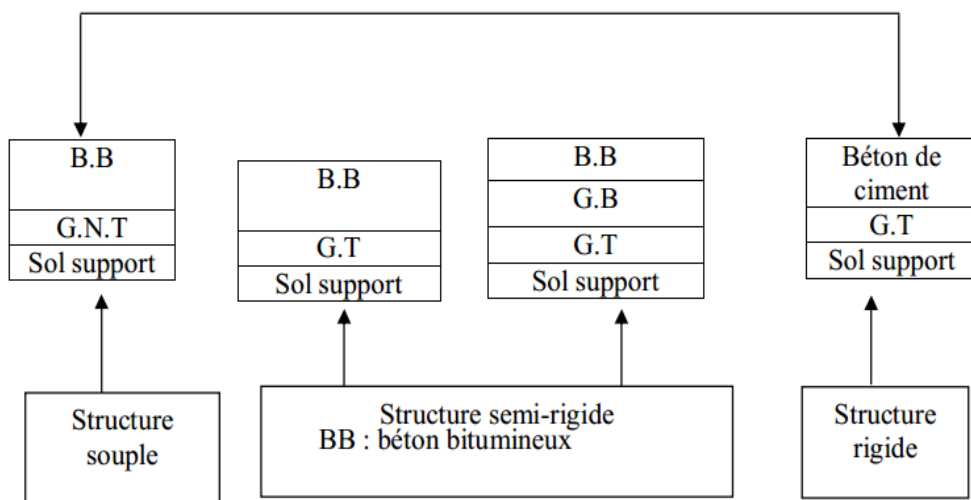


Fig. III. 1: Différentes catégories de chaussée [4]

GB : grave bitume GT : grave traité G.N.T : grave non trait

### III.3 Etude de trafic

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers [4].

#### III.3.1 L'analyse des trafics existants

Diverses méthodes permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet. Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages (qui permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs. les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes [3].

#### III.3.2 Calcul de la capacité

##### III.3.2.1 Définition de la capacité

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminer, la capacité dépend [4]:

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.

##### III.3.2.2 Projection future du trafic

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

Avec :

**TJMA<sub>h</sub>** : le trafic à l'année horizon.

**TJMA<sub>0</sub>** : le trafic à l'année de référence.

**n**: nombre d'année.

**τ**: taux d'accroissement du trafic (%)

**III.3.3-Calcul de trafic effectif**

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).Le trafic effectif est donné par la relation suivante [4]:

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + p.z] TJMA_h$$

Avec :

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

**Z** : pourcentage de poids lourd.

**P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend

**Tableau IV.1:** Coefficient d'équivalence [4].

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

**III.3.4 Application numérique au projet**

**III.3.4.1 Les données de trafic**

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la D.T.P. de la wilaya de Médéa qui sont les suivants [8] :

- Le trafic à l'année 2004 **TJMA<sub>2004</sub> = 12800v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **τ= 4%**
- La vitesse de base sur le tracé **V<sub>b</sub>=80km/h**
- Le pourcentage de poids lourds **Z=22%**

- L'année de mise en service sera en 2009
- La durée de vie estimée de 15 ans

### III.3.4.2 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2009)

$$TJMA_h = TJMA_0(1+I)^n$$

Avec :

$TJMA_h$  : trafic à l'horizon (année de mise en service 2009)

$TJMA_0$  : trafic à l'année zéro (origine 2004)

$$TJMA_{2009} = 12800(1 + 0,04)^5 = 15573 \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (2024) pour une durée de vie de 15 Ans

$$TJMA_{2024} = 15573x (1 + 0,04)^{15} = 28046 \text{ v/j.}$$

### IV.3.4.3 Calcul du trafic effectif

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P]TJMA_h$$

Avec:

**P**: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds. Pour une route à deux voies et un environnement  $E_2$  on a **P= 4**

**Z**: le pourcentage de poids lourds est égal à **22%**

$$T_{\text{eff}} = 28046x [(1 - 0.22) + 4 x 0.22]$$

$$T_{\text{eff}} = 46556 \text{ uvp/j}$$

## III.4 Caractéristiques géométriques d'une chaussée

Les caractéristiques géométriques d'une chaussée sont illustrées par le profil en travers, le profil en long et le tracé en plan.

### III.4.1 Le profil en travers

**Définition :** Le Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Pour la bonne compréhension des profils en travers types sur les figures suivantes, quatre précisions doivent être apportées [6]:

- ✓ **la chaussée**
- ✓ **la largeur de voie :** comprend une part du marquage de délimitation des voies (1/2 axe pour chaque voie d'une chaussée bidirectionnelle, 1/2 marquage de délimitation des voies pour les voies extrêmes des chaussées à plus de 2 voies, 2 demi-marquage de délimitation des voies pour la (ou les) voies médianes des chaussées à plus de 2 voies) ;
- ✓ **l'accotement :** comprend une bande dérasée, constituée d'une sur-largeur de chaussée supportant le marquage de rive et d'une bande stabilisée ou revêtue, et la berme ;
- ✓ **la bande dérasée :** de gauche est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelle. Elle supporte le marquage de rive ; elle peut être d'une structure plus légère que la chaussée [4].

Le profil en travers indique aussi les pentes transversales.

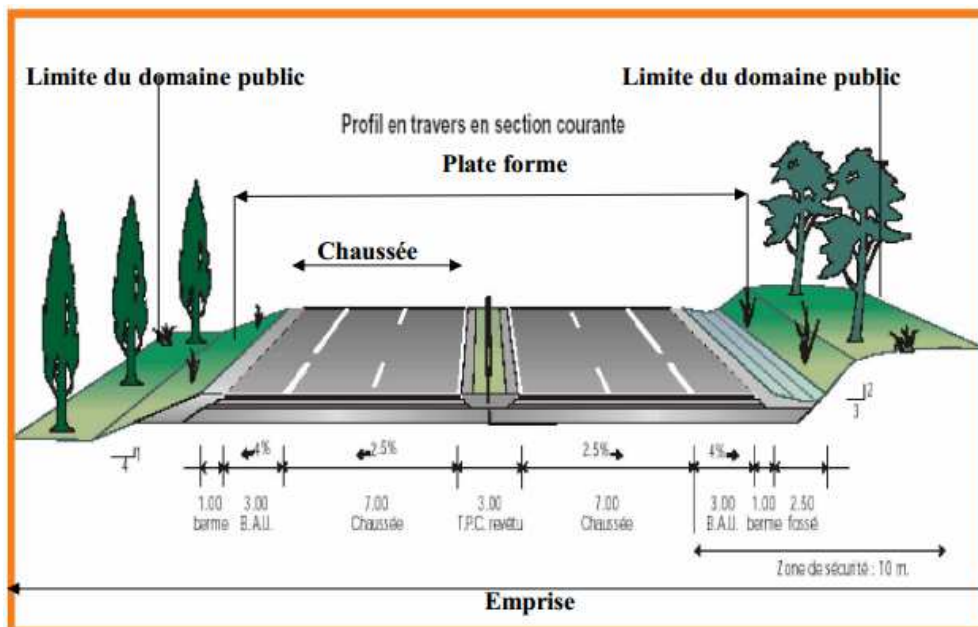


Fig. III.2: Profil en travers [6].

#### III.4.1.1 La largeur de la chaussée

Il n'y a pas de largeur minimale réglementaire pour une chaussée. Cette valeur doit être retenue en fonction du type de véhicules circulant ou attendus sur l'itinéraire et des

vitesses prévues. En ce qui concerne le véhicule, le code de la route a fixé les dimensions maximales des véhicules à 2,60 m hors rétroviseur : ces derniers peuvent faire une saillie de 20 cm au-dessus de 1,90 m. Les marges de sécurité latérales doivent tenir compte des vitesses pratiquées sur l'itinéraire et de ce fait, des valeurs de 3,00 à 3,50 m sont usuellement retenues pour les routes principales. Le standard international se situe à 3,50m.

En fonction des contraintes de topographie et de l'importance du trafic poids lourds, des largeurs inférieures peuvent être adoptées. Pour les voiries existantes de largeur de chaussée comprise entre 4 et 6 m, il est important de noter que les niveaux de vitesses pratiquées sont très sensibles aux largeurs de route et en conséquence, toute intervention en matière d'élargissement de chaussée devra tenir compte de l'impact en matière d'augmentation des vitesses [6].

#### **III.4.1.2 Zone de récupération et zone de dégagement de sécurité**

Les abords de la chaussée contribuent à la sécurité et à la maintenance du patrimoine. Le dimensionnement de cette zone de récupération est fortement dépendant des vitesses pratiquées et sa largeur dépend du type de voies et des possibilités économiques: de 0,25m (sur-largeur structurelle de marquage) à 2,50 à 3,00m sur autoroutes. Compte tenu de l'impact économique de tels aménagements, une étude d'enjeux est nécessaire.

Cette zone de récupération est de fait multifonctionnelle : les piétons peuvent y marcher et les vélos y circuler. Elle comprend la sur-largeur technique qui porte le marquage de rive [4].

#### **III.4.1.3 Les dévers**

Les dévers ou pentes transversales permettent de favoriser l'évacuation des eaux de surface.

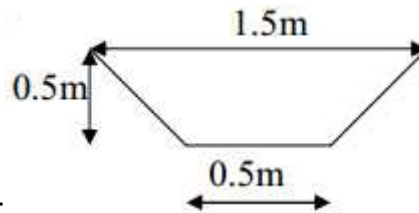
Dans les rayons de courbures faibles, il contribue à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%). Au-delà de cette valeur plafond, d'autres problèmes surviennent et notamment des difficultés constructives [4].

#### **III.4.1.4 Application au projet**

En dédoublement la RN01 est constituée de:

- Deux chaussées de deux voies de 3,5m chacune ;
- Un terre-plein central de : 2m
- Accotement : 1.8 m
- Banquette (risberme) : 1- 2m

- Pente de talus en remblai : 2/3



- Fossé trapézoïdal : dimensionner :

### III.4.2 Tracé en plan

Le tracé en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer des bonnes conditions de sécurité et de confort. L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbures est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adaptée par les usagers (plus faibles pour les petits rayons). Cela conduit en fonction de la catégorie de route à fixer des rayons minimaux [6].

#### Caractéristiques du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- **Des droites (alignements)** Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.
  - Une longueur minimale d'alignement  $L_{\min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{\min} = 5 \times \frac{VB}{3.6}$$

VB: vitesse de base en km/h

- Une longueur maximale  $L_{\max}$  prise égale à la distance parcourue pendant soixante(60) secondes

$$L_{\min} = 60 \times \frac{VB}{3.6}$$

- **Des arcs de cercle** on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé :

**Rayon horizontal minimal absolu (RHM)**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$RHM = \frac{VB^2}{127 (ft + dmax)}$$

ft : coefficient de frottement transversal

Ainsi pour chaque  $V_B$  on définit une série de couple (R, d)

**Rayon minimal normal (RHN)**

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant  $V_B$  de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RHM = \frac{(VB + 20)^2}{127 (ft + dmax)}$$

**Rayon au dévers minimal (RHd)**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_B$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit

$$RHd = \frac{VB^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

**Rayon minimal non déversé (RHnd)**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse  $V_B$

$$RHnd = \frac{VB^2}{127 \times 0,0035}$$



Tableau III.2 : Rayons du tracé en plan [6]

paramètres	symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

➤ **Des courbes de raccordement progressives.**

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

**Les types raccordement sont :**

**Parabole cubique :**

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer) [6].

**Lemniscate :**

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion [6].

**Clothoïde :**

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul [6].

### III.4.3 Profil en long

**Définition :**

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représenté sur un plan à une échelle.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires.

➤ **Pentes et rampes**

Le code de la voirie routière a imposé que les profils en long et en travers des routes soient établis de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plate-forme. En conséquence, s'il n'existe généralement pas de valeurs minimales pour les déclivités, on s'attachera à assurer un minimum de :

- ✓ 0,5 à 1% pour les zones où le dévers est nul afin d'assurer l'évacuation des eaux de surface.
- ✓ 0,2 % dans les longues sections en déblai afin d'éviter des sur-profondeurs pour le dispositif longitudinal d'évacuation des eaux pluviales [4].

➤ **Raccordements circulaires**

✓ **Angles saillants**

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.

✓ **Angles rentrants**

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier [6].

**Caractéristiques de raccordements des rayons en long:**

Pour le cas de la RN01, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivants :

**Tableau III.3 :** Les rayons horizontaux [6].

Catégorie		C <sub>1</sub>
environnement		E3
Vitesses de base (Km/h)		80
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	RVm1 (minimal absolu) en m	2500
	RVn1 (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant RV	Route unidirectionnelle :(2x2 voies)	
	RVm1 (minimal absolu) en m	2400
	RVn1 (minimal normal) en m	3000
Déclivité maximale I <sub>MAX</sub> (%)		6

**Remarque :**

le profil en travers étant défini comme la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire au tracé en plan avec une largeur de chaussée déterminée par le calcul de la capacité ainsi que la structure complète de chaussée.

Le respect des bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur impose de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long. C'est la combinaison des deux éléments qui conditionnent l'image offerte réellement à l'utilisateur et de ce fait est le paramètre déterminant vis-à-vis de son comportement.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- ✓ la perception des points singuliers de l'itinéraire ;
- ✓ la prévision anticipée des évolutions du tracé ;
- ✓ l'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités

**III.5 Etude de Cubature**

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet :

Les éléments qui permettent cette évolution sont : les profils en long, les profils en travers, les distances entre les profils [2].

**III.5.1 Cubatures des terrassements**

On appelle cubature tout calcul de volume, si on recherche une exactitude des résultats, le calcul des volumes des terrassements est très compliqué et très long donc on doit accepter quelques petites erreurs, le calcul des cubatures est réduit à des calculs d'intégrales qui nécessitent une géométrie descriptive pour chaque profil [10].

**III.5.2 Méthode utilisée**

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

III.5.3 Application au projet

On utilise la formule qui calcule le volume compris entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Où h, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>0</sub> désignant respectivement :

- La Hauteur entre deux profils.
- La Hauteur des deux profils.
- La Surface limitée à mi-distances des profils.

Adoptons la figure ci-dessous présentant le profil en long d'un tracé donné [10].

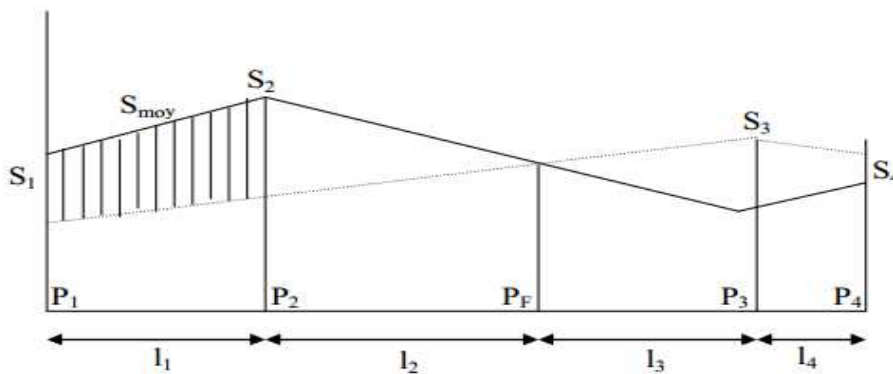


Fig. III.3 le profil en long d'un tracé donné [10].

Le volume compris entre les deux profils en travers P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> de section S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> sera égale à :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant très voisines

$$S_{moy} \text{ et } \frac{(S_1 + S_2)}{2}.$$

Ceci donne :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F \quad V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 \quad V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$$

En additionnant membre à membre ces expressions on aura le volume total des terrassements

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils  $P_F$  puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

### Remarque

L'étude de la géotechnique routière qui comporte différentes phases étudiées, mais ces phases nécessitent plusieurs essais géotechniques qui ont été énumérés dans le chapitre II Géologie et prospections géotechniques (interprétations des essais réalisés des **Tableau II.2** et **Tableau II.1**). Tous ces essais ont pour objectif de nous donner une idée sur la portance du sol support et le remblayage à adopter. Les résultats de calcul sont joints en **annexe 1 et 2**.

# CHAPITRE IV

DIMENSIONNEMENT DU

CORPS DE CHAUSSEE

## IV.1 Introduction

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants [4]:

- ✓ Le trafic
- ✓ L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- ✓ Le sol support

## IV.2 Les principales méthodes de dimensionnements

On distingue deux méthodes : les méthodes empiriques, et semi empiriques.

Ces méthodes s'appuient sur trois paramètres :

- ✓ La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ Le trafic : charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges.
- ✓ Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

### IV.2.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci- après [4]:

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log(\frac{N}{10}))}{ICBR + 5}$$

Avec:

$E_{eq}$  : épaisseur équivalente

**I**: indice **CBR** (sol support)

**N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

$N = T_H \cdot \%PL$

$T_H$  : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

**P**: charge par roue  $P = 6.5$  t (essieu 13 t)

**Log:** logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

$c_1 \times e_1$  : couche de roulement

$c_2 \times e_2$  : couche de base

$c_3 \times e_3$  : couche de fondation

Où :  $c_1, c_2, c_3$  : coefficients d'équivalence (Voir tableau VI.1)

$e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

**Tableau IV. 1 :** Coefficients d'équivalence [4]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave ciment-grave laitier	1,50
Grave bitume	1,20 à 1,70
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée-grave sableuse T.V.O	0,75
Sable ciment	1,00 à 1,20
Sable	0,50
Tuf	0,60

**IV.2.2 Méthode A.A.S.H.O** (American Association of State Highway Officials)

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition [8].



### IV.2.3 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE

Elle basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches. L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue [8].

### IV.2.4 Méthode du catalogue des structures

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500Véh/J. Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données [7]:

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20<sup>ième</sup> année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj).

#### IV.2.4.1 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

**Tableau IV.2 : Classes de trafic poids lourds [6]**

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T <sub>1</sub>	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T <sub>2</sub>	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T <sub>3</sub>	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T <sub>4</sub>	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T <sub>5</sub>	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = T_{PL} \left[ 1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] \cdot 365$$

**T<sub>PL</sub>** : trafic poids lourds à l'année de mise en service

**n** : durée de vie (n = 20 ans) ; et **τ** : taux d'accroissement pris est égal 4%

#### IV.2.4.2 Détermination de la classe du sol

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants [4]:

**Tableau IV.3 : Classement des sols selon C.B.R**

Classe de sol	Indice C.B.R
S <sub>0</sub>	>40
S <sub>1</sub>	25-40
S <sub>2</sub>	10-25
S <sub>3</sub>	05-10
S <sub>4</sub>	<05

#### IV.2.5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression [8]:

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+Z) - 1] .$$

$T_{eq}$  = trafic équivalent par essieu de **13t**.

**TJMA** = trafic à la mise en service de la route.

**a** = coefficient qui dépend du nombre de voies.

**Z** = taux d'accroissement annuel.

**n** = durée de vie de la route.

**p** = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e** (en fonction de  $T_{eq}$ ,  $I_{CBR}$ ) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

#### IV.2.6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches [8]:

- Approche théorique.
- Approche empirique.

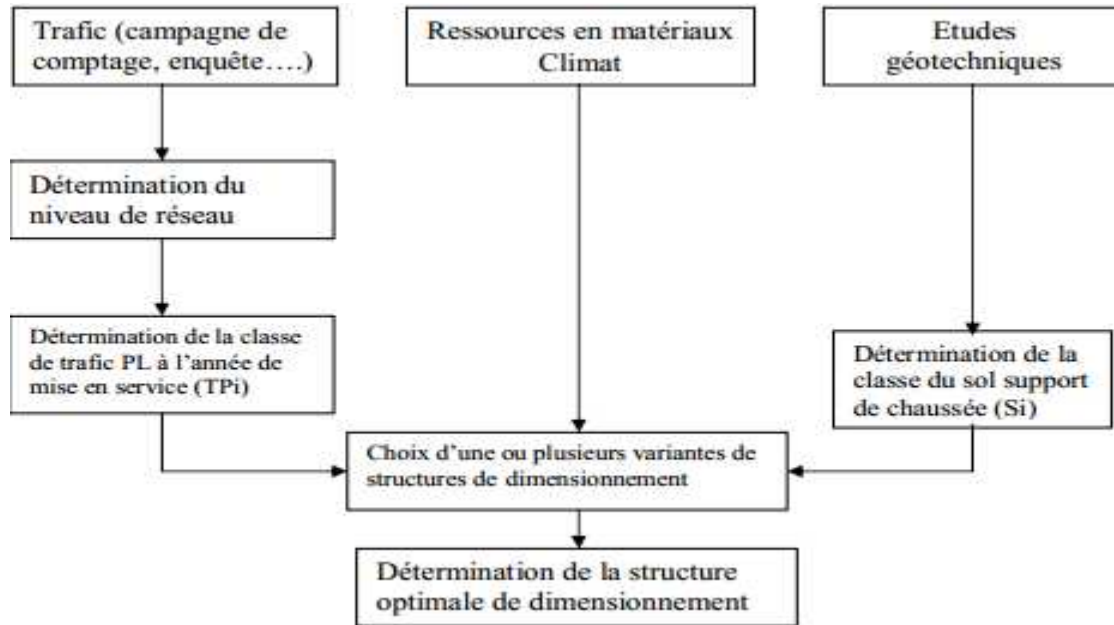


Fig. IV.1 La démarche du catalogue [8]

### IV.3 Application au projet

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes qui sont : La méthode dite CBR et la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTTP ». Après l'étude géotechnique on a trouvés deux tronçons en indices CBR différents

#### IV.3.1 Méthode dite CBR

- Le tronçon du **PK19+175 au PK19+975** et le tronçon **PK21+300 au PK21+900** (zone inondable).

On a trouvé :

$$I_{CBR}=3$$

$$TJMA_{2024} = 28046 \text{v/j avec les poids lourds: } 22\%$$

$$N = (TJMA_{2024} \times pl\%)/2$$

$$N = (28046 \times 0.22)/2 = 3085 \text{pl/j/sens.}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log(\frac{N}{10}))}{ICBR+5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) (75 + 50 \log(\frac{3085}{10}))}{3+5}$$

$E_{eq} = 76.06\text{cm}$

L'épaisseur est très grande, pour plus d'économies :

Etant donné qu'une partie de la nature du sol de la région des deux tronçons est médiocre, pour améliorer la portance du sol support, avec indice CBR d'ordre 10, on prévoit une couche de forme de 60cm de matériaux (20cm de GNT et 40cm de TUF), et l'indice CBR=10 (sol support avec bonnes caractéristique).

On a :  $E_{\acute{e}q} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3$

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e<sub>1</sub> » et « e<sub>2</sub> » et on calcule « e<sub>3</sub> », généralement les épaisseurs adoptées sont :

**BB =6 - 8 cm; GB= 10 - 20 cm; GC =15 - 25 cm; TVO= 25cm.**

**Remarque :** Dans notre cas nous avons opté pour une solution plus adéquate qui est une augmentation de l'indice CBR et une élévation du corps de chaussée de ce fait on a choisi 20cm de GNT + 40cm de TUF en couche de forme.

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log(\frac{N}{10}))}{ICBR+5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) (75 + 50 \log(\frac{3046}{10}))}{10 + 5}$$

$E_{eq} = 40.6\text{cm}$

**Tableau IV.4 :** Structure de la chaussée (zone inondable)

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalente (cm)
BB	6	02	12
GB	12	1,2	14,4
GC	15	1	15
Total	33		41.4

-On à 41.4 > 40.60

Remarque: les épaisseurs sont indiquées en centimètre (cm)

L'épaisseur réelle égale = 93cm

Notre structure comporte : 6BB + 12GB + 15GC + 20GNT + 40TUF

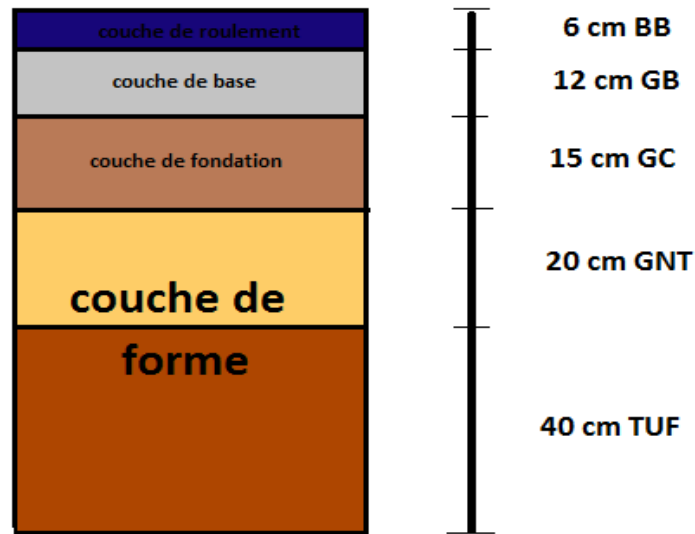


Fig. IV.2 : Dimensions du corps de chaussée (zone inondable)

**Remarque :** Les besoins de notre projet en matériaux de remblai pour les différents couches du corps de chaussée notamment la couche de forme ont mené à la zone d'emprunt, Les zones d'emprunt de notre projet éloigner à l'environ de 15 km (au voisinage de la ville BEN CHKEW), donc il n'y pas de problème dans l'aspect économique.

➤ Tronçon du **PK19+975 au PK21+300** (zone normale)

-Dans ce tronçon on a trouvé un bon sol avec ICBR=10 donc il n'y pas de la couche de forme donc on a le même calcul précédent :

TJMA<sub>2024</sub> = 28046v/j avec les poids lourds: 22%

$$N = (TJMA_{2024} \times pl\%) / 2$$

$$N = (28046 \times 0.22) / 2 = 3085 \text{ pl/j/sens.}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log(\frac{N}{10}))}{ICBR + 5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) (75 + 50 \log(\frac{3046}{10}))}{10 + 5}$$

$$E_{eq} = 40.6 \text{ cm}$$

Tableau IV.5 : Structure de la chaussée (zone normale)

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalente (cm)
BB	6	0,2	1,2
GB	12	1,2	14,4
GC	15	1	15
<b>Total</b>	<b>33</b>		<b>41,4</b>

On a  $41,4 > 40,60$

Remarque: les épaisseurs sont indiquées en centimètre (cm)

L'épaisseur réelle égale = 33cm, la structure comporte :

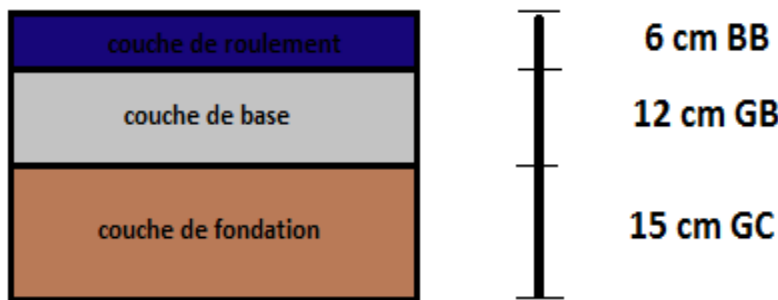


Fig. IV.3 : Dimensions du corps de chaussée (zone normale)

**IV.3.2 Méthode L.C.P.C**

On ne peut pas calculer avec cette méthode puis qu'on a un trafic des poids lourds largement supérieur à 150pl/j. [9]

**IV.3.3 Méthode de catalogue des structures**

Le calcul du trafic cumulé sur toute la route à la durée de vie de 20 ans :

$$MAJ_{2024/sens/voie\ la\ plus\ chargée} = (TJMA_{2024} \times 0,22)^{1/2} = 3046\ PL/sens/voie\ la\ plus\ chargée$$

$$T_c = T_{PL} \left[ 1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] \cdot 365$$

$$T_{PL} = 3046\ PL/sens/voie\ la\ plus\ chargée$$

$$T_c = T_{PL} \left[ 1 + \frac{(1+0,04)^{15+1} - 1}{0,04} \right] \cdot 365$$

$$T_c = 25.3710^6 PL$$

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est entre :

7.3  $106 < T < 4107$  donc la classe T4 (selon le tableau IV.2)

Et d'autre part notre sol est classé en S2 a cause de CBR est appartenant à intervalle (10-25) (Voir tableau IV.3).

Par conséquent d'après le règlement B60-61 on obtient la structure suivante :

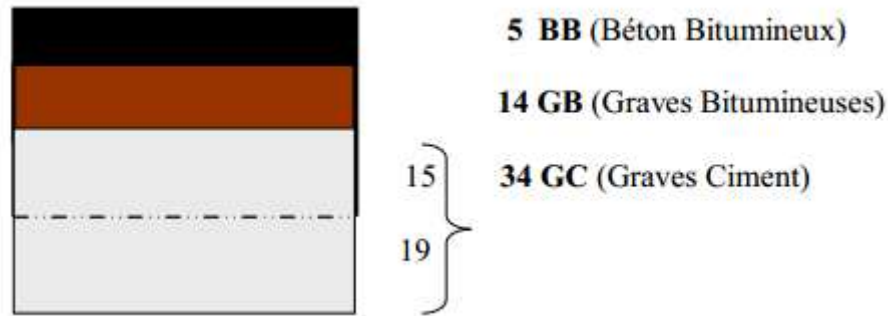


Fig. IV.4 : Dimensions du corps de chaussée

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence entre les deux méthodes surtout entre les deux couches premières (couche de roulement et couche de base) mais pour des raisons économiques nous avons opté pour les épaisseurs obtenues à travers la méthode CBR.

#### IV.4 Renforcement de la chaussée existante

Il en existe plusieurs méthodes de renforcement des chaussées. Les méthodes de renforcement utilisées en Algérie sont :

- Méthode du catalogue des structures type de renforcement.
- Norme Espagnole 6.3 IC.
- Méthode STRA-LCPC type de renforcement.

Pour l'utilisation du guide de renforcement, on fait intervenir les coefficients d'équivalence des matériaux neufs et matériaux usés ; donc deux épaisseurs équivalentes.

La différence entre l'épaisseur de la chaussée neuf et l'épaisseur résiduelle donne l'épaisseur du renforcement à appliquer. L'épaisseur de la chaussée existante :  $6BB + 10GB + 15GC$  [5]

Tableau IV.6 : Renforcement de chaussée existante [9]

Matériaux	$E_{rex}$	$C_e$	$E_{éq ex}$
BB	06	1,7	9
GB	10	1,0	10
GC	15	0,6	9
Total	31		29,3

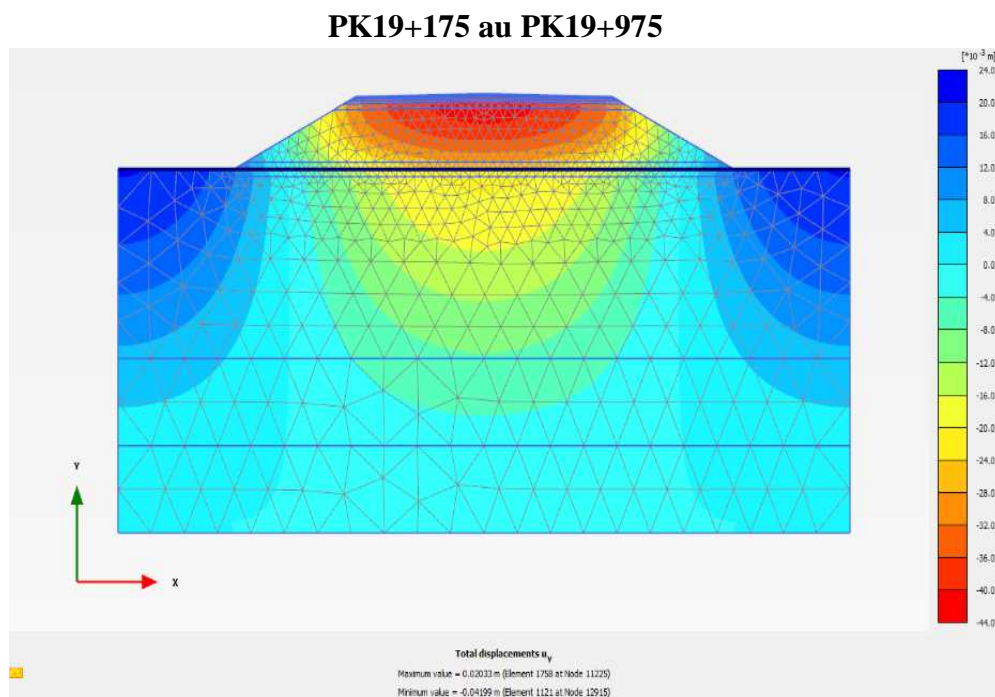
Donc  $R = E_{\text{éq}} - E_{\text{éq ex}} = 41.4 - 29.2 = 12.2$

D'où le renforcement de la chaussée est de 12.2 cm.

### IV.5 Modélisation du modèle

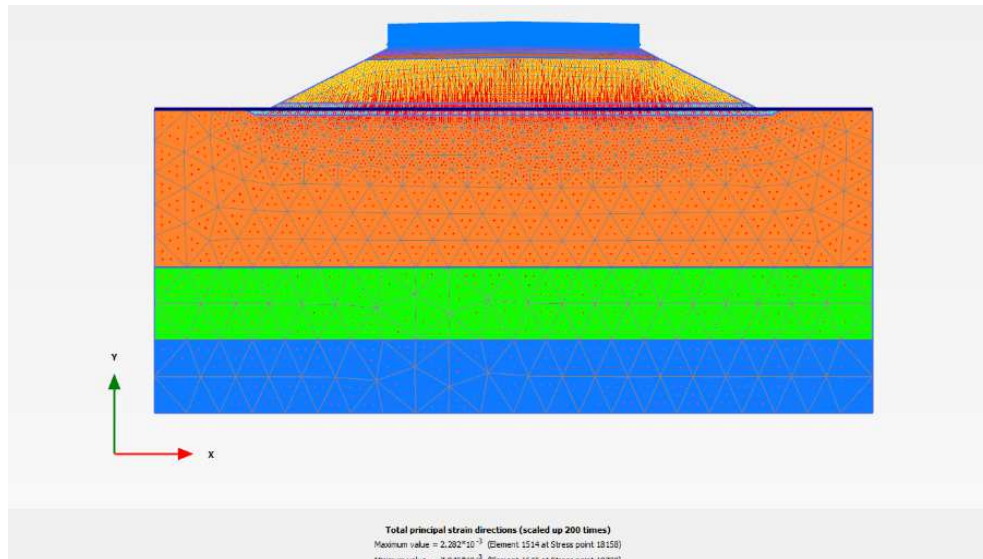
Le logiciel PLAXIS est le logiciel d'éléments finis de référence en géotechnique dont le développement commença en 1987 à l'initiative du ministère des Travaux publics et d'hydrologie des Pays-Bas. Son but initial était de créer un code d'éléments finis facilement utilisable en 2D pour analyser l'effet de l'implantation d'une digue fluviale sur les argiles molles des Pays-Bas. En quelques années, PLAXIS a été étendu à beaucoup d'autres domaines de la géotechnique. En 1998, la première version de *Plaxis* pour *Windows* est développée. Durant la même période, une version 3D du logiciel a été développée. Après quelques années de développement, le logiciel 3D PLAXIS Tunnel program est sorti en 2010. Son principal objectif était de fournir un outil permettant des analyses pratiques pour l'ingénieur géotechnique qui n'est pas nécessairement un numéricien. Il en résulte que Plaxis est utilisé par de nombreux ingénieurs géotechniques de nos jours, dans le monde entier

La modélisation de notre modèle a été effectuée avec le plaxis10 a fin de voir le comportement de la structure de chaussée sur le sol support pour une durée de vie de 20ans. [9]



**Fig IV.5** Déplacement vertical





**Fig IV.6** La contrainte verticale

La modélisation du comportement de la structure dimensionnée par un modèle numérique en éléments finis permettant d'analyser la relation contrainte-déformation et le rapport des charges avec les couches de chaussées et du sol support a donné au bout de 20 ans de service des résultats satisfaisants qui varient de 2,801cm jusqu'à 4,209cm pour les déformations verticales et de 1,2950 cm jusqu'à 6,48 cm pour les déformations horizontales. Les contraintes verticales transmises aux couches inférieures ont montré une répartition beaucoup plus concentrée aux alentours de la couche d'enrochement avec une valeur maximale de 77,8  $\text{kN/m}^2$  et cette concentration est du essentiellement a la nature des matériaux granulaire (couche enrochement).

Par ailleurs Les contraintes verticales sont plus importantes au niveau de la couche de roulement et décroissent de plus en plus dans les couches sous-jacentes faisant une bonne compatibilité avec le choix de la structure dimensionnée par la méthode CBR où l'épaisseur de couches traitées aux bitumes est importante que la deuxième structure. Pour une route donnée, une structure traitée répartit mieux les charges en effort de traction-compression qu'une couche granulaire non traitée qui fait induire les efforts à grande échelle sans une grande diminution des charges induise avec une répartition non uniforme.

La comparaison entre les résultats trouvés sous l'effet des charges dynamiques et sous l'effet des charges statiques montre beaucoup plus de précision qui se remarque par l'augmentation des déplacements verticaux et horizontaux pour les charges dynamiques d'une part et d'autre part les faibles déplacements pour le sol support.

## IV.6 Conclusion

Les deux méthodes de dimensionnement utilisées étant empiriques ce qui explique ces différences en matière d'épaisseur. Aussi par souci de stabilité et de sauvegarde d'un niveau de service acceptable à long terme (pour toute la durée de service).

Nous optons pour le dimensionnement obtenu par la méthode CBR et cela pour des raisons d'exécutions et d'économies.

Alors la structure pour le PK0+000 au PK3+600 et PK6+600 au PK8+600

6BB + 12GB + 15GC + 20GNT + 40TUF.

Alors la structure pour le PK3+600 et PK6+600

6 BB + 12GB + 15 GC.

Les déformations dans les couches de chaussées provoquées par les charges dynamiques sont légèrement plus élevées que pour celles des charges statiques dues aux vibrations qu'elles engendrent. Ce sont ces déformations dues aux charges dynamiques qui doivent être considérées pour le dimensionnement.

# CHAPITRE V

## ETUDE DE STABILITE

## V.1 Introduction

L'analyse de la stabilité d'un terrain au glissement est une opération délicate, dans la mesure où plusieurs facteurs interviennent, notamment l'incertitude sur les paramètres géotechniques. D'autre part, le mécanisme de glissement est complexe et ne décrit pas les méthodes de calculs de stabilité des talus que d'une manière simpliste.

Cette analyse requiert, outre les méthodes de calculs et les données du problème, un sens de jugement et une expérience de la part de l'ingénieur.

## V.2 Différentes formes d'instabilité d'un terrain

On distingue les terrains naturels en pentes, de ceux artificiellement réalisés et appelés talus artificiels. L'instabilité d'une pente naturelle se manifeste sous plusieurs aspects, notamment les Ecoulements, les Fluages, les Coulées boueuses, les Glissements (plan, rotationnel simple et rotationnel complexe).

Quant aux talus artificiels, l'expérience montre qu'ils sont surtout affectés par le glissement avec la surface de rupture généralement circulaire, ou par le fluage. Il a été constaté que dans le talus en remblais sur le sol résistant, le cercle de rupture se manifeste couramment en pied du talus (cercle de pied), mais il peut devenir profond si une couche mauvaise se trouve sous le pied du talus [1].



(a)



(b)

Figure V.1 Exemples de glissements de terrain [4]

- (a) Glissement superficiel.
- (b) Glissement rotationnel.

## V.3 Principales causes d'instabilités d'un terrain

Un glissement de terrain peut se déclencher suite à une ou plusieurs causes concomitantes. Ces causes sont soit naturelles telles qu'une forte pluie, l'érosion d'une berge, ou un séisme, soit artificielles issue d'une activité humaine telles que les travaux de terrassement, ou la déforestation.

**Causes de rupture des pentes.**

Fondamentalement, il y a rupture lorsque contrainte de cisaillement appliquée est supérieur ou égale a la résistance au cisaillement, soit par augmentation de la contrainte de cisaillement soit par diminution de la résistance au cisaillement [5].

**V.4-Stabilité des talus**

Pour ce qui est de la stabilité des talus en remblai, et déblai il est recommandé :

- Dans les zones marneuses (PK 37+850 à PK 39+500), d'adoptera une pente : 1V/2H
- Pour le tuf (mollasse) : pente 2V/1H
- Pour le limons : pente 1V/3H
- Les remblais : pente 1V/2H
- Une attention particulière doit être portée à l'assainissement pour minimiser les infiltrations d'eau.
- Lors de l'exécution des déblais, un problème important doit être pris en compte, à savoir la collecte des eaux afin d'éviter tout risque de glissement et d'éboulement. on prévoit des banquettes (bernes) réduisent la pente des talus pour favoriser la collecte des eaux.
- Les informations d'ensemble qui peut se traduire par des fissures et des érosions des surfaces sous l'action des eaux de ruissellement, restent permanentes pour les talus en remblai et en déblai. A cet effet, des précautions de mise en œuvre doivent être prises, notamment le respect de la teneur en eau, le réglage des pentes et la protection des talus convenablement par des masques drainants, afin de sauvegarder en chaussée contre tout risque d'instabilité.
- Végétation des talus (pour éviter les érosions et les glissements).

En conclusion il est à signaler qu'au moment des terrassements on doit procéder à un contrôle continu permettant des mesures complémentaires d'identification des sols [5].

**V.5 Recommandations constructives****V.5.1 Pour les remblais**

- Eviter les infiltrations d'eau de pluie au niveau de la plate-forme par des dispositifs d'assainissement.
- Faciliter les collectes des eaux au niveau de la chaussée. Elles seront évacuées et canalisées par des dispositifs appropriés (caniveaux, regards, buses, fossés).
- Favoriser la collecte des eaux à tous les points bas, par des descentes ou bétonnées, jusqu'aux caniveaux aux pieds des talus.
- Les talus des remblais peuvent être recouverts d'un matériau argileux non gonflant.
- Plantation d'arbustes et de gazon pour lutter contre l'érosion du sol.
- Pour éviter que les eaux de ruissellement n'imbibent le sol support et détériore la base du remblai, les fossés bétonnés réalisés au pied des talus doivent être suffisamment dimensionnés pour recueillir ces eaux.

- La couche supérieure du remblai sur au moins 1m, sera constituée d'un autre matériau d'apport (matériau sélectionné) que celui constituant le corps du remblai sable limoneux ou peu argileux [9].

### V.5.2 Pour les déblais

- Il fut recouvrir entièrement les talus d'un sol non-sensible aux variations de la teneur en eau (sensibilité au retrait et gonflement minimum).
- Plantation d'arbustes sur tous les talus.
- Réalisation des bernés et d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement rattaché au système de drainage (semi buses fossés de crête de talus).
- Réalisation des fossés bétonnés en aval du talus pour recevoir toutes les crues venant de l'amont [9].

### V.6 Calcul de coefficient de sécurité

Le coefficient de sécurité d'une pente est le rapport de la force stabilisatrice sur la force motrice, ou du moment stabilisateur sur le moment moteur.

$$F_s = \frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment moteur}}$$

Pour une pente donnée, il est possible de calculer plusieurs plans de rupture critiques qui auront des coefficients de sécurité différents. L'important est de déterminer le plan de rupture probable ayant le plus faible coefficient de sécurité [10]

- Une pente dont le  $f_s < 1$ , est jugée instable
- La pente qui a un coefficient se situant entre **1** et **1,2** est à la limite de la stabilité.
- Si le coefficient de sécurité minimum est supérieur à **1,5** ; présente une stabilité adéquate.

Si l'on juge que la stabilité de la pente est précaire, il faudra stabiliser celle-ci.

Il existe plusieurs façons de le faire :

- On charge le pied de la pente.
- Décharger le haut de la pente.
- Réduire l'inclinaison de la pente.
- Mettre en place un système de drainage afin d'abaisser le niveau du nappe phréatique.
- Construire un mur de soutènement.

### V.7 Calcul de la stabilité des pentes

#### Méthode des tranches :

Les méthodes des tranches consistent à partager le talus en tranches verticales, l'étude de l'équilibre tranche par tranche permet de moduler les valeurs de  $\sigma$  et d'envisager des

conditions plus complexes : profil des talus non rectiligne, hétérogénéité du sol, ligne de glissement quelconque [8].

### Méthode de Fellenius :

Fellenius a fait l'hypothèse simplificatrice que  $DH_n = dV_n = 0$  ; on a alors immédiatement :

$$F_s = \frac{1}{\sum w_i \sin \alpha} \sum \frac{1}{\cos \alpha_i} [c' b + (w_i \cos^2 \alpha - u_i b) \operatorname{tg} \varphi']$$

### Méthode de Bishop :

L'équilibre d'une tranche  $n$  s'écrit, en projetant sur l'axe horizontal et l'axe vertical (l'équation des moments est négligée) : à partir de la figure.

Compte tenu du critère de Mohr-Coulomb en prenant toutes les tranches de la même épaisseur, on a :

Formule dans laquelle  $u$  est la pression hydraulique sur la base de la tranche  $n$ , supposée connue. Le deuxième membre contient les inconnues  $\sigma_n$  on utilise les relations d'équilibres des tranches pour les évaluer.

$$F_s = \frac{1}{\sum w_i \sin \alpha} \sum \left[ \frac{c' b + (w_i - u_i b) \operatorname{tg} \varphi'}{m \alpha_i} \right]$$

Avec

$$m \alpha_i = \cos \alpha \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \varphi'}{F_s} \operatorname{tg} \alpha \right)$$

## V.8 Application au projet

### V.8.1 Objectif

La présente note de calcul, concernant l'analyse de la stabilité, l'analyse des tassements et l'analyse de la percolation des remblais, a été élaborée dans le cadre de la note finale de la synthèse géotechnique, géologique et hydrologique du projet d'exécution de la zone inondable entre le Pk 17+700 et Pk 22+700 de la Section Ksar El Boukhari – Boughzoul, du Tronçon Seghouane-Boughzoul.

Ce rapport a été réalisé en se basant sur la caractérisation géologique et géotechnique du terrain concerné par le tracé et sur les solutions de terrassements adoptées.

### V.8.2 Actions et paramètres adoptés dans les calculs

Les paramètres géotechniques du terrain de fondation, adoptés dans les calculs, pour les zones géotechniques de chaque profil sont présentés dans le Tableau VI.1

**Tableau V.1** - Paramètres géotechniques du terrain de fondation, adoptés dans les calculs

Zone Géotechnique	Caractérisation géotechnique			Paramètres géotechniques					
	Nature Géologique	N <sub>arr</sub> (N.° coups)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	Cu (kPa)	E' (MPa)	Eu (MPa)	$\nu'$ (-)
Zone Géotechnique QT1	Argile/ argile marneuse/ argiles sablo-limoneuses/ limons argilo-sableux	5-31	18	-	22	30	-	20	0,32
			18	-	25	40	-	30	0,30
Zone Géotechnique QT2	Sable limoneux/ limon sableuses/ sable argileux	19-60	18	-	25	40	-	30	0,30
Zone Géotechnique QT3	Sable fin à grossier/ sable graveleux	5-60	19	-	30	-	32	-	0,30

Les paramètres géotechniques des matériaux utilisés pour les remblais sont présentés ci-dessous, dans le **Tableau V.2**.

**Tableau V.2** - Paramètres géotechniques des matériaux de remblai.

Matériaux	Paramètres géotechniques				
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cu (kPa)	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)	$K_0=K_v$ (m/s)
Couche de forme (Mat. 1+2)	20	-	-	33	$1 \times 10^{-5}$
Remblai (Mat. 3)	19	25	2,5	25	$1 \times 10^{-11}$
Matériaux de zone inondable et masque de protection (Mat. 4 et Mat. 5)	20	-	-	38	$1 \times 10^{-3}$

Pour l'action sur les remblais, on a considéré une surcharge d'exploitation routière de 10kPa. La vérification de la stabilité, sous l'action sismique, a été effectuée avec un calcul statique équivalent, en appliquant les éléments de sol de deux coefficients sismiques,  $k_h=0,5 \times A$  et  $k_v=0,3 \times k_h$ , qui représentent les forces horizontales contenues dans les plans verticaux des plus grandes pentes et dirigées vers l'aval et les forces verticales descendantes ou ascendantes selon les combinaisons ( $k_h, +k_v$ ) ( $k_h, -k_v$ ). Selon le RPOA 2008, le coefficient d'accélération « A » est défini en tenant compte qu'il s'agit d'un ouvrage du groupe d'usage 2 (ouvrages de grande importance) et de la zone sismique IIa, correspondant à 0,20g.

### V.8.3 Stabilité globale

#### V.8.3.1 Méthodologie de calcul

Pour la vérification de la stabilité globale des talus de remblais, on a utilisé les méthodes d'équilibre limite, notamment la méthode de Bishop. On a utilisé le programme de calcul plaxis10. La stabilité a été vérifiée en considérant un coefficient de sécurité supérieur ou égal à 1,5, pour l'analyse de stabilité.

Les calculs ont été faits sur les profils en travers les plus représentatifs, à savoir sur le Pk 19+975 et le Pk 21+300.



### V.8.3.2 Résultats obtenus

La présente note de calcul, concernant l'analyse de la stabilité, et l'analyse de la percolation des remblais, a été élaborée dans le cadre de la note finale de la synthèse géotechnique, géologique et hydrologique du projet d'exécution de la zone inondable entre le Pk 17+700 et Pk 22+700 de la Section Ksar El Boukhari – Boughzoul, du Tronçon Seghouane-Boughzoul.

#### Modélisation de la stabilité

La méthode utilisée pour la vérification de la stabilité consiste à déterminer un coefficient de sécurité de rupture par cisaillement sur une surface de glissement. Pour le calcul des coefficients de sécurité, on a utilisé le programme de calcul automatique Slide 6.0, de Rocscience, et le plaxis 10. Les calculs ont été faits sur les profils en travers le plus représentatif du **PK19+915** au **PK19+975**.

**Tableau V.3** détermination du coefficient de sécurité.

Sol support	Type de charges	Paramètres déterminés				Coefficient de sécurité (Fs)	
		Déplacements verticaux (cm)	Déplacements horizontaux (cm)	Contraintes effectives (KN/m <sup>2</sup> )			
Argile	Statiques	2,801	1,2950	77,84	Slide	1,46	
					Plaxis	1,6	
	Dynamiques	4,209	6,48	72,67	Slide	1,38	
					Plaxis	1,47	

D'après les résultats présentés dans le tableau v.1 on peut constater que les valeurs de coefficients de sécurité obtenues pour les deux logiciels Slide et plaxis tendent à se rapprocher quelque soit le type de charges (statique ou dynamique). Par exemple dans le type dynamique on a un FS entre 1.38 et 1.47. Si on compare les deux logiciels on trouve que le plaxis donne un coefficient de sécurité plus élevé que Slide avec les mêmes paramètres.

**Pour le logiciel Slide** l'analyse des coefficients de sécurités obtenus, de l'ordre de 1,46; on conclut que les conditions de stabilité sont assurées.

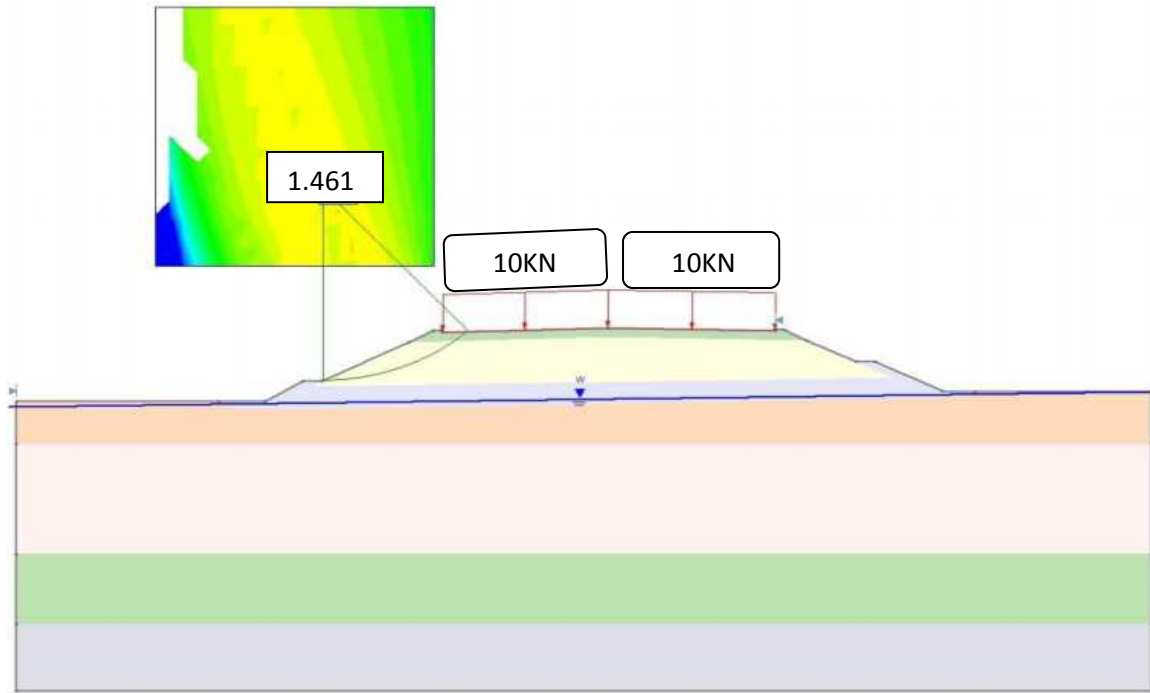


Fig V.2 -Détermination du coefficient de sécurité par le Slide

Pour le logiciel Plaxis10 qui utilise la méthode d'éléments finis, sur ceux l'analyse des coefficients de sécurité obtenus, de l'ordre de 1,6 ; on conclut que les conditions de stabilité sont assurées.

NB : Pour les lois de comportement utilisées pour la modélisation voir annexe.

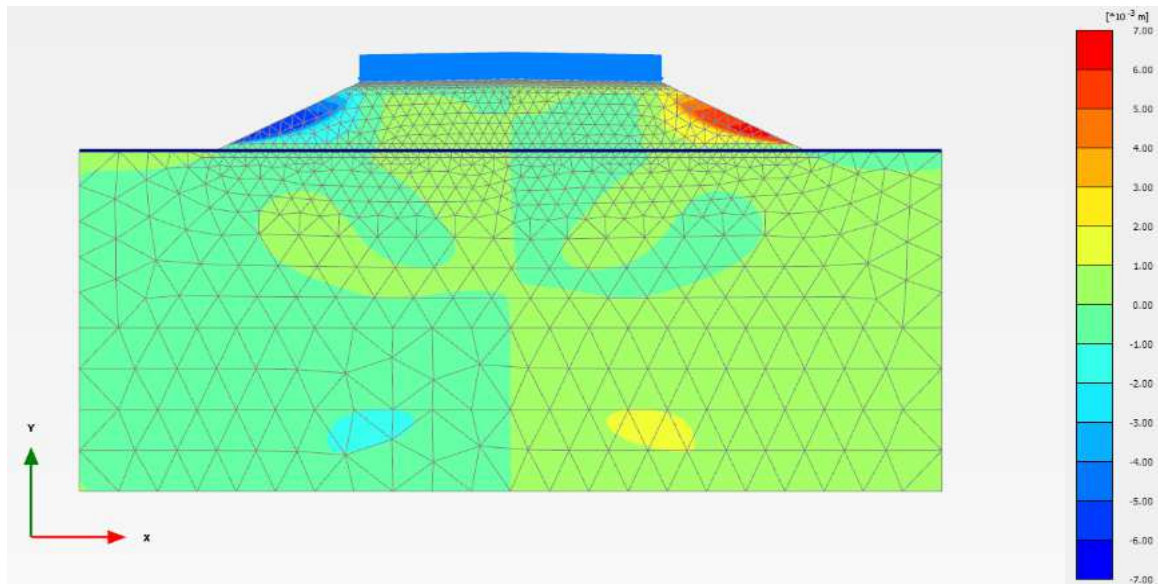


Fig V.3- Détermination du coefficient de sécurité par le plaxis

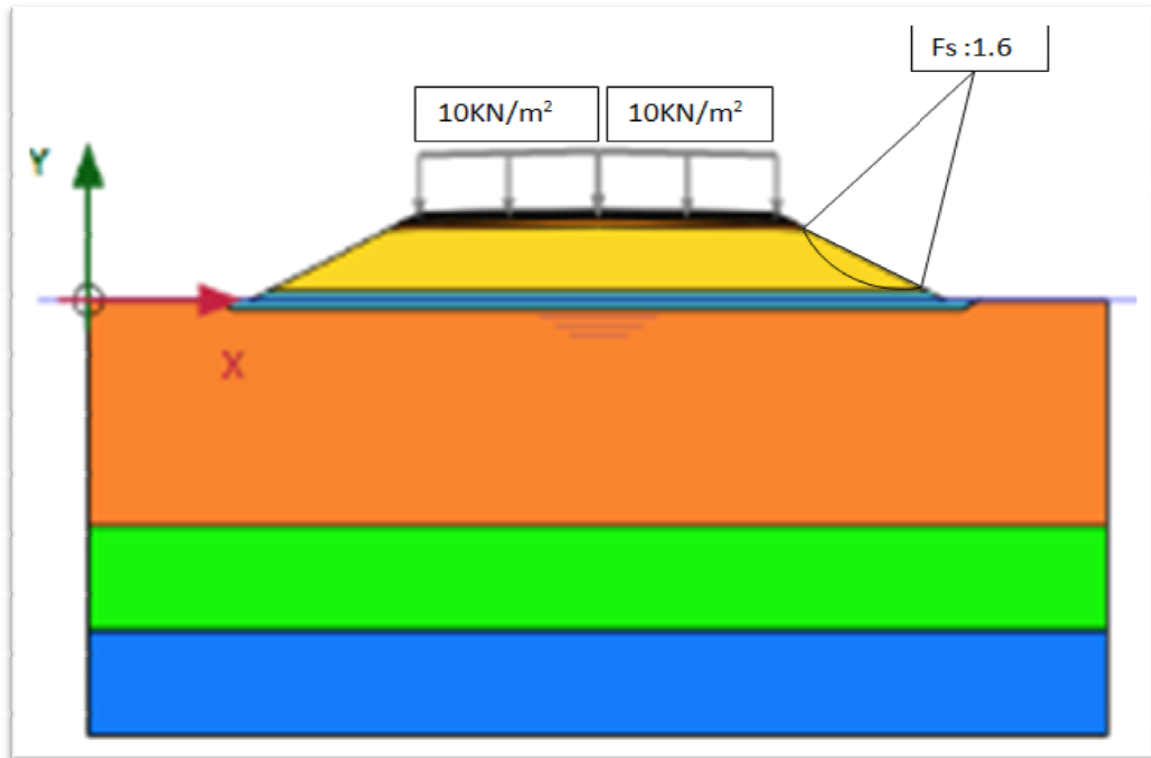


Fig V.4 -Analyse du cercle glissement après 20ans

On ne prévoit pas l'occurrence de problèmes significatifs (stabilité ou tassements) dans l'assise de la plupart des remblais. Après le décapage, les terrains auront, d'une façon générale, une portance suffisante pour l'assise de la plupart des remblais de l'autoroute.

Pour notre cas est un grand remblai sur sol compressible ( $q_{t1}$   $t_2$   $q_{t3}$ ) et essentiellement constitué de limons sableux graveleux et sable limoneux et graveleux avec fines, passant à  $80\mu\text{m} \leq 35\%$  et  $D_{\text{max}}=50\text{mm}$ ,  $IP \leq 12\%$  et à faible perméabilité les faibles déplacements horizontaux des couches ne pourraient affecter le remblai qu'après la durée de service de la structure.

Le coefficient de sécurité obtenu est de **1.6** dans le cas le plus défavorable pour notre structure c'est dire la prise en compte de l'arrivée et le retrait d'une quantité d'eau et dont le plus haut niveau (NPHE) pour la crue centennale (NPHE100ans) et de la (faible) probabilité qu'il y ait une crue centennale et du niveau élevé que celle-ci atteint, affectant sur toute la longueur du tracé la zone inférieure du remblai, on a décidé de tenir également compte des valeurs de crue pour une période de retour de 20 ans (NPHE25ans), comme c'est d'ailleurs la pratique courante pour le dimensionnement des moyens de drainage.

**Conclusion**

En générale les résultats du fs sont satisfaisants pour la solution adoptée tout en tenant compte de bien réaliser les conditions de drainage à long terme. Il est primordial de suivre de prêt l'entretien du remblai en vue de parer aux éventuels risques de glissement susceptibles de surgir après les 20 ans de service.

# CHAPITRE VI

GITES D'EMPRUNT,  
SOLUTIONS DES REMBLAIS  
ET ETUDE D'IMPACT SUR  
L'ENVIRONNEMENT

## **VI.1. Introduction**

Le présent chapitre contient les recherches des gites potentiels, les solutions des remblais dans la zone inondable et des études d'impact de notre projet sur l'environnement.

## **VI.2 Gites d'emprunt**

La réalisation d'un projet routier nécessite deux catégories de matériaux de constructions en masse qui sont :

- Matériaux pour les remblais.
- Granulats pour le corps de chaussée.

Le choix des matériaux pour les assises non-traitées est souvent imposé en fonction des disponibilités locales au voisinage du tracé, surtout lorsqu'on peut trouver des matériaux naturels en raison de leurs couts relativement bas. Cependant, dans tous les cas, il est nécessaire, en fonction de l'importance du tracé, de rechercher les caractéristiques minimales permettant à ces assises d'assurer convenablement leurs rôles.

Le présent chapitre cible les gites et carrières potentiels situés sur la zone d'étude, et a permis l'évaluation des caractéristiques qualitatives et quantitatives des matériaux. [5]

### **VI.2.1 Gites à matériaux**

Pour répondre aux besoins en matériaux du projet, quatre gites d'emprunt ont été prospectées :

#### **VI.2.1.1 Région d'Ain Ouessara**

Cette région est caractérisée par des formations meubles argileuses et sableuses du quaternaire continental, on y trouve également des dépôts lacustres du pliocène continental affleurant dans la région Nord et Nord-Ouest d'Ain Ouessara.

Le site étudié est constitué par des formations carbonatés d'origine marne (calcaire blanchâtre), représenté par une formation sableuse, finement argilo-limoneuse, avec graviers et cailloux et rares galets. Eté formation est très rependue dans cette région et présente une réserve importante [5].

#### **VI.2.1.2 Région de Boughar**

Cette région est représentée par des formations marines, constituées au centre par des travertins représentés par des calcaires blanchâtres. Ces derniers sont entourés par des marnes sableuses a rares bancs de grès avec quelques affleurements argilo-limoneux, avec graviers et cailloux avec un peu de galets. [4]

### **VI.2.1.3 Région de Boughezoul**

La région de Boughezoul est caractérisée par des dépôts alluvionnaires anciens et récents.

### **VI.2.1.4 Région de Chahbounia**

Cette région est caractérisée essentiellement :

- Au Nord par des formations de Miocène inférieur, représenté par des marnes, grès, conglomérats et argile à galets et a bancs de grès.
- Au Sud et l'Est par des affleurements, généralement, alluvionnaires récents et actuels.
- A l'Ouest, nous avons des alluvions et des cailloutis du Pliocène continental.

Le site concerné par cette présente étude, présente un faciès marin, de nature calcaire (tuf), constitué du sable graveleux avec cailloux et galets, de couleur blanchâtre à jaunâtre. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 3m de profondeur. [3]

### **VI.2.2 Carrière**

Pour les besoins du projet en agrégats, deux sites ont été prospectés. Seule la carrière de Boughezoul a été retenue.

La région de Boughezoul peut être subdivisée en deux parties :

La partie Nord est constituée par des alluvions actuels et récentes entourées par des formations d'âge Miocène inférieur présenté en grande partie par des roches meubles (marne et argiles parfois marneuses) dans lesquelles intercalent des bancs de grès grossiers, d'ordre métrique à centimétrique qui donnent des reliefs bien définis et quelques affleurements de marnes verdâtres d'âge Paléocène.

La partie Sud est essentiellement Quaternaire, représentée par les alluvions récentes anciennes constituées par des roches meubles (sable et argiles).

Le site en objet d'étude est représenté sur la carte par le relief de **Kef El Ghoula**, il s'agit d'un gisement de formation marine constitué par des calcaires blanchâtres à grisâtres durs, dont les couches se penchent vers l'Est avec une direction N-S. La partie superficielle du gisement est légèrement altérée [5].

**Nb:** des essais d'identification et mécanique ont été réalisés sur des sables (0/3), produit de concassage, pour une éventuelle utilisation en remblai.

### **III.2.3 Résultats de l'investigation (voir annexe 2)**

#### **Interprétations des investigations**

#### **➤ Gîte d'emprunt Ain Ouessara**

**Granulométrie** : L'analyse granulométrique des différents échantillons prélevés, montre que le matériau se trouve dans les classes A1 et A2. Le pourcentage des fines (<80µm), varie de 35 à 39%.

**Limites d'Atterberg** : Les limites de liquidité de ces matériaux varient entre 28.77 et 39.14%, tandis que les indices de plasticité oscillent de 1 1.8 à 18.38%.

**Optimum Proctor modifié** : Ces essais montrent que la densité optimum varie entre 1.78 et 1.84 t/m<sup>3</sup>, quant à la teneur en eau, elle varie de 12.6 à 14.3%.

**Essai CBR** : Les essais CBR, montrent que le matériau présente des indices CBR très élevés. Ces derniers sont supérieurs à 50.

Ces valeurs très élevées de l'indice CBR, peuvent être expliquées par la prise du calcaire et de gypse.

Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont faibles. [2]

➤ **Gîte d'emprunt Bougezoul**

**Granulométrie** : L'analyse granulométrique des différents échantillons montre un sol de classe A2.

Le pourcentage des passants 80µm, est assez élevé, (39 à 52%).

**Limites d'Atterberg** : Les limites de liquidité de ces matériaux varient entre 34.19 et 37.94%, tandis que les indices de plasticité oscillent de 16.19 à 17.65%.

**Optimum Proctor modifié** : Ces essais montrent que la densité optimum varie entre 1.82 et 1.93 t/m<sup>3</sup>, pour une teneur eau de l'ordre de 11%.

**Essai CBR** : Les essais CBR, montrent que le matériau présente des indices CBR inférieurs à 6. Ces valeurs sont dues au pourcentage des fines assez élevé.

Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont faibles [6].

➤ **Gîte d'emprunt Boughar**

**Granulométrie** : L'analyse granulométrique des différents échantillons montre une hétérogénéité des échantillons prélevés. En effet, au niveau du puits P1, le pourcentage des passants 80µm est de 18%' tandis que au niveau des puits P2 et P3, le pourcentage de fines est très élevé et varie de 73 à 79%.



**Limites d'Atterberg** : Les limites de liquidité de ces matériaux varient entre 38.2 et 40.12%' pour des indices de plasticité de l'ordre de 20%.

**Optimum Proctor modifié** : Les résultats de ces essais montrent que la densité optimum varie de 1.48 à 1.6 t/m<sup>3</sup>, pour une teneur eau variant entre 14.9 et 18.10%.

**Essai CBR** : Les résultats des essais CBR, montrent l'hétérogénéité des matériaux analysés. Les valeurs de l'indice CBR varient de 3 à 40.

Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont faibles.

**Nb** : Pour avoir des résultats plus ou moins homogènes, il est conseillé de procéder à l'extraction frontale qui permet d'améliorer la granulométrie [2].

➤ **Gîte d'emprunt Bougezoul (Produit de carrière)**

**Granulométrie** : L'analyse des différents échantillons montre que les matériaux sont de la classe B5, avec un pourcentage de passants 80µm, avoisinant les 20%.

**Equivalent de sable** : Les résultats indiquent un sol de propreté moyenne.

**Optimum Proctor modifié** : Ces essais montrent que la densité optimum varie entre 1.96 et 2.05 t/m<sup>3</sup>, pour une teneur eau qui varie de 7 à 8.7%.

**Essai CBR** : Les valeurs des indices CBR sont assez élevées malgré leur dispersion.

Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont très faibles à nuls. Tandis que les tassements observés sont dus à la nature sableuse du matériau [10].

➤ **Gîte d'emprunt Chahbounia**

**Granulométrie** : L'analyse granulométrique des différents échantillons montre la présence de galets supérieurs à 50 mm au niveau des puits P2 et P3, indiquant ainsi un matériau de classe Cl, alors l'échantillon du puits P1 se trouve dans la classe A2. Le pourcentage des passants 80µm, est assez élevé, (3 1.78 à 38.56%).

**Limites d'Atterberg** : Les limites de liquidité de ces matériaux varient entre 42.55 et 48.95%' tandis que les indices de plasticités, elles oscillent de 21.97 à 24.22%.

**Optimum Proctor modifié** : Ces essais montrent que la densité optimum varie entre 1.71 et 1.80 t/m<sup>3</sup>, pour une teneur eau de 1 1.3%.

**Essai CBR** : Les essais CBR, montrent des valeurs d'indices CBR de l'ordre de 15. La valeur élevée enregistrée au niveau du puits N 1, peut être expliquée par la présence de grains de graviers, qui augmente la portance du matériau.

Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont faibles avec une légère tendance au gonflement [10].

➤ **Carrière**

Le gisement objet de cette étude est une formation marine constituée par des calcaires blanchâtres à grisâtres durs, dont les couches se penchent vers l'Est avec une direction N-S. La partie superficielle du gisement est légèrement altérée [6].

**Nb**: Ce gisement est en cours d'exploitation.

Une série d'essais d'identification et mécanique a été réalisée sur des échantillons prélevés sur site. Les résultats sont résumés sur le tableau suivant :

**Tableau VI.1** : Le résultat des essais d'identification et mécanique [6]

Gravillons	Fraction	Coefficient d'aplatissement	Los Angeles		Micro Deval humide
			Echantillon 1	Echantillon 2	
	15/25	2,65	27,92	27,52	24

**VI.2.4 Estimation des réserves :**

**Tableau VI.2** : Récapitulatif de la réserve (estimative) des gîtes d'emprunt [6]

Gisement	Nature	Reserve estimative (m <sup>3</sup> )	Découverte	Conditions d'exploitation	Possibilité d'utilisation (Voir GTR)
<b>Boughar</b>	Tuf	250000	0,50cm	Favorables (excavation)	Remblai-Couche de forme
<b>Chahbounia</b>	Tuf	360000	0,30 à 0,50cm	Favorables (excavation)	Remblai
<b>Boughezoul</b>	Sable (hétérogène)	220000	0,60	Favorables (excavation)	Remblai
<b>Ain Ouessara</b>	Tuf	260000	0.30 à 0.60cm	Favorables (excavation)	Remblai-Couche de forme

**Tableau VI.3-**Tableau récapitulatif de la réserve (estimatif) de la carrière de Bougezoul [5]

<b>Gisement</b>	<b>Fraction</b>	<b>Reserve estimative (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Découverte</b>	<b>Conditions d'exploitation</b>	<b>Possibilité d'utilisation (Voir GTR)</b>
<b>Bougezoul</b>	Calcaire organogène du Miocène	5 millions	1 .00 m	Favorables (Explosifs)	Agrégats

### **VI.2.5 Matériaux pour les remblais en zone inondable et couche en tuf**

En ce qui concerne les matériaux pour les remblais en zone inondable et pour la couche en tuf, le Groupement a identifié une zone d'emprunt potentielle située à Bougezoul nouvelle ville.

D'après l'analyse des travaux d'investigation et des essais en laboratoire réalisés, il y a lieu de constater que le site comporte des tufs calcaires graveleux.

Il s'agit de matériaux avec les suivants caractéristiques principaux[3]:

- Classification LCPC-SETRA (NF P 11-300) ..... R22
- Fuseau granulométrique ..... 0/40 (classe 1-TUF1)
- Pourcentage de matériaux fins (< 80µm) ..... 17-36%
- Teneur en eau naturelle ..... 9-13%
- Indice de plasticité (IP) ..... 10-15%
- Poids spécifique sec ..... 2,1 t/m3
- Poids spécifique sec (Pmodifié corrigé) (□dmax) ..... 1,7-1,9 t/m3
- Teneur en eau optimale (Pmodifié corrigé) (WOPM) ..... 13-16%
- Indice LA (moyen) ..... 31%
- Indice Micro Deval (MDE) ..... 47%
- Indice CBR immédiate (95% de l'OPM) ..... 114%
- Indice CBR immédiate (98% de l'OPM) ..... 116%
- Indice CBR95% de l'OPM ..... 111%
- Indice CBR98% de l'OPM ..... 114%

L'analyse qualitative des matériaux provenant de cette zone d'emprunt a permis de conclure qu'il s'agit de bons matériaux de construction, avec des caractéristiques géotechniques assez bonnes pour la construction des remblais en zone inondable et des couches en tuf.

Néanmoins, ces tufs calcaires peuvent, dans certains cas, contenir une fraction argileuse importante laissant prévoir des difficultés dans la mise en œuvre, notamment au niveau du malaxage à l'eau et du compactage.

A cet effet, les matériaux exploités doivent être dépourvus de fractions argileuses, d'autant plus que les sols exigés pour une couche de forme doivent répondre à certains critères, notamment celle qui est la plus indiquée l'insensibilité à l'eau.

Pendant l'exploitation de la zone d'emprunt, on considère qu'il est nécessaire de prévoir le stockage préalable des matériaux ayant de meilleures caractéristiques, en vue de leur utilisation dans les remblais en zone inondable [7].

#### **VI.2.6 Matériaux pour la couche en GNT**

Pour l'aménagement de la couche en GNT, de fondation de la structure de la chaussée, le Groupement a identifié la carrière d'agrégats Kef El Ghoula.

Il s'agit de matériaux concassés de nature calcaire, de la classe granulaire 0/31,5 (GNT) avec les principales caractéristiques suivantes [8] :

- Classification LCPC-SETRA (NF P 11-300) .....R2
- Fuseau granulométrique ..... 0/25 (GNT 0/31,5)
- Pourcentage de matériaux fins (< 80µm) .....6-13%
- Pourcentage des éléments inférieurs à 2mm .....23-44%
- Equivalent de sable (EP) .....43-64%
- Valeur en bleu au méthylène (VBS) ..... 0,3g/100g
- Indice d'aplatissement (A) .....8-15%
- Indice-LA .....22-38%
- Indice Micro Deval (MDE) .....25-42%
- Poids spécifique sec (Pmodifié corrigé) (ρdmax) .....2,27 T/m3
- Teneur en eau optimale (Pmodifié corrigé) (WOPM) ..... 6%

L'analyse qualitative des matériaux a permis de conclure qu'il s'agit de bons matériaux pour l'aménagement de la couche en GNT [10].

### **VI.3 Solution des remblais en zone inondable**

La caractérisation géo-mécanique présentée pour les terrains traversés par le tracé en étude résulte, essentiellement de la reconnaissance géologique de surface et des différents travaux d'investigation géotechnique réalisés surtout les gites emprunts. En fin d'avoir une solution adéquate pour la réalisation du remblai dans notre zone d'étude.

#### **VI.3.1 Conditions d'assise**

En se basant sur les données obtenues dans la reconnaissance de surface et dans les travaux de prospection, on prévoit une épaisseur de terre végétale à décaper d'un minimum de 0,5m. Toutefois, cette épaisseur peut atteindre valeurs supérieures selon le lieu.

On ne prévoit pas l'occurrence de problèmes significatifs (stabilité ou tassements) dans l'assise de la plupart des remblais.

Après le décapage, les terrains auront, d'une façon générale, une portance suffisante pour l'assise de la plupart des remblais.

Un aspect important rapporté au niveau de la fondation des remblais correspond à l'éventuelle présence de la nappe d'eau proche de la surface. Cette situation pourra soulever des problèmes lors de la mise en construction des premières couches de remblai et du compactage respectif. Ces cas seront aggravés si les travaux ont lieu pendant la période des pluies.

Dans ces circonstances, on considère que la construction de la partie inférieure des remblais avec des matériaux sélectionnés (désignés couche d'enrochements), ayant des caractéristiques drainantes, est très favorable. En effet, cette solution permet d'améliorer les caractéristiques de drainage et d'augmenter la capacité de support des terrains de fondation des remblais [7].

#### **VI.3.2 Corps de remblais**

D'une façon générale, les remblais en zone inondable doivent être dimensionnés pour assurer :

- la stabilité générale de l'ouvrage ;
- l'absence de déformations préjudiciables telles que tassements, gonflements, fissuration ;
- le maintien de la portance prévue sur l'arase des terrassements ;
- la résistance à l'érosion externe ;
- la résistance aux vidanges rapides ;

- la garantie contre les conditions de renard.

Pour les remblais situés dans les zones inondables, on a adopté des remblais zonés, où les couches de la partie inférieure sont construites avec des matériaux sélectionnés (désignés couche d'engrochements – Mat.4).

La géométrie de la couche d'engrochement a été définie afin de protéger, de façon adéquate, le matériel qui constitue le corps du remblai. A cet effet et pour minimiser le volume de la couche d'engrochement, on a adopté un scénario de crue pour la période de retour de 25 ans, en distinguant deux situations[3]

- La couche d'engrochement aura une épaisseur moyenne de 1m sur toute la largeur du profil transversal, Cette situation est présentée dans la Figure VII.1.

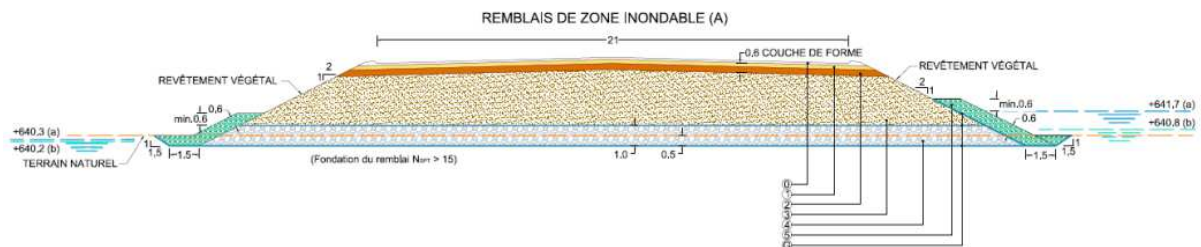


Figure VI.1 Profil type du remblai de zone inondable (A) du (PK 18+650 u PK 19+900) [2]

- La couche d'engrochement aura une épaisseur moyenne de 1m et sera complétée par l'exécution de prismes, en amont et en aval. Cette situation est présentée dans la Figure VI.2 et devra se développer sur la longueur restante.

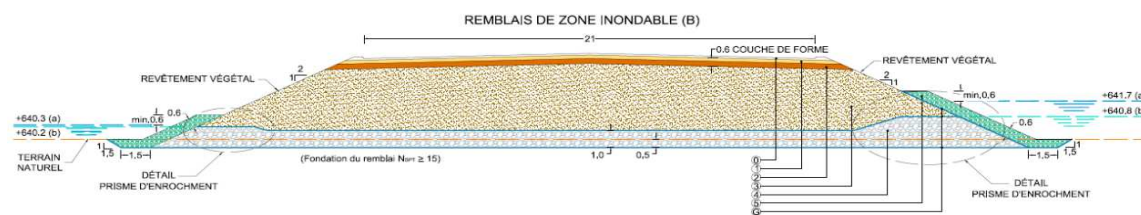


Figure VI.2 Profil type du remblai de zone inondable (B) du (PK 17+700 u PK 18+650 et du PK 19+900 u PK 22+700) [2]

Comme critère général, les matériaux de remblais en zone inondable devront être constitués de matériaux aux dimensions entre 63 mm et 500 mm, insensibles à l'eau, avec  $VBS \leq 0,1$ ,  $MDE + LA \leq 80\%$  et le passant à  $80 \mu m \leq 5\%$ . Les matériaux à utiliser devraient être composés de sols des sous classes R21, R22, R41, R42, CiB3 de la classification NF P 11-300 (GTR), de nature calcaire, gréseuse.

Le volume du corps du remblai, recouvrant couche d'enrochements, qui servira de base à la couche de forme, sera matérialisé par le matériau désigné par remblai - Mat. 3, matériau constitué par limons sableux graveleux et sable limoneux et graveleux avec fines, passant à  $80\mu\text{m} \leq 35\%$  et  $D_{\text{max}}=50\text{mm}$ ,  $IP \leq 12\%$  et à faible perméabilité. Les matériaux à utiliser devraient être composés de sols des sous-classes B5m de la classification NF P 11-300 (GTR), en provenance du déblai au pk 15+600 du côté gauche du tracé.

Le corps du remblai de la digue sera constitué par le matériel remblai (Mat. 3) et le matériel drainant qui constitue le noyau sera couche d'enrochements (Mat. 4).

Dans le but d'éviter l'érosion des tronçons de talus localisés au-dessous de la cote, on préconise l'exécution d'un masque de protection superficielle (désignée par Mat. 5). Ce masque qui a pour objectif d'éviter l'altération des matériaux des talus, lorsqu'ils sont en contact avec les eaux.

Les matériaux à employer dans ce masque de protection devront être du type R21, R22, R41, R42, CiBi de la classification NF P 11-300 (GTR), de nature calcaire, gréseuse, constitués de matériaux granulaires, insensibles à l'eau, avec  $VBS \leq 0,1$ ,  $LA + MDE \leq 80\%$ ,  $ESP \geq 35\%$ , aux dimensions entre 20mm à 500mm et le passant à  $80\mu\text{m} \leq 12\%$ .

Afin d'éviter le colmatage du matériel désigné par 4 et 5, il est fondamental d'assurer son enveloppement total dans des géotextiles (Mat. G) du type non-tissés en polypropylène.

Le terrain de fondation des remblais est caractérisé par des dépôts de terrasse ancienne du Pliocène (pc), constitués de blocs, de cailloux et de graves arrondis dans une matrice sablo-limoneuse, éventuellement, après criblage et/ou tamisage.

Basés sur les résultats obtenus dans la campagne de prospection réalisée, on considère qu'il sera suffisant de procéder au décapage du matériau de surface (minimum de 0,5 m, mais capable d'atteindre épaisseurs supérieures selon le lieu), le massif de fondation étant adéquat pour supporter les charges transmises par les remblais.

Pour l'exécution des couches du matériau désigné par remblai – A1m et B5m, on recommande le compactage par couches de 20cm d'épaisseur minimum, avec les critères suivants:

- $0,9w_{\text{OPN}} \leq W_n \leq 1,1w_{\text{OPN}}$  ;
- un compactage supérieur à 98% d'essai Proctor modifié;
- un module de déformabilité  $E_{v2}$  supérieur à 50MPa;
- une relation  $E_{v2}/E_{v1}$  inférieure à 2,0. ( $E_{v1}$  et  $E_{v2}$  sont les modules de déformabilité correspondant aux 1ers et 2èmes cycles d'essais, respectivement).

### **VI.3.3 Couche en GNT et couche en TUF**

#### **VI.3.3.1 Solution adoptée**

La couche de forme servira de support aux structures d'assise et devra permettre la mise en œuvre de la sous-couche.

Compte tenu des matériaux d'emprunt disponibles dans la zone et de l'expérience antérieure dans leur utilisation dans d'autres ouvrages, l'exécution de la couche de forme, avec environ 0,5m d'épaisseur totale, sera divisée en deux, à savoir:

- Une couche supérieure désignée «couche en GNT» (Mat. 1) avec 0,20m d'épaisseur et composée par un matériau concassé, avec fuseau de spécification 0/31,5;
- Une couche inférieure désignée «couche en tuf» (Mat. 2) avec 0,40m d'épaisseur et constituée par les meilleurs matériaux provenant de l'excavation en ligne ou d'emprunt, notamment le tuf calcaire avec fuseau de spécification 0/40 [3].

Les matériaux à employer dans la «couche en GNT» devront être du type R21 de la classification NF P 11-300 (GTR), constitués de matériaux granulaires avec  $LA + MDE \leq 28 + 35$ ,  $D_{max}=20mm$ , le passant à  $80\mu m \leq 10\%$  et  $ES \geq 40\%$ .

Les matériaux désignés «couche de tuf» devront être constitués de matériaux granulaires, avec  $LA + MDE \leq 31 + 46$ ,  $D_{max}=40mm$ , le passant à  $80\mu m \leq 25\%$  et  $IP \leq 15\%$ . Les matériaux à utiliser doivent être composés de sols des sous classes R22 de la classification NF P 11-300 (GTR).

De façon à respecter les présupposés adoptés en phase d'Avant-projet Détaillé (APD), il faudra que la couche de forme garantisse les caractéristiques d'une plateforme de type PF3 (classification GTR). De la sorte, le module de déformabilité de l'ensemble qui constitue la couche de forme devra avoir des valeurs égales ou supérieures à 120MPa.

#### **VI.3.4 Contrôle de construction**

Afin d'assurer que les concepts, présupposés et conception associés aux solutions proposées sont effectivement observés après la construction des remblais et de la couche de forme, il sera nécessaire d'effectuer une série d'essais pour valider les propriétés clé des solutions, selon les valeurs du Tableau VI.4 [4]



**Tableau VI.4** Fréquence proposée pour les essais de contrôle des propriétés des matériaux

Essai	Fréquence
Granulométrie	1-2 pour 1000 m <sup>3</sup> ou quand le sol varie
Limites d'Atterberg	1-2 pour 1000m <sup>3</sup> ou quand le sol varie
Essai de compactage	1-2 pour 1000m <sup>3</sup>
Teneur en eau "in situ"	1-5 pour 1000m <sup>3</sup>
Densité sèche "in situ" (compactage relatif)	1-5 pour 1000m <sup>3</sup>
Essai à la plaque (1)	2 pour 500m
Essai à la plaque (2)	2 pour 500m

(1) Essais réalisés au sommet du remblai, à la surface de la PST

(2) Essais réalisés au sommet de la couche de forme, à la surface de la «couche de fondation

### **VI.3.5 Considérations finales**

Les solutions présentées devront être confirmées dans la phase d'exécution des travaux en fonction des résultats obtenus des remblais expérimentaux et des opérations de contrôle de construction, prévus, respectivement, avant le début des travaux et pendant leur exécution.

En fonction des résultats obtenus, s'il s'avère nécessaire de faire la révision de l'étude soumise, justifiant convenablement les options prises.

## **VI.4 Etudes d'impacts sur l'environnement**

L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio économique politiques, de rapidité et sécurité d'une circulation routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement .Au-delà d'un certain seuil, des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause [8].

### **VI.4.1 Cadre juridique**

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure routière en Algérie, se fait conformément au décret n° 7-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;

- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, à moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet, projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des couts correspondants [9].

#### **VI.4.2 L'environnement au niveau de l'étude préliminaire :**

L'étude d'impact est indispensable pour évaluer les avantages et les inconvénients résultants de chacun des tracés possible de l'autoroute surtout lorsque les impacts sont difficilement quantifiable militairement.

Donc l'étude d'impact apporte des éléments de comparaison supplémentaires pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagées au niveau de l'étude préliminaire.

L'analyse des impacts a été abordée à travers les paramètres de l'environnement ayant un enjeu important, à savoir l'agriculture, milieu forestier, l'urbanisation et le milieu rural [8].

#### **VI.4.3 Evaluation de l'impact sur l'environnement :**

Le tableau d'évaluation d'impacts résume les impacts générés par l'ouvrage pour chacun des vecteurs environnementaux, l'évaluation sur les différents paramètres, les mesures correctrices ou d'atténuations à réaliser et l'impact résiduel qui affectera finalement le milieu, une fois les mesures exécutés.

- **Traitement sur terrain :**

Pour lutter contre les glissements on doit :

Planter des arbres au niveau du talus et des pentes.

- **La sécurité :**

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Planter des passerelles au niveau d'agglomération.

- Réaliser des trottoirs.

- Equiper les frontières des ouvrages par des dimensionnements convenables (largeur de trottoir, hauteur de la glissière, etc....)

- Pour les sorties d'engins des chantiers, des carriers et des usines, des panneaux de signalisation seront implantés

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des intersections.

- Des panneaux de signalisation seront implantés.

La sécurité des animaux : dans notre projet on a un dalot 2m\*2m sera implanté et permettre le passage des animaux sauvages de nuit et les animaux domestiques en période diurne. L'aménagement de tels ouvrages évitera au maximum la traversée d'animaux et par conséquent le risque d'accidents.

- **Méthodologie du choix de type des plantes :**

La méthodologie suivie afin de pouvoir porter un choix sur un type donné de plantes se résume comme suit :

- La connaissance au préalable des caractéristiques pédoclimatiques de la région.
- Choisir des espèces végétales disponibles localement.
- L'implantation doit préserver la visibilité.

A cause de l'absence de normes propres à ce contexte, les distances entre plantes sont définies du point de vue de l'intégration esthétique dans le paysage.

**NB : Évaluation des impacts sur l'environnement (voir annexe 3) [3]**

## **VI.5 Conclusion :**

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, et écologiques.

Les différents résultats obtenus lors de la campagne géotechnique menée aux alentours du projet, ont permis de mettre en évidence quatre zones d'emprunt.

Ces matériaux entrent dans les classes A1, A2, B5 et C1, selon la classification GTR, ils renferment de sable fin argileux, avec cailloux et galets.

Les tufs calcaire et sable calcaire que nous qualifions d'acceptables pour une éventuelle utilisation en remblais en période sèche ou peu humide et aussi pour qu'ils soient de qualité.



**CONCLUSION  
GENERALE**

## Conclusion Générale et Recommandations

---

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la RN1. Cette étude d'APD nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans un relief difficile où nous a été confié un tronçon routier.

Une bonne connaissance des caractéristiques physico-mécaniques du sol support, de la nature du trafic routier et des tracés géométriques sont parties prenantes pour le dimensionnement ainsi que les problèmes de stabilités et les conditions de l'environnement. De plus une élaboration des solutions aux remblais adéquates utilisées dans la zone inondable afin de parer les remontés des eaux en temps de crue.

L'ingénieur routier est appelé à faire un dimensionnement qui tient rigoureusement compte de deux volets :

- ✓ un bon usage technique pour une meilleure qualité de la structure à réaliser ;
- ✓ une bonne gestion économique pour l'étude tout entière et pour l'entretien ultérieur.

La structure finale choisie dans ce travail respecte les volets soulignés par son épaisseur minimale comparée à la structure routière dimensionnée par le catalogue Algérien, elle peut résister aux charges verticales transmises en les répartissant en contraintes de traction-compression dans la couche de roulement et de base.

Le modèle élaboré par le Plaxis10 a présenté des déplacements verticaux et horizontaux acceptables pour notre structure. On constate une déformation plus élevée dans les couches de chaussées provoquées par les charges dynamiques, que la déformation produite par les charges statiques. Ces déformations restent acceptables, car n'entraînent pas de glissement pour toute la durée de vie de la structure, mais au delà de 25ans certains problèmes de stabilité peuvent apparaître au niveau du remblai.

Néanmoins, il est toujours important de faire un suivi de l'évolution de son fonctionnement après quelques années de service.

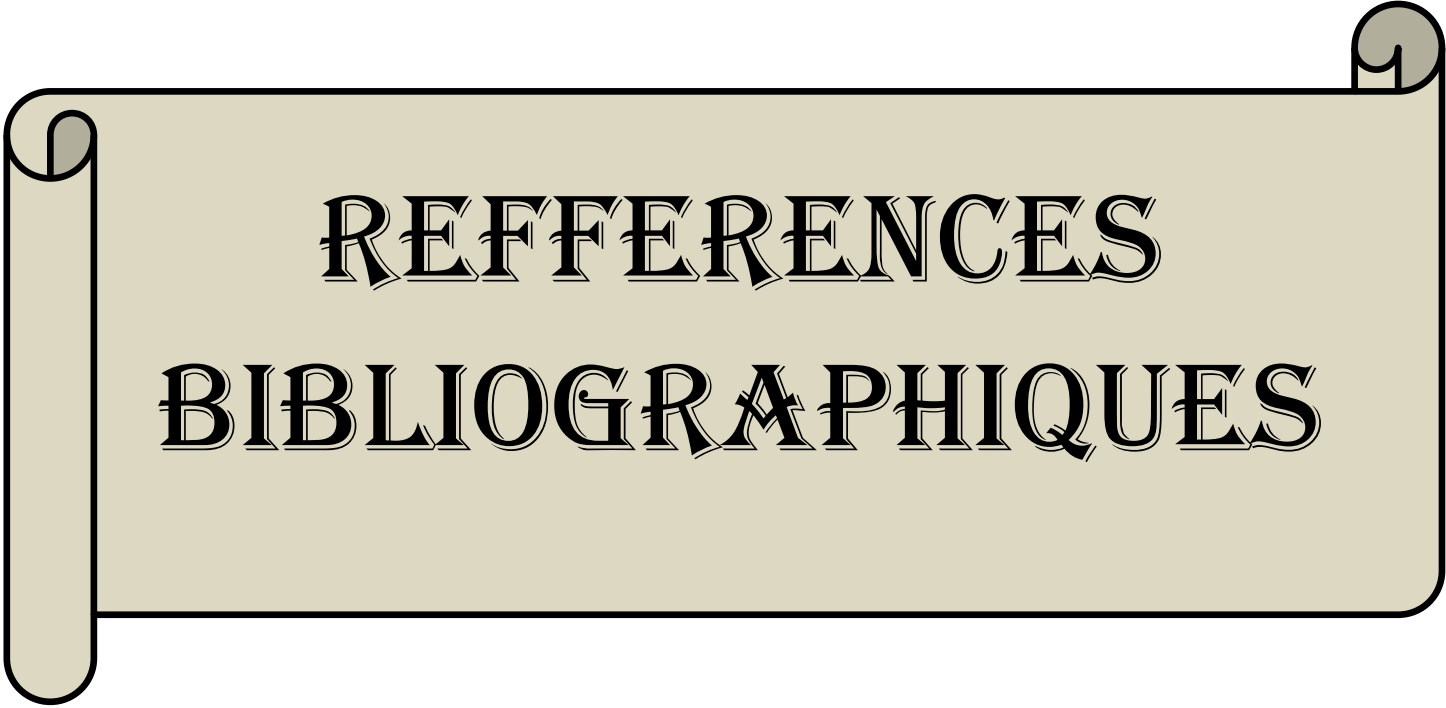
### **À la lumière de ce travail nous recommandons les points suivants :**

- ✓ Vérifier la variation du module de bitume sous l'effet de la variation de la température surtout nécessaire pour la région marquée par une température élevée en été ;
- ✓ Vérifier la variation du module sous l'effet de la durée d'application des charges, une investigation peut être effectuée à ce sujet sur les anciennes chaussées souples et évaluer les types de déformations qui se sont développées et leurs temps d'apparition ;
- ✓ Effectués des campagnes de reconnaissances dans les carrières et les oueds pour assurer la qualité et les quantités des matériaux de construction (calcaire dur et granite) des différentes couches et surtout pour la couche de base et la couche de fondation ;
- ✓ Une bonne réalisation des systèmes de drainage des eaux de surface pour assurer la protection des sols support contre les écoulements qui accélèrent les déformations dans la structure de chaussée ;
- ✓ Évaluer le comportement à la fatigue des couches.

## Conclusion Générale et Recommandations

---

- ✓ La vérification des conditions de compactages dans le laboratoire et sur terrain pour s'assurer du bon fonctionnement de la structure et le choix des engins de compactage et surtout il faut bien respecter les valeurs des épaisseurs trouvées lors du dimensionnement ;
- ✓ La plasticité très élevée du sol support entraîne des fissures dans les chaussées souples, il faudrait adopter la classification GTR pour déterminer la nature du sol et pour les entretiens antérieurs.
- ✓ Une comparaison avec les nouvelles méthodes de dimensionnement afin d'estimer une prolongation possible de durée de service et une potentielle augmentation de portance et une réduction des épaisseurs des couches. Ces méthodes sont basées sur l'utilisation de matériaux plus résistants et plus rentables comme:
  - BBA : béton bitumineux aéronautique (NF P 98-131),
  - BBD : béton bitumineux drainant (NF P 98-134),
  - BBM : béton bitumineux mince (NF P 98-132),
  - BBME : béton bitumineux à module élevé (NF P 98-141),
  - BBSG : béton bitumineux semi-grenu (NF P 98-130),
  - EME : enrobés a modules élevés (NF P 98-140).



**REFFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Les Références Bibliographiques

[1] Donnée géotechnique ; géométrie et les trafics (DTP de Médéa)

[2] Statique hydraulique et hydro climatique(A.N.R.H)

[3] Mémoires de fin d'étude« (E.N.T.P) 2011

[4] Conception et calcul des ouvrages géotechniques, Bouafia Ali

[5] Les essais in-situ dans projets de fondations, Bouafia Ali

[6] Mémoires de fin d'étude « étude géotechnique d'un tronçon d'une voie expresse bous mil Cherchell sur 16km (université de Chlef) 2011.

[7] Catalogue de Dimensionnement Algérien (Catalogue de Dimensionnement des Chaussées neuves : Novembre 2001) : Fascicule 2 : Hypothèses et Données de Dimensionnement.

[8] **SETRA** : Guide Technique Aout 1994 : Recommandations Techniques pour la conception Générale et la géométrie de la route.

[9] **SETRA** : Guide Technique : Renforcement des chaussées– Diagnostic.

[10] Recommandations pour les terrassements routiers L.C.T.P 2001.

Utilisation des sols en remblai et en couche de forme.

Compactage des remblais et de couches de forme.

### Les normes utilisées :

Essai de la teneur en eau selon la norme **NF P 11-300**;

- Détermination des limites d'Atterberg selon la norme **NF P-94.051** Mars **1993** ;
- Analyse granulométrique par tamisage Norme **NF P-94.056** Mars **1996** ;
- Détermination des caractéristiques de compactage de sol : Teneur en eau optimal et la densité sèche optimal : Proctor Modifié Norme **NF P-94.093** Octobre **1999**.
- L'essai mécanique CBR APRES IMMERSION : Norme **NF P-94.078** Mai **1997**
- Essai du bleu de méthylène selon la norme **NF EN 933-9** Aout **1999** et **NF P 94-068** Octobre **1998**.
- **BBA** : béton bitumineux aéronautique (**NF P 98-131**),
- **BBD** : béton bitumineux drainant (**NF P 98-134**),
- **BBM** : béton bitumineux mince (**NF P 98-132**),
- **BBME** : béton bitumineux à module élevé (**NF P 98-141**),
- **BBSG** : béton bitumineux semi-grenu (**NF P 98-130**),
- **EME** : enrobés a modules élevés (**NF P 98-140**).





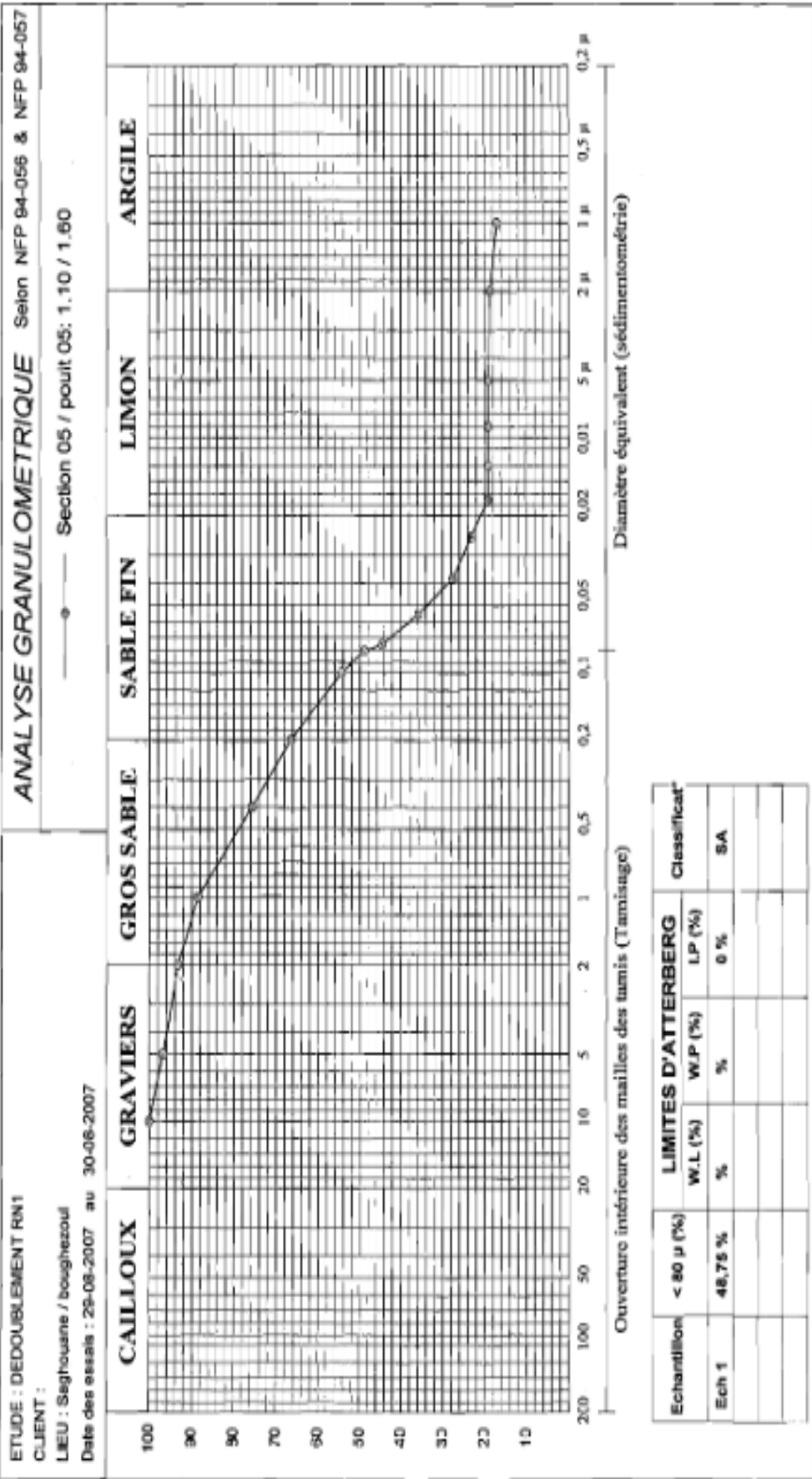
# LES ANNEXES

**ANNEXES**

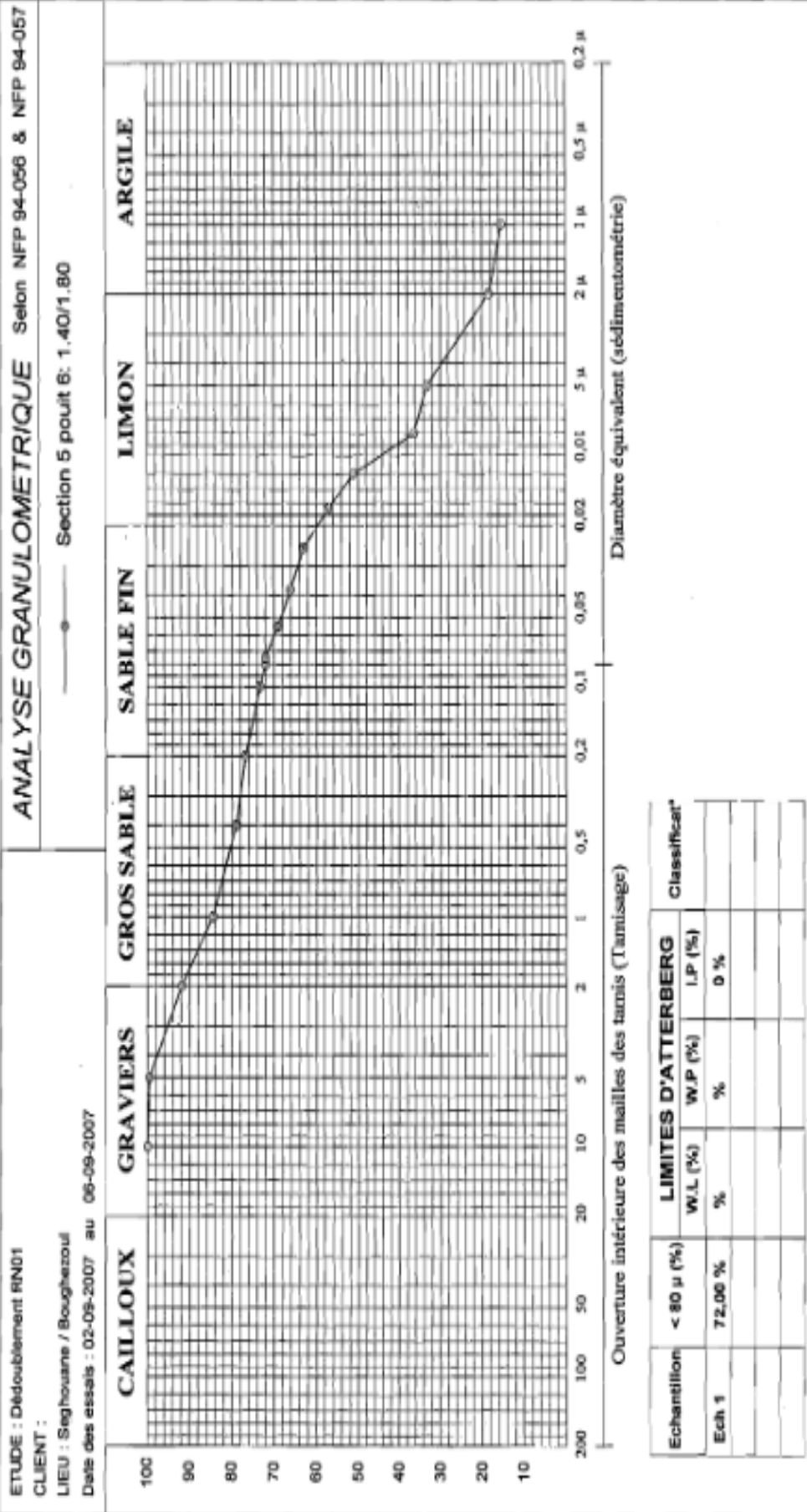
**Annexe 1**

Puits N°		P5	P6	P7	P8	
<b>Section</b>		5	5	5	5	
<b>PK</b>		19+175	19+975	21+300	21+900	
<b>Profondeur (m)</b>		1.10-1.60	1.40-1.80	0.60-1.20	1.8-3	
<b>Classe du sol selon GTR</b>		<b>A3</b>	<b>A3</b>	<b>A2</b>	<b>A2</b>	
<b>Teneur en eau : (%)</b>		19.75	17.24	16.54	9.82	
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	97	100	81	0	
	<b>% des passants à 2 mm</b>	93	92	76	100	
	<b>% des passants à 0.40 mm</b>	76	79	59	95	
	<b>% des passants à 80 µm</b>	49	72	49	59	
<b>Limites D'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WL(%)</b>	72.27	58.36	43.98	36.67	
	<b>Indice de plasticité Ip (%)</b>	29.58	36.26	21.98	19.03	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m<sup>3</sup>)</b>	1.81	1.81	21.24	2.05	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	15.70	16.50	2.07	7.30	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	1.77	1.79	5.10	2.09
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	2.39	4.78	2.10	7.76
		<b>Gonflement (%)</b>	6.35	6.85	2.05	0.55
	<b>25 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	1.67	1.58	3.50	1.98
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	7.19	5.24	2.01	7.12
		<b>Gonflement(%)</b>	8.18	8.53	1.70	1.98
	<b>10 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	1.57	1.53	3.97	1.83
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	4.26	3.30	3.86	3.15
		<b>Gonflement(%)</b>	6.40	8.48	1.05	1.65
	<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>	4.18	4.4	2.65	3.15
	<b>Classe de portance (sol support)</b>		<b>S4</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>	<b>S4</b>

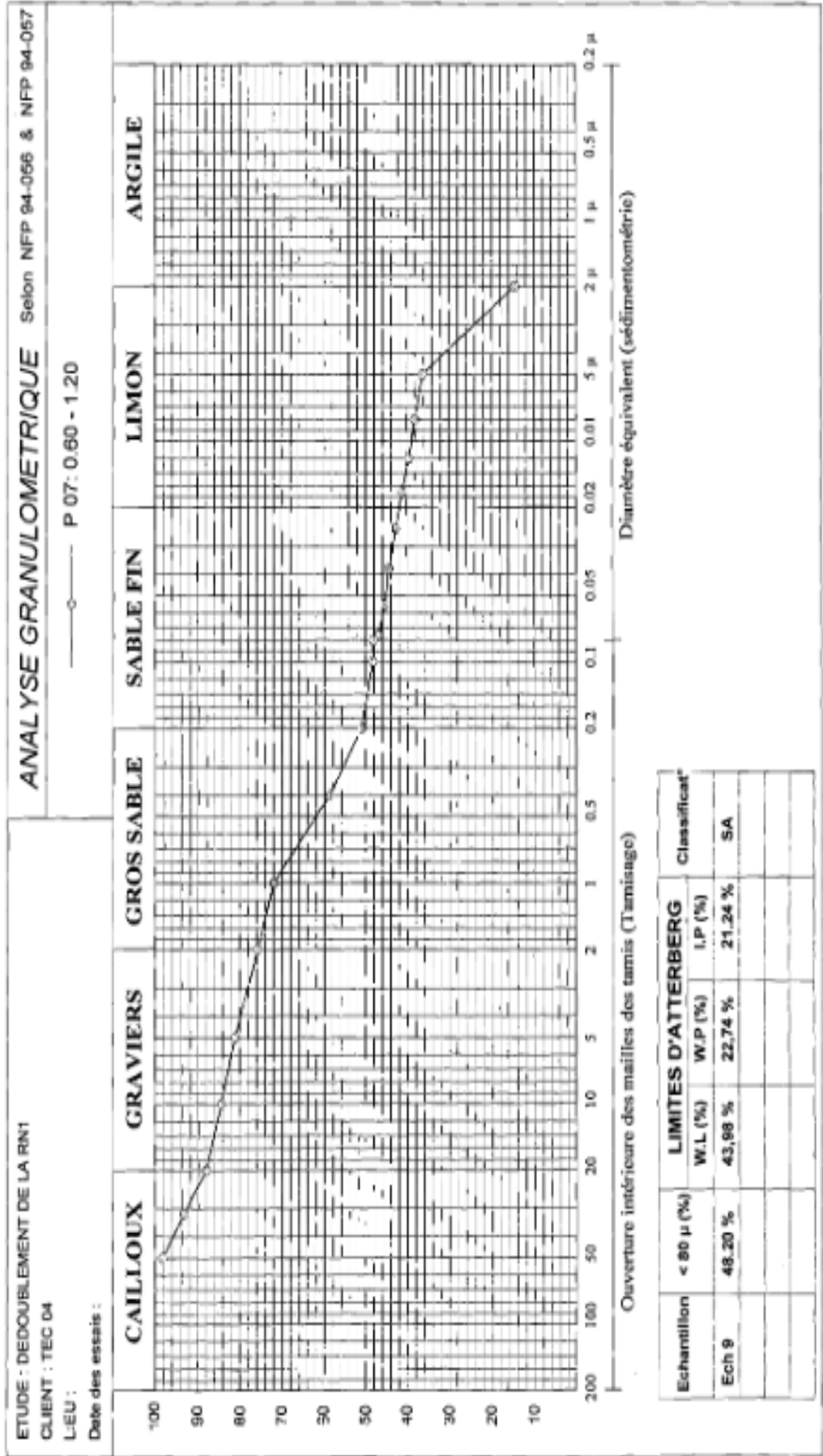
المختبر المركزي للأبحاث المعمورة  
**LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS**



المختبر المركزي للأخصصال السموية  
**LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS**

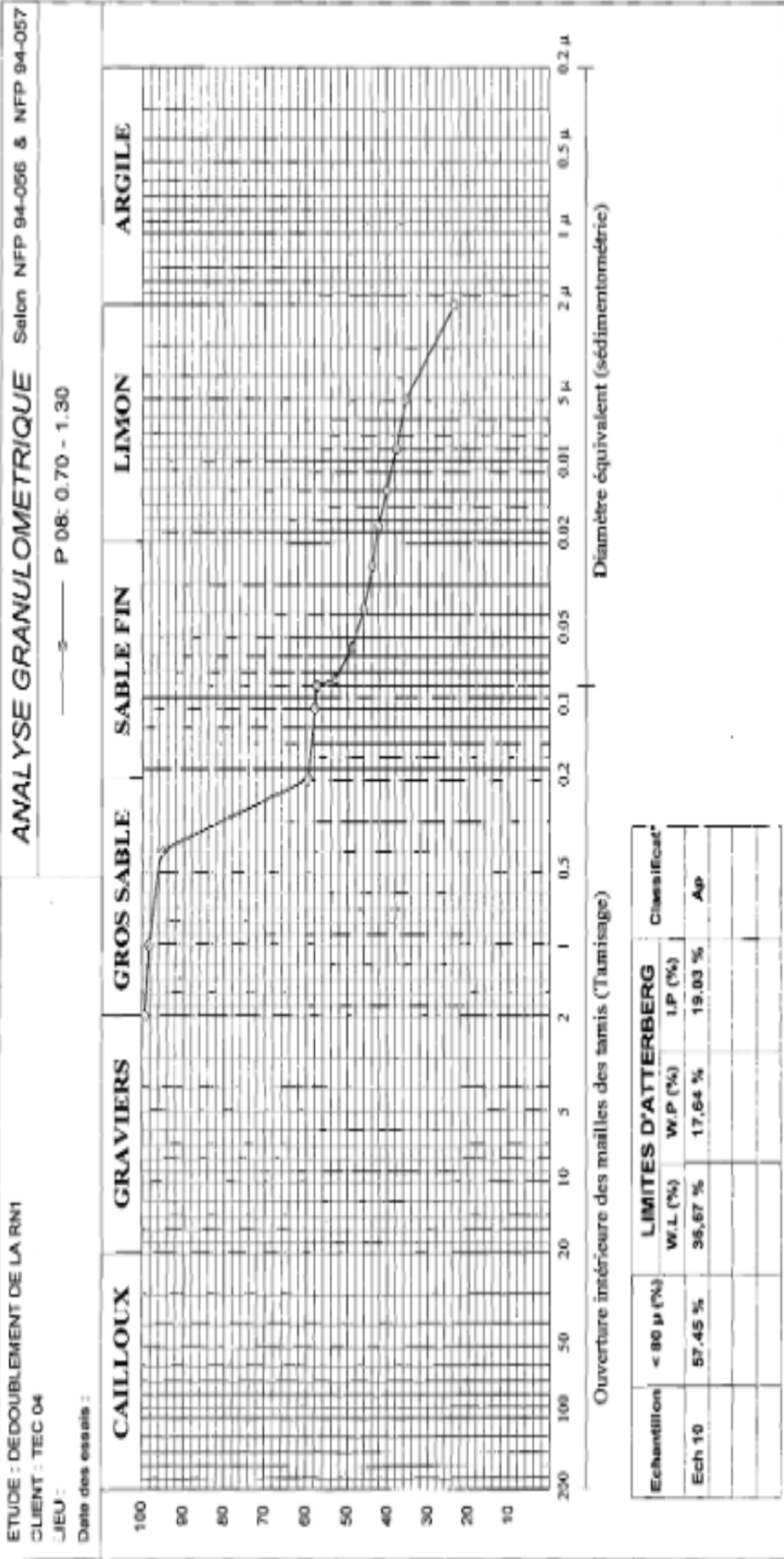


المختبر المركزي للأبحاث المعمورة  
**LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS**





المعهد المركزي للأعمال العمومية  
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS





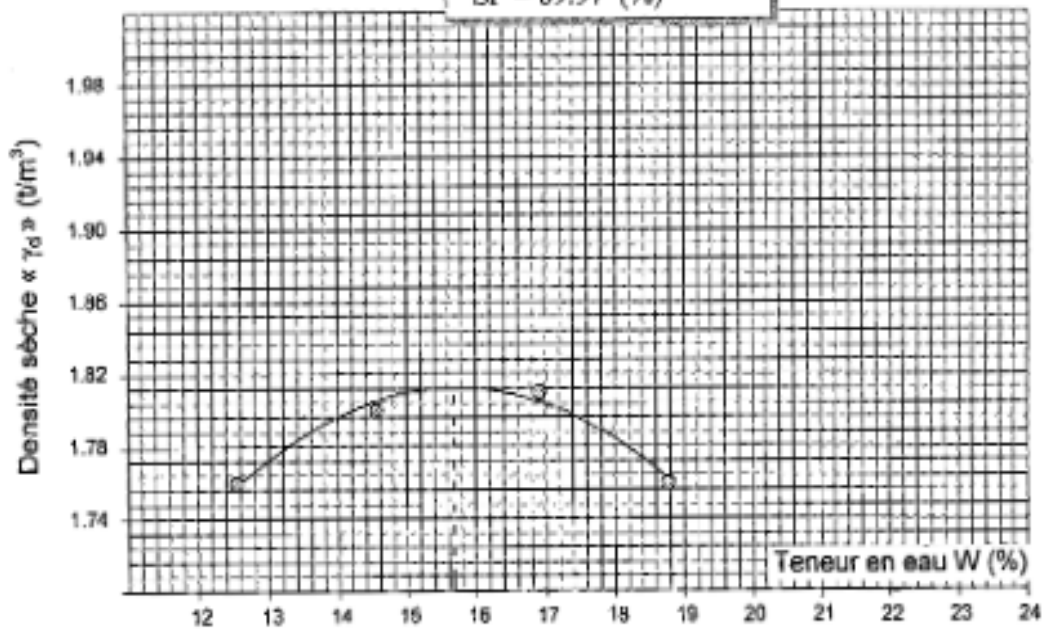
RAPPORT D'ESSAI

ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

Etude : Dédoublément RN1  
 N°Dossier : 31.07.0098  
 Lieu : SEGHOUANE/BOUGHEZOU  
 Client :  
 Date essai :

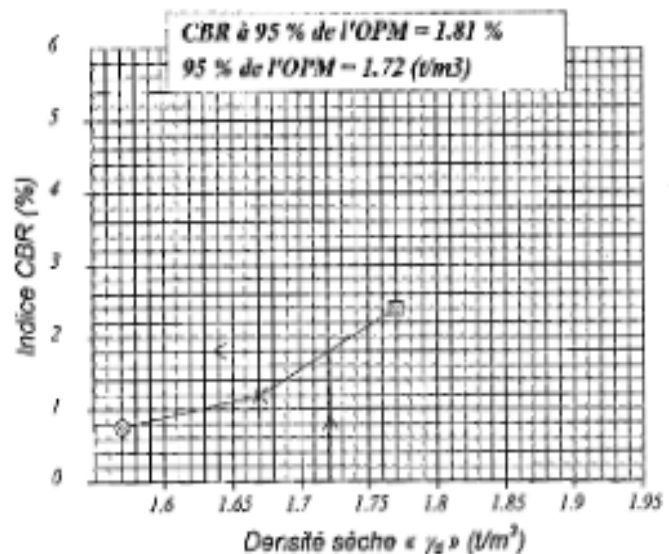
Réf. : Section05/Puit05  
 Profondeur : 1.10/1.60  
 Nature :  
 Type Essai : PROCTOR Modifié  
 Type Moule : Moule CBR

$\hat{\gamma}_d \text{ max} = 1.81 \text{ (t/m}^3\text{)}$   
 $W_{opt} = 15.7 \text{ (\%)}$   
 $S_r = 89.97 \text{ (\%)}$



	10 C/C	25 C/C	56 C/C
W (%)			
Sr (%)			
$\gamma_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	1,57	1,67	1,77
CBR (%)	0,76	1,19	2,39

- 10 Coups / Couche
- × 25 Coups / Couche
- 56 Coups / Couche



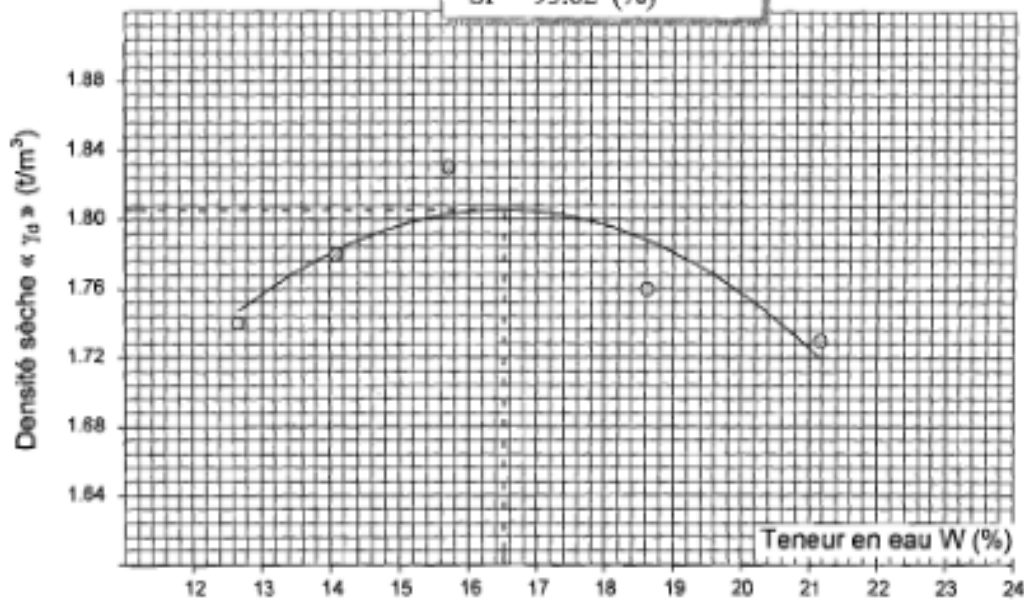


RAPPORT D'ESSAI  
ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

Etude : Dédoublement RN1  
N°Dossier : 0.31.07.0098  
Lieu : Saghoune/Boughezoul  
Client :  
Date essai :

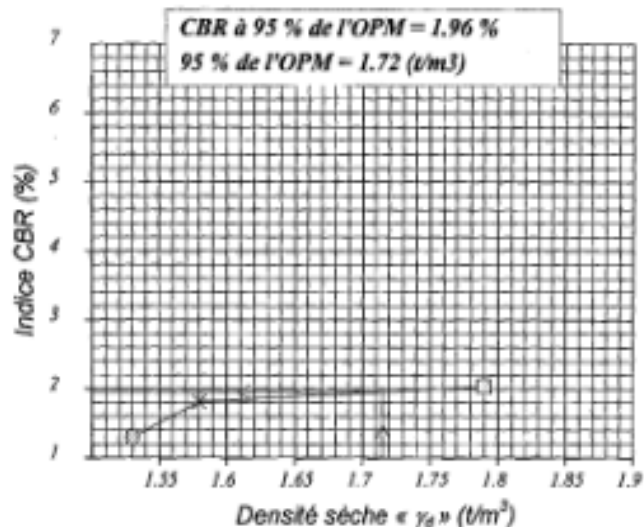
Réf.: Section 05/P06  
Profondeur : 1.40/1.80  
Nature :  
Type Essai : PROCTOR Modifié  
Type Moule : Moule CBR

$\gamma_d \text{ max} = 1.81 \text{ (T/m}^3\text{)}$   
 $W_{opm} = 16.5 \text{ (\%)}$   
 $Sr = 93.62 \text{ (\%)}$



	10 C/C	25 C/C	56 C/C
W (%)			
Sr (%)			
$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1,53	1,58	1,79
CBR (%)	1,30	1,82	2,04

○ 10 Coups / Couche  
× 25 Coups / Couche  
□ 56 Coups / Couche





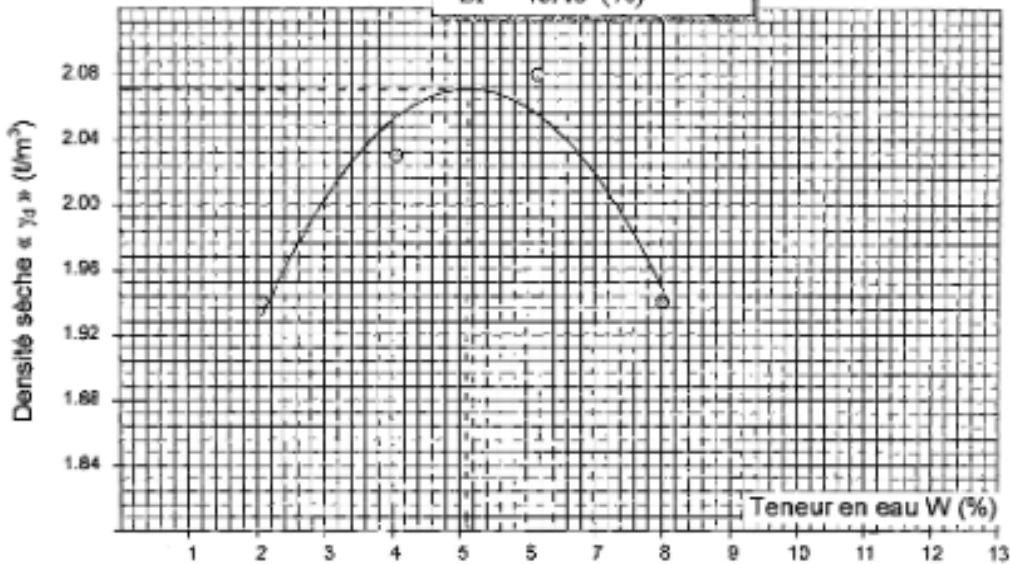


RAPPORT D'ESSAI

ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

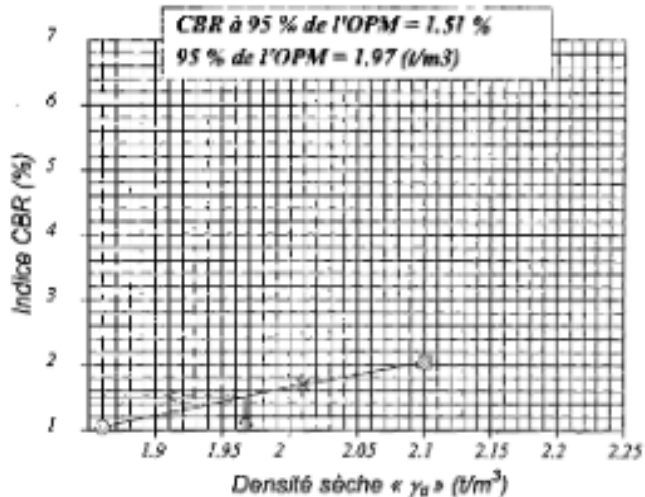
Etude : DEDOUBLEMENT DE LA RN1 (Section évitement Réf: P07Jl)	Profondeur : 0.6 - 1.2 m
N°Dossier : 31.07.0098	Nature :
Lieu : BOUGHEZOUL	Type Essai : PROCTOR Modifié
Client : TEC4	Type Moule : Moule CBR
Date essai :	

$\gamma_d \text{ max} = 2.07 \text{ (T/m}^3\text{)}$   
 $W_{opt} = 5.1 \text{ (\%)}$   
 $S_r = 48.46 \text{ (\%)}$



	10 C/C	25 C/C	56 C/C
W (%)			
Sr (%)			
$\gamma_d$ ( $\text{t/m}^3$ )	1,86	2,01	2,1
CBR (%)	1,05	1,70	2,05

- 10 Coups / Couche
- × 25 Coups / Couche
- ⊗ 56 Coups / Couche





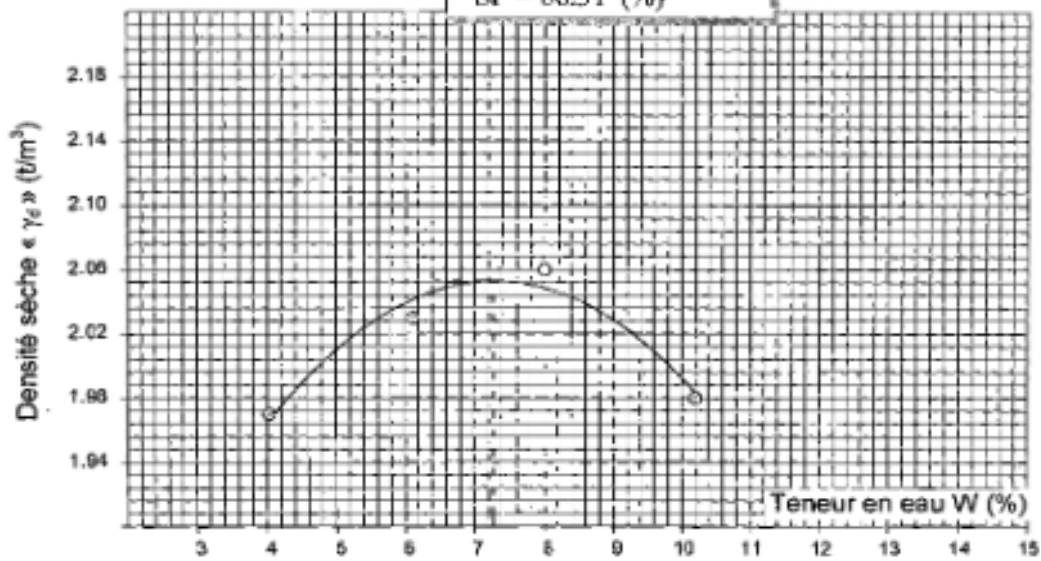
المخبر المركزي للأشغال العمومية  
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

RAPPORT D'ESSAI

ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

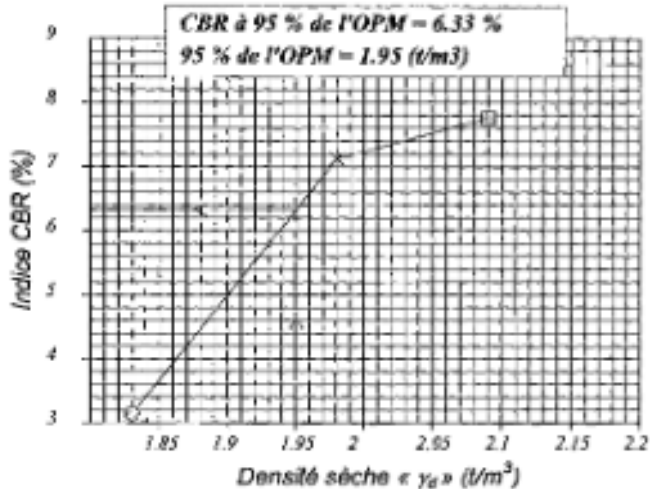
Etude : DEDOUBLEMENT DE LA RN1 (Section évitement	Réf. : P 081)
N°Dossier : 31.07.0098	Profondeur : 0.70 - 1.30 m
Lieu : BOUGHEZOUL	Nature :
Client : TEC4	Type Essai : PROCTOR Modifié
Date essai :	Type Moule : Moule Proctor

$\gamma_d \text{ max} = 2.05 \text{ (T/m}^3\text{)}$   
 $W_{opt} = 7.3 \text{ (\%)}$   
 $S_r = 66.31 \text{ (\%)}$



	10 C/C	25 C/C	56 C/C
W (%)			
Sr (%)			
$\gamma_d \text{ (t/m}^3\text{)}$	1,83	1,98	2,09
CBR (%)	3,15	7,12	7,76

- 10 Coups / Couche
- × 25 Coups / Couche
- 56 Coups / Couche



## ANNEXES

**Résultat des sondages : OA** (sondage préssiométrique); **SC** (sondage carotté); **S** (essai de pénétration) ;

Sondage n°	Localisation (pk)	Objet	Formation géologique	Profond. max. (m)	Niveau d'eau (m)	Nature géologique	Prof. (m): N <sub>spr</sub> (n° phase) = coups	Taux de récupération (%)
SC04	22+780	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	20,0	-	Intercalation de sable fin à grossier et argile sableuses avec traces de graviers et des inclusions carbonatées.	6,8m: N <sub>spr</sub> =34	33-100%
SC05	22+740	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	20,0	-	Intercalation de sable fin, sable argileuse et argile sableuses, carbonaté, avec quelques petits graviers de calcite par endroit.	3,0m: N <sub>spr</sub> =24	33-96%
SC06	19+700	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	20,0	-	argile peu sableuse carbonatée, avec présence des inclusions d'évaporites par endroit et passage d'argile très sableuse.	-	30-97%
SC07	17+390	Remblai	Qt	20,0	-	Sable fin carbonaté avec quelque gravier et galets	-	30-97%
S101	18+545	Remblai	Qt	20,0	9,0	Intercalation de sable fin à moyen peu argileux et graveleux, de argiles carbonatées riche en inclusions gypseuses, carbonaté.	10,5m: N <sub>spr</sub> =56	40-100%
S102	19+990	Remblai	Qt	20,0	11,0	Argiles sablo-limoneuses referment des traces d'oxydation et inclusions gypseuses	1,5-6,0m: N <sub>spr</sub> =11 à >60	87%
S103	21+310	Remblai	Qt	19,0	12,0	Intercalation de sable limoneux argileux et graveleux et sable graveleux caillouteux	6,0-16,5m: N <sub>spr</sub> =15 à >60	68%
S104	21+930	Remblai	Qt	18,0	13,55	Intercalation de limons sableux, argiles limono-sableuses avec traces de gypse, sable limoneux, argiles sableuses et sable graveleux.	1,5-16,5m: N <sub>spr</sub> =5 à >60	68%
OA 17.9-1	17+910	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	6,0	Intercalation de limons sableux, argiles limono-sableuses referment des inclusions gypseuses, sable fin à grossier limono argileux graveleux, argiles mameuses et sable graveleux caillouteux.	1,5-19,0m: N <sub>spr</sub> =5 à >60	40-99%
OA 17.9-2	17+340	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	6,0	Intercalation de limons sableux, argiles sablo-limoneuses, sable fin à grossier, sable graveleux et sable limoneux.	2,0-15,5m: N <sub>spr</sub> =8 à >60	40-98%
OA 18.5-1	18+470	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	7,5	Intercalation de sable limoneux avec traces de gypse, sable fin à grossier, sable graveleux par endroits caillouteux et argile sableuse.	10,5-22,0m: N <sub>spr</sub> =14-29	50-95%
OA 18.5-2	18+540	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	7,5	Intercalation de sable argilo-limoneux par endroit graveleux-caillouteux, argile sablo-limoneuse, sable fin à grossier, argile mameuse et sable graveleux-caillouteux.	19,0m: N <sub>spr</sub> =50	50-92%
OA 19.6-1	19+590	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	9,0	Intercalation d'argile-sablo-limoneuse avec inclusions gypseuses, sable fin argileux graveleux, argile sableuse referment des passages sableux et caillouteux par endroit et argile mameuse	-	30-95%
OA 19.6-2	19+650	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	9,0	Intercalation d'argile sableuse avec trace inclusions gypseuses, sable argileux, sable graveleux-caillouteux et sable fin à moyen referment de passages d'argile.	-	30-95%
OA 22.7-1	22+705	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	3,5	Intercalation de limons argilo-sableux, sable fin à grossier argileux graveleux par endroit, sable graveleux, argile sableuse et sable limoneux.	21,0m: N <sub>spr</sub> =26	66%
OA 22.7-2	22+831	Ouvrage d'arr / remblai	Qt	30,0	3,5	Intercalation de limons argilo-sableux, sable fin argileux, sable graveleux, argile sableuse et sable limono-argileux.	-	85%
						Intercalation de sable fin à grossier argilo-limoneux et sable argilo-limoneux peu graveleux	6,0-16,0m: N <sub>spr</sub> =18 - >60	60-95%
						Intercalation d'argile-sablo-limoneuse et argile mameuse avec passages sableux.	-	83%
						Intercalation de sable limoneux graveleux, sable fin à grossier, argile limono-sableuse et argile mameuse	7,4-18,0m: N <sub>spr</sub> =37 - >60	50-95%



**ANNEXES**

**Annexe 2**

<b>Gîte d'emprunt Ain Ouessara</b>		P1	P2	P3	
<b>Classe du sol selon GTR</b>		A1	A2	A2	
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	98	98	85	
	<b>% des passants à 2 mm</b>	74	95	77	
	<b>% des passants à 0.40 mm</b>	65	92	68	
	<b>% des passants à 80 µm</b>	35,45	38,37	42,08	
<b>Limites D'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WL(%)</b>	28,77	39,14	39,1	
	<b>Indice de plasticité Ip (%)</b>	11,8	18,38	16,08	
<b>Equivalent de sable (ES) %</b>		21,35	6,02	11,01	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m3)</b>	1,78	1,80	1,84	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	14,3	12,6	14	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Yd (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,80</b>	<b>1,78</b>	<b>1,85</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>65,82</b>	<b>146,11</b>	<b>117</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,43</b>	<b>0,09</b>	<b>1,47</b>
	<b>25 Coups</b>	<b>Yd ( t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,70</b>	<b>1,69</b>	<b>1,74</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>63,83</b>	<b>144,93</b>	<b>105,8</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,51</b>	<b>0,16</b>	<b>1,55</b>
	<b>10 Coups</b>	<b>Yd( t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,62</b>	<b>1,59</b>	<b>1,67</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>28,56</b>	<b>96,53</b>	<b>61,7</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,73</b>	<b>0,19</b>	<b>1,62</b>
	<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>	<b>58,40</b>	<b>145,14</b>	<b>106,69</b>

<b>Gîte d'emprunt Bougezoul</b>		P2	P5	P7	
<b>Classe du sol selon GTR</b>		A2	A2	A2	
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	82	95	91	
	<b>% des passants à 2 mm</b>	77	90	85	
	<b>% des passants à 0.40 mm</b>	60	76	74	
	<b>% des passants à 80 µm</b>	39	42	52	
<b>Limites D'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WL(%)</b>	34,19	37,94	34,87	
	<b>Indice de plasticité Ip (%)</b>	16,19	18,98	17,65	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m3)</b>	1,93	1,82	1,90	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	11,1	11,1	11,6	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Yd( t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,93</b>	<b>1,82</b>	<b>1,88</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>6,16</b>	<b>2,83</b>	<b>6,15</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,66</b>	<b>2,44</b>	<b>1,66</b>
	<b>25 Coups</b>	<b>Yd ( t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,83</b>	<b>1,73</b>	<b>1,77</b>

**ANNEXES**

		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>4,46</b>	<b>2,23</b>	<b>5,17</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,55</b>	<b>1,98</b>	<b>1,10</b>
	<b>10 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub>( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,75</b>	<b>1,63</b>	<b>1,65</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>3,94</b>	<b>1,30</b>	<b>3,85</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,27</b>	<b>1,66</b>	<b>3,01</b>
<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>	<b>4,51</b>	<b>2,21</b>	<b>5,48</b>	

<b>Gîte d'emprunt Boughar</b>		P1	P2	P3	
<b>Classe du sol selon GTR</b>		C'2A1	A2	A2	
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	78	100	100	
	<b>% des passants à 2 mm</b>	64	95	96	
	<b>% des passants à 0.40 mm</b>	41	85	83	
	<b>% des passants à 80 µm</b>	18	79	73	
<b>Limites D'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WL(%)</b>	40,12	38,2	39,59	
	<b>Indice de plasticité Ip (%)</b>	20,04	19,47	19,12	
<b>Equivalent de sable (ES) %</b>		26,59	9,36	11,16	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m<sup>3</sup>)</b>	1,61	1,56	1,48	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	16,2	18,1	14,9	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub>( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,63</b>	<b>1,58</b>	<b>1,47</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>92,32</b>	<b>33,11</b>	<b>14,38</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,07</b>	<b>1,29</b>	<b>0,76</b>
	<b>25 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,54</b>	<b>1,45</b>	<b>1,40</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>42,14</b>	<b>4,98</b>	<b>2,76</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,19</b>	<b>1,40</b>	<b>1,66</b>
	<b>10 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub>( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,41</b>	<b>1,38</b>	<b>1,31</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>16,47</b>	<b>1,88</b>	<b>0,55</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,73</b>	<b>2,31</b>	<b>2,22</b>
	<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>	<b>40,63</b>	<b>11,56</b>	<b>3,20</b>

<b>Carrière Boughezoul (0/3)</b>		<b>Harket</b>		<b>Tittri</b>	
		H1	H2	T1	T2
<b>Classe du sol selon GTR</b>		B5	B5	B5	B5
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	98	99	100	100
	<b>% des passants à 2 mm</b>	77	72	85	92
	<b>% des passants à 0.40</b>	55	49	59	67

**ANNEXES**

	<b>mm</b>					
	<b>% des passants à 80 µm</b>	19,50	19,77	20,28	23,98	
<b>Equivalent de sable (ES) %</b>		38,26	50,84	49,98	43,69	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m<sup>3</sup>)</b>	2,04	2,05	2,02	1,97	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	7,00	7,8	7,7	8,7	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>2,045</b>	<b>2,05</b>	<b>1,99</b>	<b>1,96</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>44,67</b>	<b>48,78</b>	<b>35,00</b>	<b>63,36</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,03</b>	-	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>
		<b>Tassement (%)</b>	-	<b>0,20</b>	-	-
	<b>25 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,984</b>	<b>2,02</b>	<b>1,936</b>	<b>1,88</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>36,40</b>	<b>20,46</b>	<b>29,82</b>	<b>39,21</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,11</b>	-	<b>0,12</b>	-
		<b>Tassement (%)</b>	-	<b>0,06</b>	-	<b>0,03</b>
	<b>10 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,881</b>	<b>1,96</b>	<b>1,822</b>	<b>1,40</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>11,77</b>	<b>17,83</b>	<b>10,06</b>	<b>31,21</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,18</b>	-	<b>0,17</b>	-
		<b>Tassement (%)</b>	-	<b>0,35</b>	-	<b>0,04</b>
<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>	<b>24,76</b>	<b>17,40</b>	<b>27,50</b>	<b>39,11</b>	

<b>Gîte d'emprunt Chahbounia</b>		C1	C2	C3	
<b>Classe du sol selon GTR</b>		A2	C1A1	C1A1	
<b>Granulométrie</b>	<b>% des passants à 5 mm</b>	71	73	79	
	<b>% des passants à 2 mm</b>	60	62	69	
	<b>% des passants à 0.40 mm</b>	58	49	55	
	<b>% des passants à 80 µm</b>	35,20	31,78	38,56	
<b>Limites D'Atterberg</b>	<b>Limite de liquidité WL(%)</b>	42,55	48,95	48,63	
	<b>Indice de plasticité Ip (%)</b>	21,97	24,22	23,31	
<b>Proctor Modifié</b>	<b>Y<sub>dopm</sub> (t/m<sup>3</sup>)</b>	1,80	1,74	1,71	
	<b>ω<sub>opm</sub>(%)</b>	11,3	11,3	11,3	
<b>C.B.R imbibé à 4 jours</b>	<b>55 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,816</b>	<b>1,68</b>	<b>1,70</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>43,09</b>	<b>19,59</b>	<b>16,88</b>
		<b>Gonflement (%)</b>	<b>0,11</b>	<b>1,96</b>	<b>1,93</b>
	<b>25 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,747</b>	<b>1,63</b>	<b>1,61</b>
		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>40,19</b>	<b>7,43</b>	<b>14,87</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,23</b>	<b>2,46</b>	<b>2,03</b>
	<b>10 Coups</b>	<b>Y<sub>d</sub> ( t/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1,605</b>	<b>1,61</b>	<b>1,51</b>

## ANNEXES

		<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>13,14</b>	<b>5,63</b>	<b>8,22</b>
		<b>Gonflement(%)</b>	<b>0,62</b>	<b>2,61</b>	<b>2,51</b>
<b>I<sub>CBR</sub></b>	<b>A 95 % de l'Opm</b>		<b>32,27</b>	<b>13,82</b>	<b>15,26</b>

### Annexe 3

Les lois de comportement utilisé

Matériaux	Lois de comportement
<b>Qt3</b>	Mohr-coulomb
<b>Qt2</b>	Mohr-coulomb
<b>Qt1</b>	Soft soil model
<b>Enrochement</b>	Mohr-coulomb
<b>Remblais</b>	Hardening soil
<b>TUF</b>	Mohr-coulomb
<b>GNT</b>	Mohr-coulomb
<b>GC</b>	Hardening soil
<b>GB</b>	Hardening soil
<b>BB</b>	Linear elastic

Abréviations utilisées dans les tableaux d'évaluation :

- Intensité (Int): Forte (FR), Moyen (M), Faible (FB).
- Durée (Dur): Momentanée (M), Temporaire (T), Permanente (P).
- Étendue (Éten): Ponctuelle (P), Locale (L), Régionale (R).
- Fréquence (Fréq): Périodique (P), Irrégulier (I).
- Entraînement (Entr): Simple (SP), Accumulatif (A), Synergiques (SG).



## ANNEXES

### Tableau d'évaluation des impacts sur l'environnement.

	Impact	Int	Dur	Éten	Fréq	Entr	Impact	Mesures	Impact résiduel
<b>Atmosphère</b>	Augmentation des particules en suspension	M	T	L	I	SG	<b>M</b>	1) Utilisation de machinerie en bon état. 2) Dispositifs d'insonorisation ou d'atténuation.	<b>C</b>
	Augmentation de l'émission de gaz	FB	T	L	I	SG	<b>M</b>	3) Signalisation du chantier et des accès. 4) Régulation d'horaire. 5) Limitation de vitesse.	<b>C</b>
	Augmentation de la pollution acoustique.	M	T et P	L	P	SP	<b>M</b>	6) Irrigation périodique de chemins et zones auxiliaires du chantier. 7) Couvrement de camions. 8) Ecrans acoustiques.	<b>C</b>
	Présence d'odeurs désagréables.	FB	T	L	I	SP	<b>C</b>	9) Merlons anti-bruit. 10) Revégétation. 11) Suivi des niveaux sonores.	<b>C</b>
<b>Hydrologie</b>	Augmentation du ruissellement par perte de sol.	FR	P	P	P	SG	<b>S</b>	1) Calendrier de travaux. 2) Dimensionnement des ouvrages de drainage.	<b>M</b>
	Modification du drainage superficiel (apparition de nouveaux canaux de drainage, modifications).	FR	P	P	P	A	<b>M</b>	3) Remblai permettant la perméabilité à la zone inondable.	<b>C</b>
	Risque de contamination des eaux superficielles et souterraines	M	T	L	I	A	<b>M</b>	4) Emplacement des zones auxiliaires de chantier.	<b>M</b>
	Diminution de l'infiltration de l'eau par imperméabilisation du sol.	M	P	P	P	A	<b>M</b>	5) Signalisation de la zone de chantier. 6) Minimiser les ouvrages d'affectation fluviale et la zone humide du sud.	<b>M</b>
	Augmentation de la charge sédimentaire dans les eaux superficielles.	FR	P	L	I	A	<b>S</b>	7) Contrôle de déversements.	<b>M</b>
	Risque de drainage des eaux souterraines	FR	T	P	I	A	<b>S</b>	8) Dessin de viaducs. 9) Gestion de résidus.	<b>M</b>
	Présence d'obstacles dans le lit du fleuve.	M	P	P	P	SP	<b>M</b>	10) Egouts.	<b>M</b>
	Altération du niveau phréatique.	M	T	R	P	A	<b>M</b>	11) Revégétation de talus.	<b>M</b>
	Altération du lit et de la zone inondable.	FR	P	L	P	SG	<b>S</b>	12) Restauration des zones affectées.	<b>M</b>
	Impact de la morphologie du lit.	FR	P	L	P	A	<b>M</b>	13) Suivi et entretien.	<b>C</b>
	Risque de sécheresse de la zone humide par interruption du passage d'eau.	FR	P	R	P	SG	<b>CR</b>		<b>S</b>
<b>Géologie</b>	Modification du profil actuel du territoire.	M	P	L	P	A	<b>M</b>	1) Etude géotéchnique.	<b>M</b>
	Création de nouvelles superficies.	M	P	P	P	SG	<b>M</b>	2) Sismicité	<b>C</b>
	Risque de processus gravitationnel dans les nouveaux talus construits.	FB	P	P	I	A	<b>M</b>	3) Sélection de l'emplacement des zones auxiliaires.	<b>C</b>
	Risque d'érosion de la roche.	M	P	P	I	SG	<b>S</b>	4) Gestion de résidus.	<b>M</b>
	Perte de terrain par la réalisation de fossés.	M	P	P	I	A	<b>M</b>	5) Signalisation des zones de chantier. 6) Dessin de talus.	<b>M</b>
	Risque de contamination du terrain.	M	T	L	I	A	<b>S</b>	7) Compensation de terres.	<b>M</b>
	Génération de terres en excès.	M	T	L	I	A	<b>M</b>	8) Contrôle emplacement de terres excédentes.	<b>M</b>
Besoin de zones d'emprunt.	F	P	L	P	A	<b>S</b>	9) Election de zone d'emprunt 10) Revégétation.	<b>S</b>	
<b>Sol</b>	Perte de sol par élimination ou érosion.	FR	P	L	P	SG	<b>S</b>	1) Calendrier d'ouvrage.	<b>M</b>
	Perte de sol par compactage.	M	T	L	I	A	<b>M</b>	2) Etude de la couche de sol fertile.	<b>M</b>
	Altération de la stabilité des sols.	FB	T	P	P	A	<b>M</b>	3) Dessin de talus.	<b>C</b>
	Augmentation de l'érosion dans les nouvelles superficies.	FR	P	P	P	A	<b>S</b>	4) Recueil et stockage de la terre végétale.	<b>M</b>

## ANNEXES

	Contamination des sols par déversements.	M	T	L	I	A	<b>S</b>	5) Application de terre végétale et revégétation. 6) Suivi et entretien. 7) Gestion de résidus.	<b>M</b>
<b>Végétation</b>	Perte de la couverture végétale.	FR	P	L	I	SG	<b>S</b>	1) Sélection des zones d'actuation. 2) Limitation de la superficie d'occupation. 3) Transplantation d'arbres. 4) Projet de restauration. 5) Irrigations périodiques. 6) Entretien, reposition et conservation.	<b>M</b>
	Elimination de la couverture végétale non prévue.	FR	T	L	I	SG	<b>S</b>		<b>C</b>
	Dégradation de la végétation ripicole, aquatique et de la zone humide de Boughzoul	FR	P	P	I	SG	<b>S</b>		<b>M</b>
	Couche de poussière sur la végétation.	FB	T	L	I	A	<b>M</b>		<b>C</b>
	Déséquilibre écologique par croissance d'espèces pionnières.	FB	T	L	P	SP	<b>M</b>		<b>C</b>
	Contamination par déversements.	M	T	L	I	A	<b>M</b>		<b>M</b>
<b>Faune</b>	Gènes et éloignement de la faune.	FR	T et P	L	P	A	<b>S</b>	1) Dessin de passage de faune pour favoriser la perméabilité. 2) Calendrier d'oeuvre. 3) Affection minimale sur les oueds et zones humides. 4) Restauration. 5) Suivi et entretien.	<b>S</b>
	Perte de l'habitat de la faune.	M	P	L	I	A	<b>S</b>		<b>M</b>
	Constitution de nouveaux habitats.	M	P	P	I	SP	<b>M</b>		<b>M</b>
	Perturbation de la faune aquatique.	FR	T et P	R	P	A	<b>S</b>		<b>M</b>
	Effet barrière de l'infrastructure.	M	P	L	P	SP	<b>M</b>		<b>C</b>
	Risque d'accident avec la faune.	M	P	P	P	SP	<b>M</b>		<b>M</b>
<b>Pay sage</b>	Altération du paysage naturel.	M	P	L	P	SP	<b>M</b>	1) Mesures sur le dessin de structures. 2) Intégration de talus. 3) Intégration de superficies.	<b>C</b>
	Présence de nouveaux éléments structuraux dans le paysage actuel de la zone.	M	P	L	P	SP	<b>M</b>		<b>M</b>

	Présence, temporaire, d'éléments hors de la zone (machinerie, véhicules d'ouvrage, clôtures, signalisation d'ouvrage,...).	FR	T	L	P	SP	<b>S</b>		<b>M</b>
<b>Patrimoine culturel</b>	Possibilité d'apparition et d'impact sur des éléments d'intérêt culturel.	M	T	P	I	A	<b>M</b>	1) Plan d'action	<b>M</b>
<b>Socioéconomie</b>	Diminution du brut du trafic dans certaines zones habitées de la localité.	M+	P	L	P	SP	<b>C</b>	1) Compensations. 2) Main d'œuvre locale. 3) Signalisation.	<b>C</b>
	Expropriations.	FB	P	L	P	SG	<b>M</b>		<b>C</b>
	Perturbations et hausse des gênes à l'encontre des populations.	FR	T	R	P	A	<b>S</b>		<b>M</b>
	Gènes à la circulation de véhicules en raison d'arrêt du trafic, de déviation, de réductions.	FR	T	L	P	A	<b>S</b>		<b>M</b>
	Diminution des superficies pour l'agriculture.	M	T	L	P	A	<b>S</b>		<b>M</b>
<b>Infrastructures</b>	Amélioration des communications.	FR+	P	R	P	A	<b>C</b>	1) Adaptation de la planification en vigueur. 2) Rétablissements des infrastructures concernées. 3) Rétablissement des accès et chemins. 4) Aménagement de passage pour la	<b>C</b>
	Amélioration des échangeurs avec d'autres routes.	FR+	P	L	P	SP	<b>C</b>		<b>C</b>
	Augmentation de la sécurité de la voie.	FR+	P	P	P	SP	<b>C</b>		<b>C</b>
	Augmentation de la circulation.	M	P	R	P	SP	<b>M</b>		<b>M</b>

	Diminution de la perméabilité de la population des deux cotés de la RN-01.	M	P	L	P	SP	<b>M</b>	population et ses activités.	<b>C</b>
	Impacts sur chemins, routes, conduites et services.	FR	T	L	I	A	<b>S</b>		<b>M</b>
<b>Usages du sol</b>	Changement de l'usage du sol.	M	P	L	P	SP	<b>M</b>	1) Indemnités. 2) Limitation de l'occupation. 3) Gestion de résidus.	<b>C</b>
	Fragmentation et réduction de parcelles par l'implantation de la voie.	M	P	L	P	SG	<b>M</b>		<b>C</b>
	Impacts sur terrains adjacents par modification temporelle des drainages.	FB	P	L	P	A	<b>M</b>		<b>C</b>
	Déversements accidentels sur des champs de culture.	M	T	L	I	A	<b>M</b>		<b>C</b>