REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA**



**F**aculté de **T**echnologie

# Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Géotechnique

---

## Thème : Conception et dimensionnement des structures des chaussées : Cas pratique « Projet de dédoublement de la RN1 Chiffa-Boughzoul »

---

Présenté par :

1- MALKI BELKACEM

2- KOULLA ABDELKADER

Proposé et Dirigé par :

Mr. BENSAADA ABDELHALIM

**Promotion Juin 2019**

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail*

*A la mémoire de ma mère qui me disait toujours que << Le courage est au bout de tous >> Qu'ALLAH lui fasse miséricorde & que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mon père pour son affection, son soutien et tous les sacrifices qu'il a consentis avec nous afin d'assurer notre éducation.*

*Trouvez en ce mémoire l'expression de ma haute reconnaissance :*
*A mes chères enseignantes Mr* ***Bensaada, Mr Guermiti****, Mr* ***Menaa****, Mr* ***Khiatine*** *et Mr* ***Messad****.*

*A ma femme, mes enfants* ***Siham Rania, Mohamed Amine*** *et* ***Bilal Tarek*** *tous mes respects pour vous.*

*A mes chers frères et sœurs tous mes respects pour vous.*

*A la Famille* ***MALKI*** *&* ***CHENNOUF*** *à mon très cher binôme* ***Koulla Abdelkader*** *et toutes mes amies sans exception.*

***M$^{r}$ MALKI BELKACEM***

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail*

*A la mémoire de ma mère qui me disait toujours que << Le courage est au bout de tous >> Qu'ALLAH lui fasse miséricorde & que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mon père pour son affection, son soutien et tous les sacrifices qu'il a consentis avec nous afin d'assurer notre éducation.*

*Trouvez en ce mémoire l'expression de ma haute reconnaissance :*
*A mes chères enseignantes Mr* ***Bensaada, Mr Guermiti****, Mr* ***Menaa****, Mr* ***Khiatine*** *et Mr* ***Messad****.*

*A ma femme, ma petite fille* ***Soudjou douaâ*** *tous mes respects pour vous.*

*A mes chers frères et sœurs tous mes respects pour vous.*

*A la Famille* ***KOULLA*** *à mon très cher binôme* ***malki belkacem*** *et toutes mes amies sans exception.*

***Mr KOULLA ABDELKADER***

# REMERICIEMENTS

*Nous remercions le bon DIEU de nous avoir donné le courage et la force 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 encadreur Mr.* ***BENSAADA ABDELHALIM*** *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.*

*Nous remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier .*

*Nos remerciements également à l'ensemble du corps enseignants de l'université* ***YAHIA FARES*** *en générale et plus particulièrement à ceux du département du Génie Civil option : Géotechniques pour avoir contribuer à notre formation.*

*Nous remercions MrsMENAA, MESAAD, KHIATINE, GUERMITI.*
*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont conseillées,quisesont simplement intéressées à ce travail,et aussi celles qui,nous l'espéronsme par donneront de les avoir oubliées.*

*Nous adressons nos remerciements à nos collègues de notre promotion ainsi que tout le personnel administratif de l'université, sans oublier les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité notre recherche bibliographique.*

**ملخص :**

**في هذا العمل، تركز الرؤية على دراسة المخاطر المختلفة و التي تشمل تصميم هيكل الطريق طبقا لعدة طرق (CBR، الطريقة الجزائرية،.....الخ) و هذا لتتكيف تماما مع الظروف البيئية لمنطقتنا و المراد دراستها حيث بها منطقة فيضانات و لجعلها ذات خدمة جيدة. دراسة ملامح الطريق المختلفة لمشروعنا تتطلب معرفة جيدة لجيولوجيا و تفسيرا لنتائج حملات الجيوتقنية. تحديد سمك طبقة الرصف التي تلبي متطلبات و القدرة على مقاومة الاعتداءات الخارجية (كثافة حركة المرور، سوء و نوعية التربة-الناقل ....الخ) في حين تبقي تكلفة التنفيذ و الصيانة المقبولة لضمان عمل جيد و صارم.**

**البحث عن حلول كافية لمشكلة ارتفاع المياه في أوقات الفيضانات بما في ذلك إنشاء طبقة للتماسك و هذا لتوزيع الحمولات و الأثقال و كي تضمن تصريف جيد للتربة الناقلة، نعلوها طبقة من الردم المحمية من الفراغات بواسطة التكسية الأرضية و هذا لموضوع عمل دقيق.**

**ثم نمذ جة عمل أحمال المركبات التي يتم نقلها عن طريق الإطارات إلى الهيكل مع مراعاة القوانين المحددة الخاصة بالسلوك لكل مادة. و في الأخير يشمل هذا العمل دراسة التأثير على البيئة للطريق الجديد.**

**كلمات البحث : تحديد الأبعاد، حمولات، حركة المرور، تربة- ناقلة، بعثات البحث و التنقيب، حمولة ديناميكية.**

## 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 repartions 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 a la structure en prenant en compte des lois de comportements spécifique pour chaque matériau.

Enfin ce travail comporte une étude de l'impact sur l'environnement de la nouvelle route.



**Mots clé :** Dimensionnement, Charges, 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. Finally this work comprises an impact study on the environment of the new road.



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

# S O M M A I R E

**Introductions générale** ..... 16

## CHAPITRE I : Généralités

I.1 Introduction ..... 18
I.2 Présentation du projet ..... 18
I.3 Données géographique ..... 19
I.4 Données climatiques ..... 20
I.5 Sismicité ..... 20
I.5.1 Aperçu sismique ..... 20
I.5.2 Sismicité de la région ..... 20
I.5.3 Paramètres parasismiques et zonage Sismique ..... 22
I.6 Conclusion ..... 24

## CHAPITRE II : Géologie et prospection géotechnique

II.1 Introduction ..... 26
II.2 Etude Géologique ..... 26
II.2.1 Géologie générale ..... 26
II.2.2 Tectonique et Structure ..... 27
II.2.3 Hydrographie ..... 29
II.2.4 Hydrogéologie ..... 29
II.3 Prospection géotechnique du projet ..... 30
II.3.1 Essai in situ ..... 30
II.3.2 Essais en laboratoire ..... 33
II.4 Conclusion ..... 37

## CHAPITRE III : Géotechnique routière

III.1 Introduction ..... 39
III.2 La chaussée ..... 39
III.2.1 Définition ..... 39
III.2.2 Les différentes couches de chaussée ..... 39
III.2.2.1 Couche de surface ..... 39
III.2.2.2 Couche de base ..... 40
III.2.2.3 Couche de fondation ..... 40
III.2.2.4 Couche de forme ..... 40
III.2.3 Les différentes catégories de chaussée ..... 41
III.3 Eude de trafic ..... 42
III.3.1 L'analyse des trafics existants ..... 42
III.3.2 Calcul de la capacité ..... 42
III.3.2.1 Définition de la capacité ..... 42
III.3.2.2 Projection future du trafic ..... 43
III.3.2.3 Calcul de trafic effectif ..... 43
III.3.3 Application numérique au projet ..... 43
III.3.3.1 Les données de trafic ..... 43
III.3.3.2 Projection future de trafic ..... 44
III.3.3.3 Calcul du trafic effectif ..... 44
III.4 Caractéristiques géométriques d'une chaussée ..... 44

III.4.1 Tracé en plan ..... 44
III.4.2 Profil en long ..... 48
III.4.3 Le profil en travers ..... 50
III.4.3.1 Définition ..... 50
III.4.3.2 Eléments constitutifs du profil en travers ..... 50
III.4.3.3 La largeur de la chaussée ..... 51
III.4.3.4 Zone de récupération et zone de dégagement de sécurité ..... 52
III.4.3.5 Les dévers ..... 52
III.4.3.6 Application au projet ..... 52
III.5 Etude de Cubature ..... 52
III.5.1 Cubatures des terrassements ..... 53
III.5.2 Méthode utilisé ..... 53
III.6 Application au projet ..... 53

## CHAPITRE IV : Dimensionnement du corps de la chaussée

IV.1 Introduction ..... 56
IV.2 Les principales méthodes de dimensionnements ..... 56
IV.2.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) ..... 56
IV.2.2 Méthode A.A.S.H.O ..... 57
IV.2.3 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE ..... 57
IV.2.4 Méthode du catalogue des structures ..... 58
IV.2.4.1 Détermination de la classe de trafic ..... 58
IV.2.4.2 Détermination de la classe du sol ..... 58
IV.2.5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) ..... 59
IV.2.6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves ..... 59
IV.3 Application au projet ..... 60
IV.3.1 Méthode dite CBR ..... 60
IV.3.2 Méthode L.C.P.C ..... 62
IV.3.3 Méthode de catalogue des structures ..... 62
IV.4 Renforcement de la chaussée existante ..... 63
IV.5 Modélisation du modèle ..... 64
IV.6 Conclusion ..... 65

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

V.1 Introduction ..... 67
V.2 Gites d'emprunt ..... 67
V.2.1 Gites à matériaux ..... 67
V.2.1.1 Région d'Ain Ouessara ..... 67
V.2.1.2 Région de Boughar ..... 67
V.2.1.3 Région de Boughezoul ..... 67
V.2.1.4 Région de Chahbounia ..... 64
V.2.2 Carrière ..... 68
V.2.3 Résultats de l'investigation ..... 68
V.2.4 Estimation des réserves ..... 71
V.2.5 Matériaux pour les remblais en zone inondable et couche en tuf ..... 71
V.2.6 Matériaux pour la couche en GNT ..... 72
V.3 Solution des remblais en zone inondable ..... 73
V.3.1 Conditions d'assise ..... 73

V.3.2 Corps de remblais ..... 73
V.3.3 Couche en GNT et couche en TUF ..... 75
V.3.3.1 Solution adoptée ..... 75
V.3.4 Contrôle de construction ..... 76
V.3.5 Considérations finales ..... 76
V.4 Etudes d'impacts sur l'environnement ..... 77
V.4.1 Cadre juridique ..... 77
V.4.2 L'environnement au niveau de l'étude préliminaire ..... 77
V.4.3 Evaluation de l'impact sur l'environnement ..... 77
V.5 Conclusion ..... 78

**Conclusion Générale et Recommandations** ..... 80

**Les références bibliographes** ..... 82

**Annexe 01** ..... 84

**Annexe 02** ..... 95

**Annexe 03** ..... 97

**Tableau d'évaluation des impacts sur l'environnement** ..... 98

# LISTE DES TABLEAUX

**Tableau I.1 -** Division du territoire algérien dans divers zones de sismicité.....22
**Tableau I.2 -** Coefficient d'accélération (A) .....23
**Tableau II.1-** Résultats des essais in-situ .....31
**Tableau II.1-** Résultats des essais in-situ .....32
**Tableau II.2-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance.....34
**Tableau II.3-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance.....34
**Tableau II.4-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance.....35
**Tableau III.1-** Coefficient d'équivalence.....43
**Tableau III.2 -** Rayons du tracé en plan.....46
**Tableau III.3 -** Les rayons horizontaux .....49
**Tableau IV. 1 -** Coefficients d'équivalence.....57
**Tableau IV.2 -** Classes de trafic poids lourds.....58
**Tableau IV.3 -** Classement des sols selon C.B.R .....58
**Tableau IV.4** - Structure de la chaussée (zone inondable).....61
**Tableau IV.5** - Structure de la chaussée (zone normale) .....62
**Tableau IV.6 -** Renforcement de chaussée existante .....63
**Tableau V.1** - Le résultat des essais d'identification et mécanique.....70
**Tableau V.2** - Récapitulatif de la réserve (estimatif) des gîtes d'emprunt.....71
**Tableau V.3-**Tableau récapitulatif de la réserve (estimatif) de la carrière de Boughezoul …… 71
**Tableau V.4-** Fréquence proposée des essais de contrôle des propriétés des matériaux……..76
**Annexe 01**……..……..84
**Annexe 02**……..……..95
**Annexe 03**……..……..97
**Tableau d'évaluation des impacts sur l'environnement**……...……..98

# LISTE DES FIGURES

**Fig. I.1** -Localisation du projet .....18
**Fig. I.2** -Carte de macro sismicité avec l'épicentre du séisme du 21 mai 2003 .....21
**Fig. I.3** Carte des isoséistes .....21
**Fig. I.4-** Carte de zonage sismique de l'Algérie **(**RPOA 2008).....23
**Fig. I.5**-Zones sismiques et degrés de vulnérabilité .....24
**Fig. II.1**-Carte des Montagnes d'Atlas et du Sahara Nordique (Deleau, 1952)…….26
**Fig. II.2**- Grandes unités paléogéographiques qui se différencient en Algérie (Nicod, 1976) …….....28
**Fig. II.3**-Esquisse Tectonique .....29
**Fig.II.4** -Graphiques de l'analyse de la formation Qt1 (Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo sableux) .....36
**Fig.II.5** -Graphiques de l'analyse de la formation Qt2 (Sable limoneux/limon sableux/sable argileux).....36
**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) .....36
**Fig. II.7**-Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts .....37
**Fig. III. 1**-Différentes catégories de chaussée.....41
**Fig. III.2**- les éléments de tracé en plan .....45
**Fig.III.3**- Les différentes sections d'un virage.....47
**Fig.III.4**- Clothoïde .....48
**Fig.III.5**- Profil en long d'une route.....48
**Fig. III.6**- Profil en travers général.....51
**Fig. III.7**- le profil en long d'un tracé donné .....53
**Fig. IV.1**- La démarche du catalogue .....59
**Fig. IV.2**- Dimensions du corps de chaussée (zone inondable) .....61
**Fig.IV.3**-Dimensions du corps de chaussée (zone normale).....62
**Fig.IV.4**-Dimensions du corps de chaussée .....63
**Fig. IV.5**-Déplacement vertical.....64
**Fig. IV.6**- La contrainte verticale.....64
**Fig.V.1** -Profil type du remblai de zone inondable (A) du (PK 18+650 au PK 19+900) .....74
**Fig.V.2** -Profil type du remblai de zone inondable (B) du (PK 17+700 au PK 18+650 et du PK 19+900 au PK 22+700).. .....74

# LISTE DES NOTATIONS

**Cv**: coefficient de variation climatique.

**b**: exposant climatique.

**Pj**: Pluie moyenne journalière

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

**CBR :** Californie Bearning Ratio.

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

**P** : La charge.

**Eeq** : 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 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.

**Sr** : degré de saturation.

**E** : Extraction.

**G** : Action sur la granularité.

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

**T** : Traitement.

**R** : Régalage.

**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.

**Ti** : 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.

$p_0$ : 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.

$W_n$ : la teneur en eau naturelle.

$W_L$ : la limite de liquidité.

$W_p$ **:** la limite de plasticité.

$I_p$ : Indice de Plasticité.

**Ic :** l'indice de consistance.

**IPI** : l'indice portant immédiat.

**GTR** : Guide des Terrassements routiers.

$c_1$, $c_2$, $c_3$ : coefficients d'équivalence selon le matériau.

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

**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.

$T_{eff}$ : trafic effectif.

$Q_{adm}$ : Débit admissible.

$C_{th}$: 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.

**MTLH :** matériau traité au liant hydraulique.

**GTLH** : grave traité au liant hydraulique.

**DTP** : direction des travaux publics.

**NFP :** normes française.

# INTRODUCTION GENERALE

# INTRODUCTION GENERALE

Le développement des voies de communication constitue un instrument incontournable de tout politique d'aménagement du territoire et de développement d'un pays. L'Algérie a connue une forte croissance de sa population depuis son indépendance, nécessitant d'avantage de développement des grandes infrastructures de base surtout de transport, pour répondre aux besoins exprimées par la population.

Le transport routier en Algérie 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 neuf et des mises a niveau routes excitantes, c'est dans ce contexte qu'on peut classer notre projet de dédoublement de la route nationale(RN1) entre Chiffa et Boughzoul (la limite de Willaya entre Médéa et Djelfa au Pk 177+600), est divisée selon la difficulté du tracé, en trois sections suivantes :

Section 1 : de Berrouaghia jusqu'à la limite de Wilaya avec Djelfa (Boughzoul).

Section 2 : de Berrouaghia jusqu'à la limite de Willaya avec Blida (El-hamdania).

Section 3 : d'El-hamdania jusqu'à la Chiffa.

Par ailleurs, et à la demande du maître de l'ouvrage, un tronçon de 14 Km de la section 1 (de Berrouaghia à Seghouane), a été étudié en priorité. Par conséquent, la section 1 à étudier sera de Seghouane à 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 CTTP.

Ce mémoire comporte cinq chapitres :

Tout d'abord une introduction générale.

- Chapitre I : généralités sur le projet.
- Chapitre II : l'étude géologique et la prospection géotechnique.
- Chapitre III : la géotechnique routière.
- Chapitre IV : le dimensionnement du corps de chaussée.
- Chapitre V : les gites d'emprunt, des solutions aux remblais dans la zone inondable et des impacts de l'ouvrage sur l'environnement.

Enfin la Conclusion.

# CHAPITRE I

# GÉNÉRALITÉS

## I.1 Introduction

Ce chapitre présente une généralité sur notre 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].

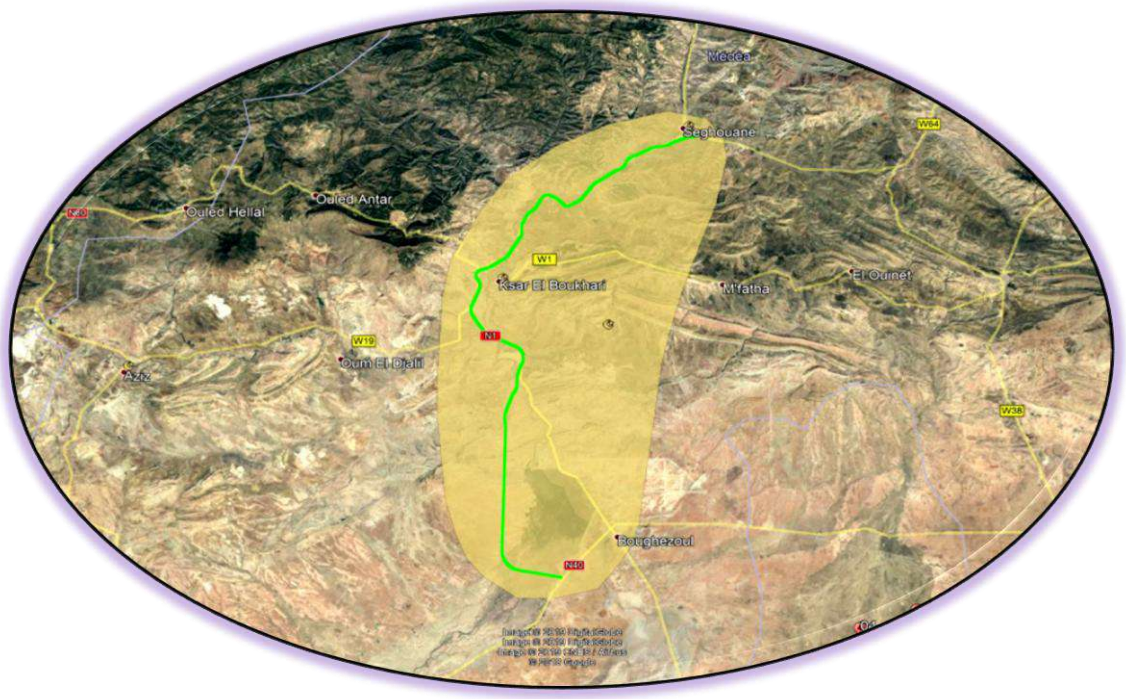



**Fig. I.1 : Localisation du projet [1].**

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.

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 nationale18 vers Khemis Miliana à l'Ouest.

- 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.

## 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 **Pj= 55mm**.

## 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'isoséistes et des sources sismiques qui encadrent la région en étude et qui montrent que, d'une façon générale, la sismicité historique est faible [1].

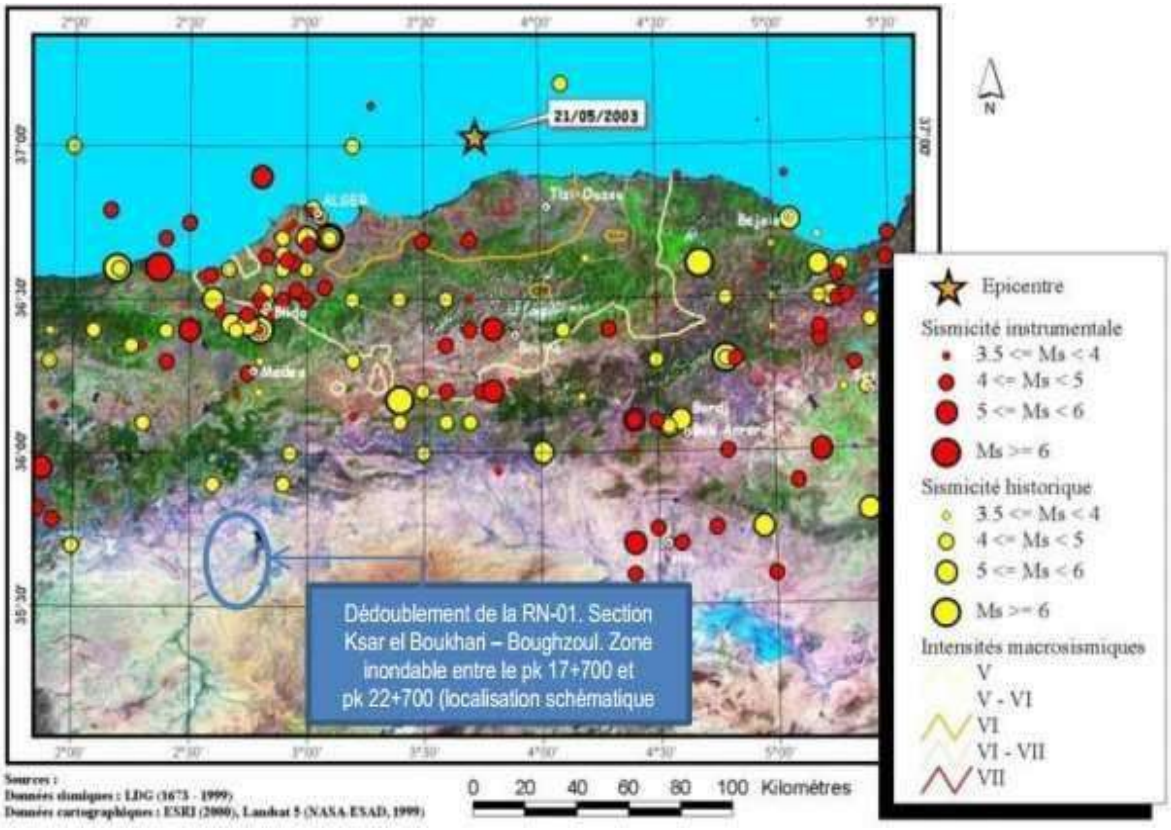



**Fig.I.2 : Carte de macro sismicité avec l'épicentre du séisme du 21 mai 2003 [1].**

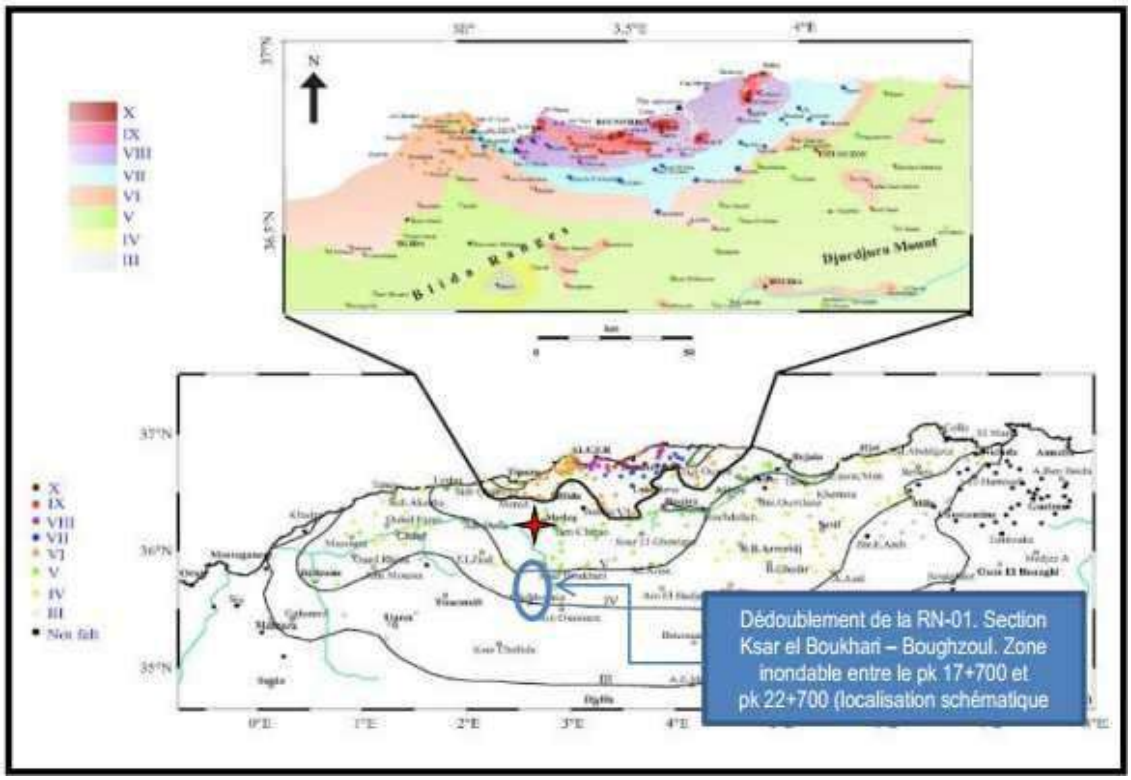



**Fig. I.3 : Carte des isoséistes [2].**

### I.5.3 Paramètres parasismiques et zonage sismique

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

| Zone | 0 | I | II a | II b | III |
|---|---|---|---|---|---|
| Sismicité | négligeable | faible | moyenne | élevée | Très élevée |

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

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 > 800m/s ;

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

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

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

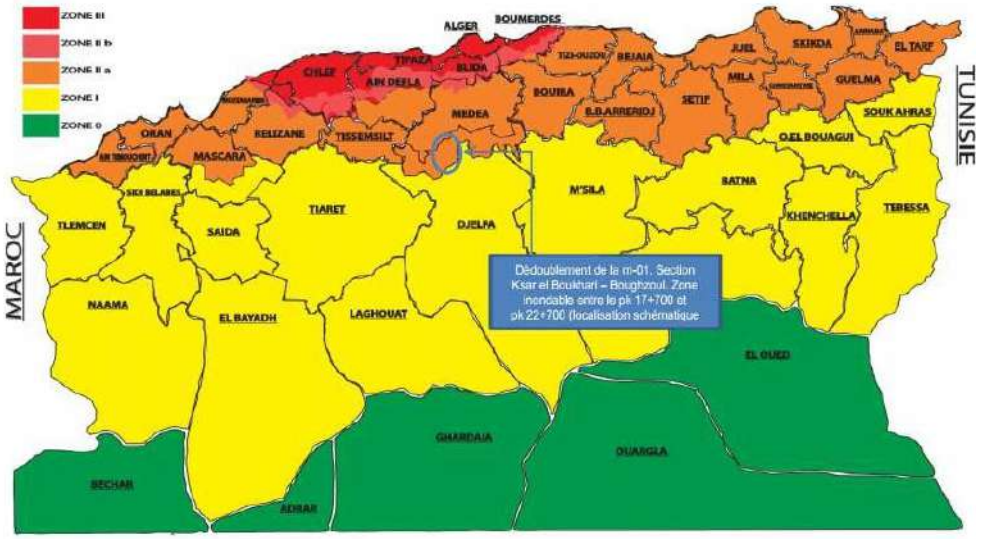



**Fig. I.4 : Carte de zonage sismique de l'Algérie (RPOA 2008) [2].**

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**.

| Groupe | Zone | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II A | II B | 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 |

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

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

- Le site étudié se situé 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 **Fig. I.5** présente la carte de vulnérabilité sismique du nord algérien, montrant que la région en étude est moyennement vulnérable au risque sismique.

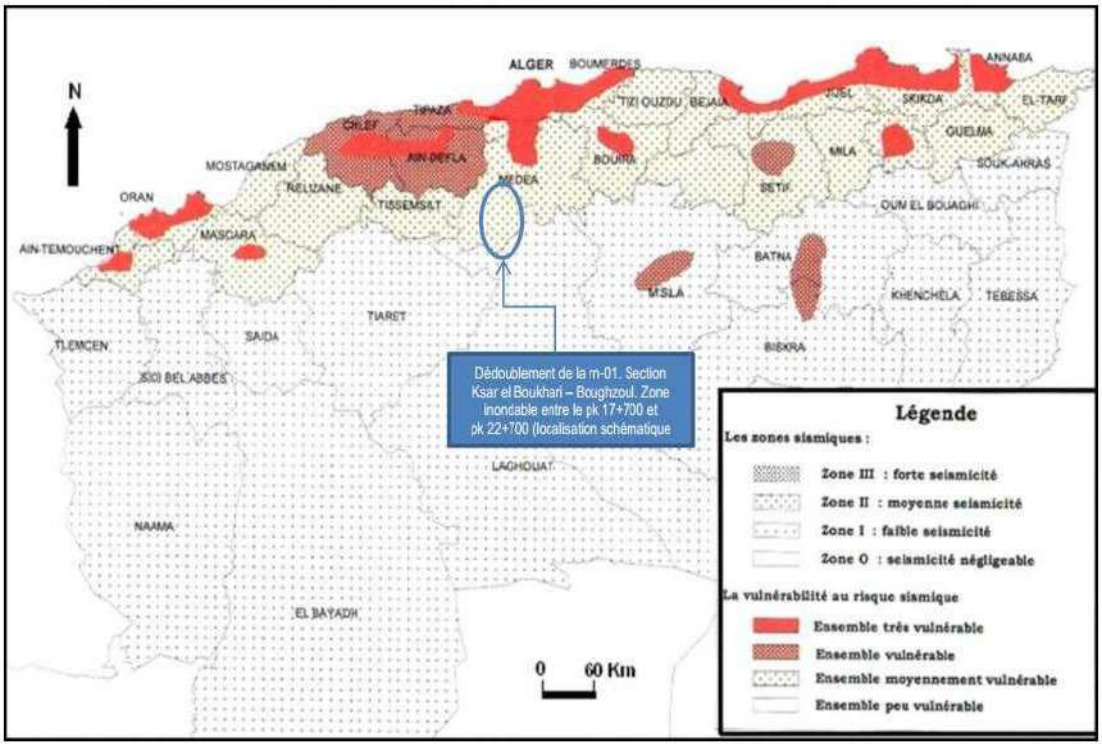



**Fig. I.5 : Zones sismiques et degrés de vulnérabilité [2].**

## 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 le long du tracé tel que la section N°5 Ksar El Boukhari Boughzoul ce qui est l'objectif pour notre étude.

# CHAPITRE II
# GEOLOGIQUE & PROSPECTION GEOTECHNIQUE

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente l'étude géologique les travaux de prospection géotechnique, les essais réalisés et l'analyse des résultats obtenus 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 s'avère d'une nécessité et importance indiscutable, et doit intervenir bien en amont de toute étude pour contribuer au choix du tracé, à détecter ses points critiques (durs), et à bien connaître la nature du terrain qui servira d'assise pour le projet, afin d'éviter ou du moins limiter d'éventuels problèmes pouvant se poser en phase de réalisation ou après. La description litho-stratigraphique de la région d'étude est basée essentiellement sur les essais in situ représentés par les puits de reconnaissance, et les sondages carottés. 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 **(Fig. II.1)** [2].

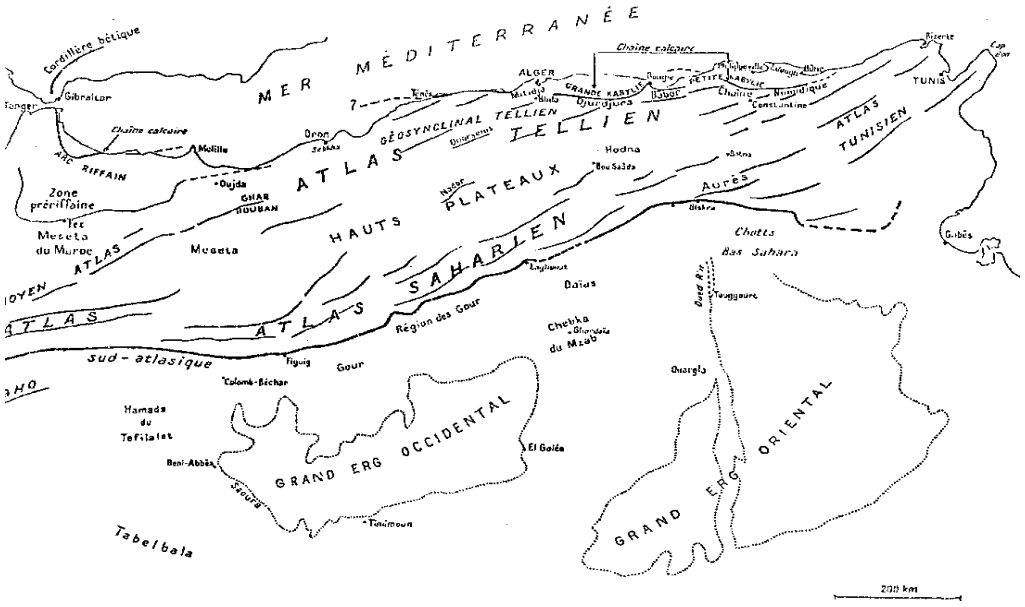



**Fig. II.1 : Carte des Montagnes d'Atlas et du Sahara Nordique (Deleau, 1952) [2]**

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 Chélif. 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.1.1 Tectonique et Structure

La tectonique correspond aux phénomènes qui sont responsables des déformations des roches après leur formation. Ces phénomènes font intervenir des forces physiques importantes de compression, cisaillement, écartement.

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]

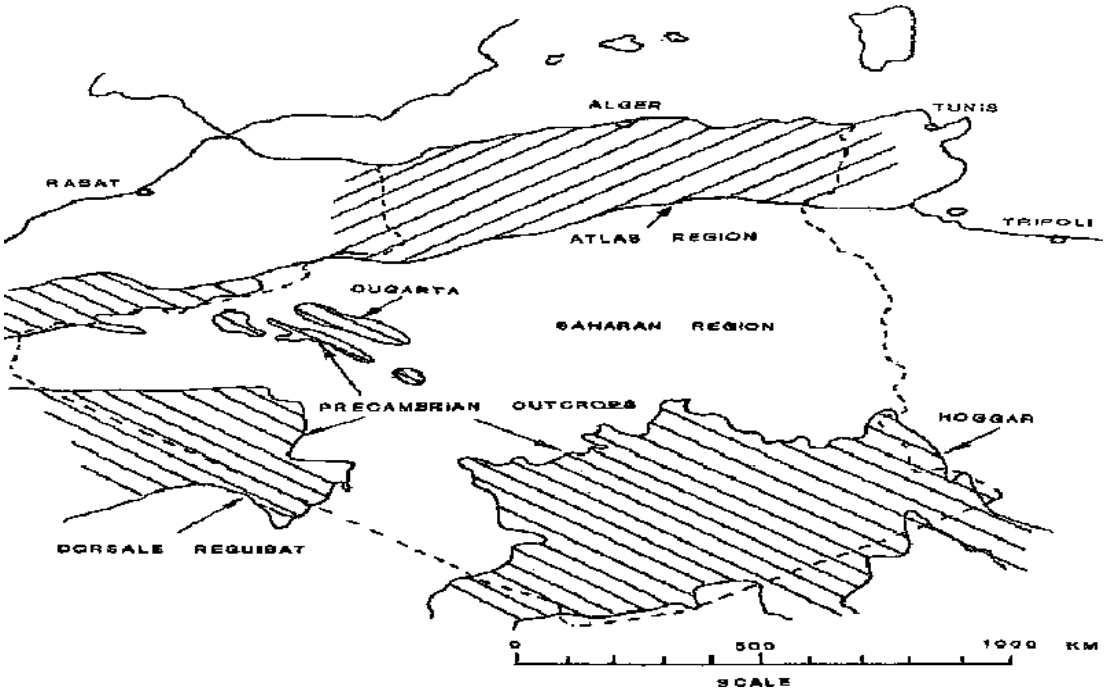



**Fig. II.2 : Grandes unités paléogéographiques qui différencient en Algérie (Nicod, 1976) [4]**

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 les hauts 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.

Les hauts 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].

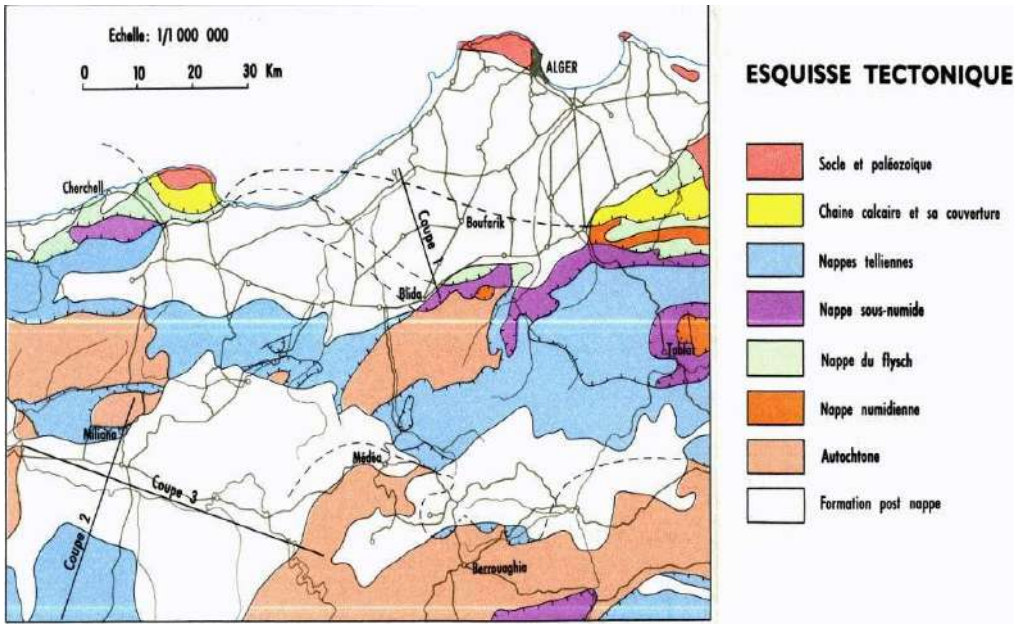



**Fig. II.3 : Esquisse tectonique [4].**

### II.2.2 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 Boughezoul et Ain Ouessara [2].

### II.2.3 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 les 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 parte 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)

| Sondage | Localisation | Formation Géologique | Profondeur Max (m) | Nature géologique | Taux de récupération |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 quelque 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'agile 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 gravelo-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% |

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

| Sondage | Localisation | Formation Géologique | Profondeur Max (m) | Nature géologique | Taux de récupération |
|---|---|---|---|---|---|
| OA17.9- 2 | 17+340 | Qt | 30,00 | Intercalation de sable argilo-limoneux par endroit gravelo-caillouteux, argile sablo-limoneuse, sable fin à grossier, argile marneuse et sable gravelo- caillouteux | 50-92% |
| 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 tt 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 referment de passages d'argile | 30-95% |
| OA19.6- 1 | 19+590 | Qt | 30,00 | Intercalation de limons argilo-sableux, sable fin à grossier argileux graveleuse 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 passages sableux | 83% |
| 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% |

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

**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 0ctobre 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**

| Puits N° | | | P-1 | P-2 | P-3 | P-4 | P-5 | P6 | P-7 | P-8 | P-9 | P-10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Section | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| PK | | | 3+560 | 3+000 | 2+450 | 1+900 | 1+350 | 0+700 | 17+100 | 16+480 | 15+920 | 15+250 |
| Profondeur (m) | | | 1.50-2.00 | 1.20-1.80 | 1.30-1.80 | 1.20-1.70 | 1.10-1.60 | 1.40-1.80 | 0.60-1.20 | 0.70-1.30 | 0.80-1.40 | 1.00-1.80 |
| Teneur en eau naturelle : ω (%) | | | 20.57 | 19.30 | 19.86 | 30.87 | 19.75 | 17.24 | 16.54 | 9.82 | 7.11 | 8.53 |
| Granulométrie | Passants à 5 mm (%) | | 98 | 100 | 100 | 98 | 97 | 100 | 81 | 0 | 86.35 | 87 |
| | Passants à 2 mm (%) | | 91 | 95 | 97.5 | 97.5 | 93 | 92 | 76 | 100 | 85 | 85 |
| | Passants à 0,40 mm (%) | | 85 | 85 | 80 | 93 | 76 | 79 | 59 | 95 | 72 | 70 |
| | Passants à 80 µ (%) | | 78 | 79 | 52 | 80 | 49 | 72 | 49 | 59 | 54 | 55 |
| Limites ATTERBERG | Limite de liquidité $L_L$ | | 53.60 | 56.04 | 72.09 | 86.18 | 72.27 | 58.36 | 43.98 | 36.67 | 40.92 | 38.03 |
| | Indice de plasticité $I_P$ | | 25.88 | 24.67 | 30.49 | 33.79 | 29.58 | 36.26 | 21.24 | 19.03 | 20.66 | 18.77 |
| Classe du sol selon GTR | | | **A3** | **A2** | **A3** | **A3** | **A3** | **A3** | **A2** | **A2** | **A2** | **A2** |
| Procto modifié | $\gamma_{dopm}$ (t/m$^3$) | | 1.79 | 1.83 | 1.67 | - | 1.81 | 1.81 | 2.07 | 2.05 | - | 1.92 |
| | $\omega_{opm}$ (%) | | 17.10 | 16.60 | 19.50 | - | 15.70 | 16.50 | 5.10 | 7.30 | - | 13.10 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | 1.71 | 1.80 | 1.68 | - | 1.77 | 1.79 | 2.10 | 2.09 | - | 1.91 |
| | | ICBR | 1.68 | 3.25 | 1.04 | - | 2.39 | 2.04 | 2.05 | 7.76 | - | 3.47 |
| | | Gonflement (%) | 3.90 | 2.26 | 8.25 | - | 6.35 | 6.85 | 3.50 | 0.55 | - | 2.03 |
| | 25 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | 1.67 | 1.74 | 1.64 | - | 1.67 | 1.58 | 2.01 | 1.98 | - | 1.78 |
| | | ICBR | 1.25 | 0.68 | 0.74 | - | 1.19 | 1.82 | 1.70 | 7.12 | - | 3.40 |
| | | Gonflement (%) | 7.45 | 4.18 | 5.90 | - | 8.18 | 8.53 | 3.97 | 1.98 | - | 2.38 |
| | 10 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | 1.55 | 1.57 | 1.50 | - | 1.57 | 1.53 | 1.86 | 1.83 | - | 1.66 |
| | | ICBR | 0.87 | 0.46 | 0.52 | - | 0.76 | 1.30 | 1.05 | 3.15 | - | 2.08 |
| | | Gonflement (%) | 7.15 | 1.57 | 6.92 | - | 6.40 | 8.48 | 4.17 | 1.65 | - | 2.54 |
| ICBR | A 100 % de l'Opm | | **1.68** | **3.25** | **1.04** | - | **2.39** | **2.04** | **2.05** | **7.76** | - | **3.47** |
| Classes de portance (Sol support) | | | **S4** | **S4** | **S4** | - | **S4** | **S4** | **S4** | **S3** | - | **S4** |

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

| Puits N° | | | P-11 | P-12 | P-13 | P-14 | P-15 | P-16 | P-17 | P-18 | P-19 | P-20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Section | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| PK | | | 14+630 | 14+020 | 13+480 | 12+900 | 12+120 | 11+450 | 10+850 | 10+200 | 9+580 | 8+950 |
| Profondeur (m) | | | 0.70-1.40 | 0.60-1.20 | 1.00-1.80 | 0.80-1.80 | 0.60-1.30 | 1.20-1.80 | 0.50-1.30 | 0.70-1.60 | 1.20-2.00 | 0.90-1.80 |
| Teneur en eau naturelle : ω (%) | | | 5.74 | 10.68 | 6.56 | 10.12 | 8.40 | 10.01 | 16.12 | 12.82 | 21.46 | 11.72 |
| Granulométrie | Passants à 5 mm (%) | | 100 | 99.62 | 95 | 83.66 | 100 | 98.04 | 99.46 | 0 | 10 | 87 |
| | Passants à 2 mm (%) | | 98.92 | 99.07 | 94 | 80.37 | 98.40 | 95.34 | 98 | 100 | 99.14 | 85 |
| | Passants à 0,40 mm (%) | | 91.51 | 91.81 | 90 | 38.68 | 88.29 | 84.50 | 96.08 | 92 | 96.95 | 70 |
| | Passants à 80 µ (%) | | 69.95 | 87.02 | 76 | 34.64 | 75.96 | 68.20 | 94.94 | 59 | 93.55 | 55 |
| Limites ATTERBERG | Limite de liquidité $L_L$ | | 34.02 | 36.71 | 30.86 | 40.32 | 49.27 | 42.84 | 43.97 | 50 | 38.83 | 38.03 |
| | Indice de plasticité $I_P$ | | 16.19 | 18.44 | 15.80 | 18.68 | 24.90 | 20.50 | 22.55 | 24.12 | 18.87 | 18.77 |
| Classe du sol selon GTR | | | **A2** | **A2** | **A2** | **A2** | **B6** | **A2** | **A2** | **A2** | **A2** | **A2** |
| Procto modifié | $\gamma_{dopm}$ (t/m$^3$) | | - | - | 2.05 | - | - | - | - | 1.88 | - | 1.92 |
| | $\omega_{opm}$ (%) | | - | - | 7.2 | - | - | - | - | 12.7 | - | 13.10 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | - | 2.07 | - | - | - | - | **1.86** | - | - | 1.91 |
| | | ICBR | - | 6.94 | - | | - | - | 1.75 | - | - | 3.47 |
| | | Gonflement (%) | - | 0.25 | - | - | - | - | 2.56 | - | - | 2.03 |
| | 25 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | - | 1.99 | - | - | - | | **1.85** | - | - | 1.78 |
| | | ICBR | - | 6.57 | - | - | - | - | 1.66 | - | - | 3.40 |
| | | Gonflement (%) | - | 0.32 | | - | - | - | 2.89 | - | - | 2.38 |
| | 10 coups | $\gamma_d$ (t/m$^3$) | | 1.79 | - | - | - | - | **1.67** | - | - | 1.66 |
| | | ICBR | - | 2.84 | - | - | - | - | 1.13 | - | - | 2.08 |
| | | Gonflement (%) | - | 1.27 | - | - | - | - | 3.62 | - | - | 2.54 |
| ICBR | A 100 % de l'Opm | | - | - | **6.94** | - | | - | - | **1.75** | - | **3.47** |
| Classes de portance (Sol support) | | | - | - | - | **S3** | - | - | - | - | **S4** | - |

**Tableau II.3-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance [5].

| Puits N° | | | P-21 | P-22 | P-23 | P-24 | P-25 | P-26 | P-27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Section** | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| **PK** | | | 8+350 | 7+370 | 6+800 | 6+180 | 5+380 | 4+450 | 3+780 |
| **Profondeur (m)** | | | 0.50-1.30 | 0.80-1.40 | 0.60-1.40 | 0.90-1.70 | 1.00-1.80 | 0.60-1.30 | 1.00-1.80 |
| **Teneur en eau naturelle : ω (%)** | | | 10.51 | 12.15 | 14.72 | 11.82 | 15.21 | 12.51 | 14.99 |
| **Granulométrie** | **Passants à 5 mm (%)** | | 97.69 | 100 | 100 | 100 | 100 | 99.33 | 100 |
| | **Passants à 2 mm (%)** | | 97.35 | 98.28 | 99.05 | 100 | 99.85 | 98.77 | 100 |
| | **Passants à 0,40 mm (%)** | | 94.56 | 95.21 | 95.72 | 100 | 94.58 | 96.38 | 7.32 |
| | **Passants à 80 µ (%)** | | 87.92 | 93.49 | 88.18 | 86.34 | 91.29 | 71.48 | 7.88 |
| **Classe du sol selon GTR** | | | **A3** | **A2** | **A2** | **A3** | **A2** | **A3** | **A2** |
| **Limites ATTERBERG** | **Limite de liquidité $L_L$** | | 48.82 | 45.05 | 49.40 | 51.49 | 37.68 | 48.89 | 43.25 |
| | **Indice de plasticité $I_P$** | | 25.42 | 22.74 | 24.44 | 26.00 | 17.26 | 25.42 | 22.43 |
| **Proctor modifié** | **$\gamma_{dopm}$ (t/m$^3$)** | | - | 1.89 | 1.81 | - | 1.86 | 1.92 | - |
| | **$\omega_{opm}$ (%)** | | - | 12.40 | 13.10 | - | 13.60 | 11.20 | - |
| **C.B.R imbibé à 4 jours** | **55 coups** | **$\gamma_d$ (t/m$^3$)** | - | 1.88 | 1.3 | - | 1.84 | 1.93 | - |
| | | **$I_{CBR}$** | - | 2.66 | 2.01 | | 2.53 | 2.80 | - |
| | | **Gonflement (%)** | - | 2.28 | 3.35 | - | 1.07 | 1.71 | - |
| | **25 coups** | **$\gamma_d$ (t/m$^3$)** | - | 1.84 | 1.77 | - | 1.79 | 1.86 | - |
| | | **$I_{CBR}$** | - | 2.38 | 0.97 | - | 2.35 | 2.60 | - |
| | | **Gonflement (%)** | - | 2.91 | 4.61 | - | 1.96 | 2.38 | - |
| | **10 coups** | **$\gamma_d$ (t/m$^3$)** | - | 1.71 | 1.54 | - | 1.61 | 1.68 | - |
| | | **$I_{CBR}$** | - | 1.69 | 0.55 | - | 1.37 | 1.69 | - |
| | | **Gonflement (%)** | - | 3.14 | 4.72 | - | 3.30 | 2.75 | - |
| **$I_{CBR}$** | **A 100 % de l'Opm** | | - | 2.66 | 2.01 | | 2.53 | 2.80 | - |
| **Classes de portance (Sol support)** | | | - | **S4** | **S4** | - | **S4** | **S4** | - |

**Tableau II.4-** Résultats des essais au laboratoire sur les puits de reconnaissance [5].

**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 0+700 au PK 03+560** : 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 0+700 par une couche de sables fins argilo limoneux avec quelques blocs de calcaire et des amas de marne grise.

**Du PK 03+780 au PK 09+580** : 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 10+200 au PK 17+100 :** 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 :**

Le programme des essais de laboratoire a été établi pour permettre la classification des matériaux provenant des déblais pour étudier la possibilité de leur réutilisation en couches de remblais et la détermination de la classe du sol support permettant la définition et le dimensionnement du corps de chaussée, ainsi que la classification GTR (NF P 11-300) et ASTM de tous les échantillons prélevés sont présentés dans le Tableau- Annexe 2 (VOIR ANNEXE).

En ce qui concerne l'analyse de chaque formation, de la Fig. II.4 à Fig. 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]

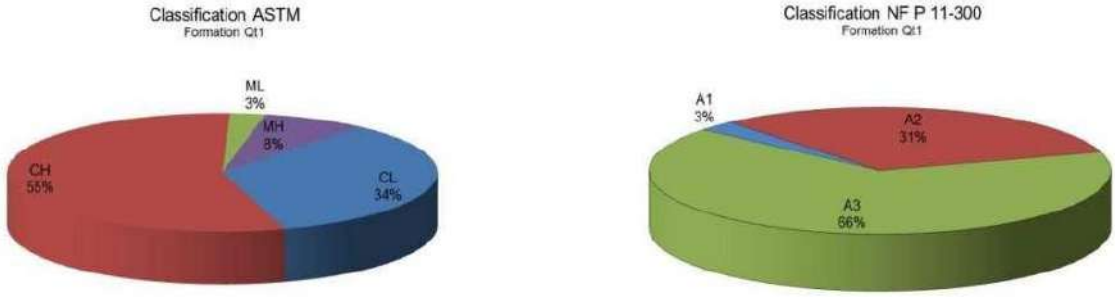



**Fig. II.4 –** Graphiques de l'analyse de la formation Qt1 (Argile / argile marneuse / argiles sablo-limoneuses / limons argilo sableux) [1].

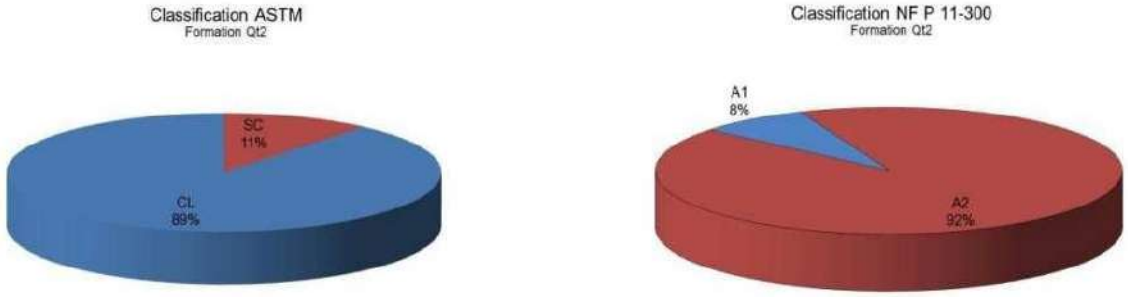



**Fig. II.5** – Graphiques de l'analyse de la formation Qt2 (Sable limoneux/limon sableux/sable argileux) [1].

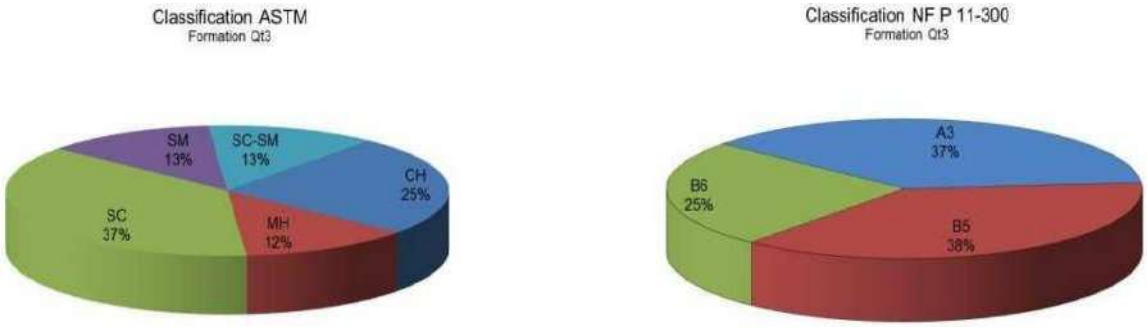



**Fig. II.6** – Graphiques de l'analyse de la formation Qt3 (Sable fin à grossier / sable graveleux, peu caillouteux à caillouteux dans une matrice limono-argileuse) [1].

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 $A_3$ à $A_2$). Concernant la formation Qt2, la fraction fine a un degré de plasticité moyen (classe essentiellement $A_2$). La fraction fine de la formation Qt3 a une plasticité très variable, allant d'$A_2$ à $A_3$.

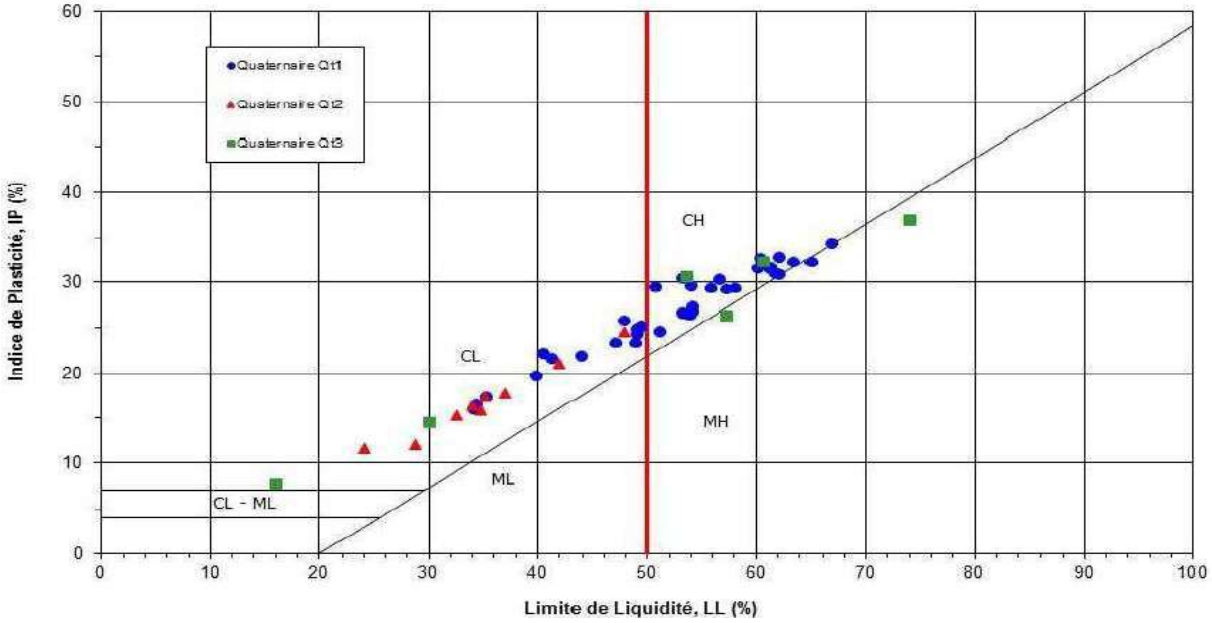



**Fig. II.7** Carte de plasticité de la fraction fine des échantillons remaniés et intacts [5]

## 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 une science qui étudie les propriétés physiques, mécaniques et hydraulique des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; qui se fond en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain. Et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

## III.2 La chausses

### III.2.1 Définition

D'après l'exécution des terrassements, y'compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate–forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet. A la suite, la chaussée est appelée à :

- ✓ Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- ✓ reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic [3].

**III.2.2 Les différentes couches de chaussée :** En principe, une chaussée peut avoir les couches suivantes :

**III.2.2.1 Couche de surface :** la couche de surface est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. Elle peut être composée de :

- **Couche de roulement:**

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

**Son rôle est :**

- ✓ 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.)

- **Couche de liaison aux couches d'assise :**

**Son rôle est :**

- ✓ Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides [4].

**III.2.2.2 Couche de base:** La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm. [3]

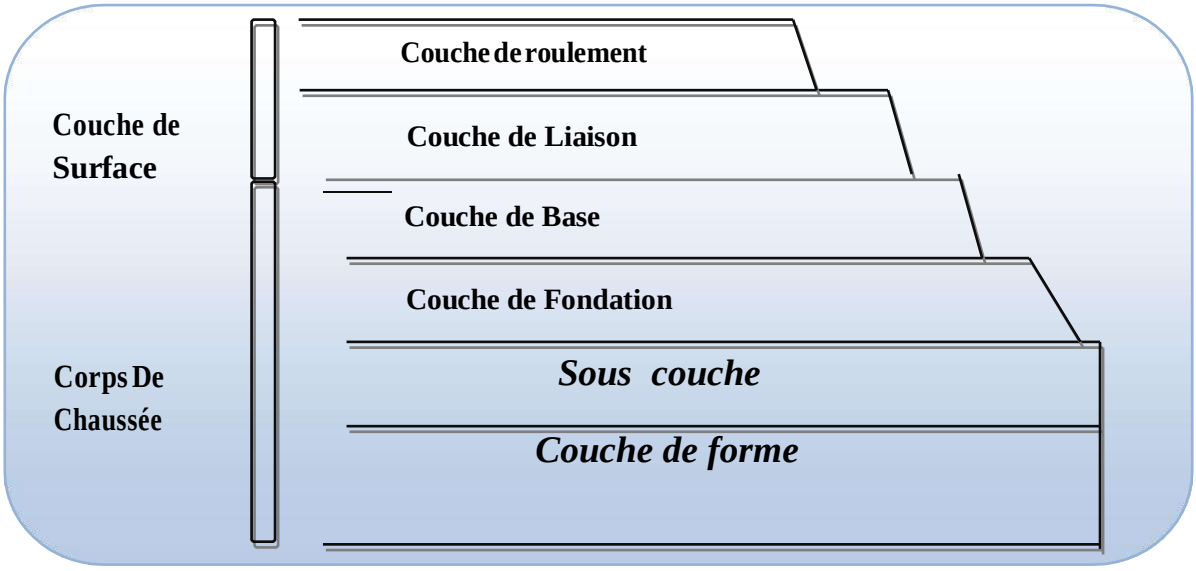
**III.2.2.3 Couche de fondation:** Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base. [3]

**III.2.2.4 Couche de forme:** La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. 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 différents catégories de chaussées

Il existe trois catégories de chaussées :

- ✓ ***Chaussée souple.***
- ✓ ***Chaussée semi-rigide.***
- ✓ ***Chaussée rigide.***

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

- **Les chaussées souples :** 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 couche de base peuvent être constituées de grave non traitée.
- **Les chaussées rigides :** Les chaussées rigides sont des 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).

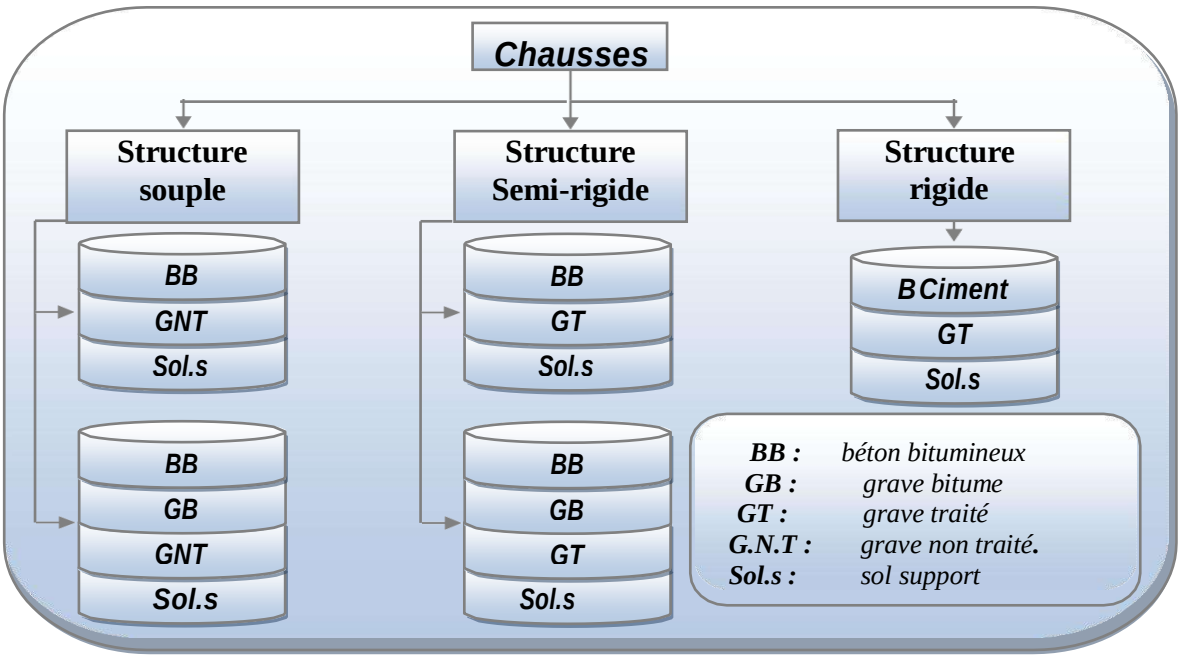



**Fig. III. 1 :** Différentes catégories de chaussée [4]

## III.3 Etude de trafic

L'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle impactera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées

Pour permettre le dimensionnement empirique d'une chaussée, il convient donc d'exprimer le trafic lourd en nombre d'essieux équivalents, supportés pendant la durée de vie, en tenant compte du type de chaussée (souple ou rigide) et du type d'essieu (simple, tandem ou tridem) des véhicules lourds. Cette procédure nécessite des pesages détaillés des véhicules, fournissant la charge et le type de chacun des essieux. Si ces données ne sont pas disponibles, diverses méthodes d'estimation basées sur des analyses de trafics existent [11].

### 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 qualificatifs : 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.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies)

#### 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 :

**$TJMA_h$ :** le trafic à l'année horizon.

**$TJMA_o$ :** le trafic à l'année de référence.

**n**: nombre d'année.

**$\tau$ :** taux d'accroissement du trafic (%)

#### III.3.2.3 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]:

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

Avec :

**$T_{eff}$ :** trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

**Z :** pourcentage de poids lourd.

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

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

**Tableau III.1 :** Coefficient d'équivalence «P» [4].

### 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] :

- Route de catégorie (**C1**) ; d'environnement ($E_2$)
- Le trafic à l'année 2004 **$TJMA_{2004}$ = 12800v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **$\tau$= 4%**
- La vitesse de base sur le tracé **$V_b$**=80km/h
- Le pourcentage de poids lourds **Z**=2Õ%
- 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)

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

Avec :

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

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

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

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

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

### III.3.4.3 Calcul du trafic effectif

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

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%**

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

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

## III.4 Caractéristiques géométriques d'une chaussée

Définir les caractéristiques d'une route, c'est concevoir les trois éléments géométriques simples qui la composent [12]:

- le tracé en plan, projection de la route sur un plan horizontal.
- le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice verticale passant par l'axe de celui-ci.
- le profil en travers, coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.

### III.4.1 Tracé en plan

Le tracé en plan est une représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence et la vitesse de basse qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer des bonnes conditions de sécurité et de confort. L'inconfort de l'usager est d'autant plus important que le rayon des courbures est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale règlementaire 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 (comme il est schématisé ci-dessous) :

- Des droites (alignements)
- Des arcs de cercle
- Des courbes de raccordement progressives

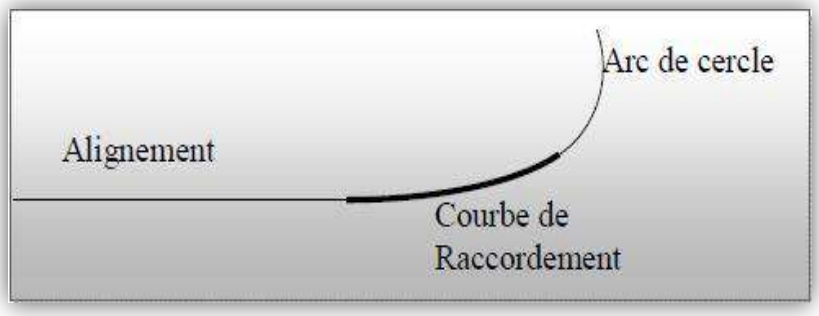



**Fig. III.2** : les éléments de tracé en plan.

- **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 $\mathbf{L_{min}}$ qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue durant un temps T d'adaptation de cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$\mathbf{L_{min} = T \times V_B}$$

Avec :

$\mathbf{T_B}$ **:** vitesse de base en (m/s) et T = 3 s entre deux courbes de sens différent ;

$\mathbf{T_B}$ **:** vitesse de base en (m/s) et T = 5 s entre deux courbes de même sens.

$$\Rightarrow \mathbf{L_{min}} = 5 \times V_B$$

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

$$\mathbf{L_{max} = T \times V_B}$$

Avec :

$\mathbf{T_B}$ **:** vitesse de base en (m/s) et T = **60 s**

$$\Rightarrow \mathbf{L_{max}} = 60 \times V_B$$

- **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 ($R_{Hmin}$) :**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127\,(ft + d_{max})}$$

Avec :

**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 (**RHn**) doit permettre à des véhicules dépassant $V_B$ de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127\,(ft + d_{max})}$$

- **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

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

- **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 $V_B$

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

| Paramètre | symboles | valeurs |
|---|---|---|
| Vitesse de référence (Km/h) | $V_r$ | 80 |
| Divers maximal (%) | $D_{max}$ | 7 |
| Rayon horizontal minimal (m) | $RH_m$ (7%) | 250 |
| Rayon horizontal normal (m) | RHn (5%) | 450 |
| Rayon horizontal déversé (m) | $RH_d$( 2.5%) | 1000 |
| Rayon horizontal non déversé (m) | $RH_{nd}$ (- 2.5%) | 1400 |

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

- **Des courbes de raccordement progressives.**

Entre l'alignement droit et l'arc de cercle, un tracé de route rationnel comporte donc un tronçon de raccordement à courbure progressive, passant de la courbure 0 ($R = \infty$) à l'extrémité de l'alignement jusqu'à la courbure 1/R au début du cercle du virage. L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes:

- Stabilité transversale des véhicules ;
- Confort des passagers en véhicules ;
- Transition de la forme de la chaussée ;
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

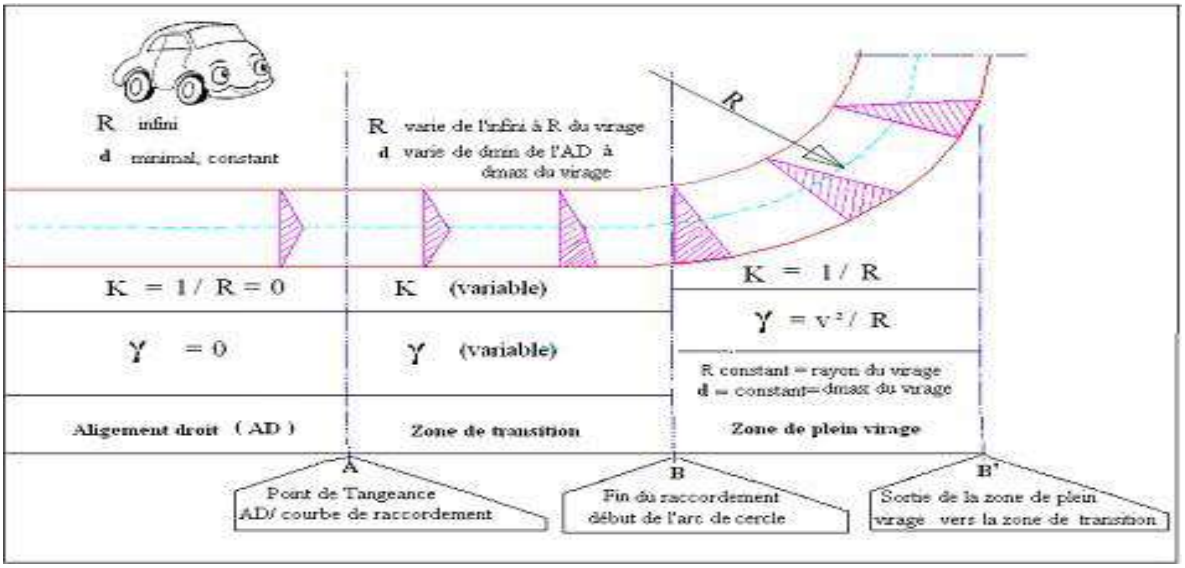



**Fig. III.3** : Les différentes sections d'un virage

- **Les types raccordement sont :**

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes :

- **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.

La clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers [6].

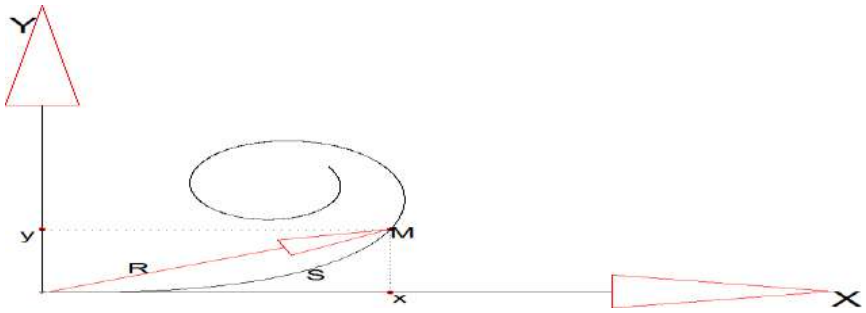



**Fig. III.4** : Clothoïde

$$A^2 = R \times L$$

Avec:

**A** : le paramètre de la clothoïde

**R** : le rayon de la courbure

**L** : la longueur totale du raccordement

### III.4.2 Profil en long

**Définition :**

Le profil en long est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Il se compose de droites reliées par des raccordements paraboliques.

On distingue deux types de raccordement:

- Raccordement convexe (angle saillant) ;
- Raccordement concave (angle rentrant).

On appelle déclivité, la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, elle prend le nom de pente pour une descente et rampe pour une montée.

Le pourcentage de déclivité est choisi de manière à:

- Assurer une circulation sans gène due au trafic de poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possible, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds ;
- Assurer l'évacuation des eaux dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.

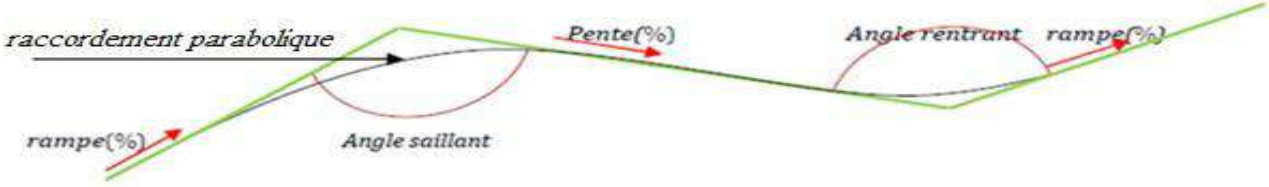



**Fig. III.5** : Profil en long d'une route

- **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 :

| Catégorie | | $C_1$ |
|---|---|---|
| Environnement | | E3 |
| Vitesse de base (Km/h) | | 80 |
| Rayon en angle saillant **RV** | Route unidirectionnelle : (2x2 voies)<br>RV ml (minimal absolu) en m<br>RV nl (minimal normal) en m | <br>2500<br>6000 |
| Rayon en angle rentrant **RV** | Route unidirectionnelle : (2x2 voies)<br>RV ml (minimal absolu) en m<br>RV nl (minimal normal) en m | <br>2400<br>3000 |
| Déclivité maximale $\mathbf{I_{max}}$ (%) | | 6 |

**Tableau III.3 :** Les rayons horizontaux [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 déterminer par le calcul de la capacité ainsi une la structure complète de chaussée.

Le respect des bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'usager 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'usager 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'usager :

- ✓ 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.4.3 Le profil en travers

#### III.4.3.1 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] :

#### III.4.3.2 Eléments constitutifs du profil en travers

- ✓ **Emprise :** Surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances, limitée par le domaine public.
- ✓ **Assiette :** Surface du terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai (terrassements).
- ✓ **Plate-forme :** Pour un projet routier, une plate-forme est constituée d'une ou deux chaussées, des accotements et, éventuellement, d'un terreplein central.
- ✓ **Chaussée :** Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton, elle peut être bidirectionnelle ou unidirectionnel.
- ✓ **Terre plein central :** Espace aménagé séparant deux chaussées à sens opposés, comportant les deux bandes dérasées de gauche (BDG) et la bande médiane. Elle sert à séparer les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation... etc.).
- ✓ **Accotements :** Elément de la route comprenant une bande dérasée, constituée d'une sur-largeur de chaussée et d'une bande stabilisée ou revêtue, et la berme.

- ✓ **Bande dérasée :** Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle. Elle comporte le marquage en rive.
- ✓ **Fossé :** Tranchée creusée parallèlement à la route, permettant l'évacuation des eaux internes ou de ruissellement.
- ✓ **Berme :** Zone située immédiatement à l'extérieur de la bande dérasée. Elle est généralement engazonnée. Elle supporte certains panneaux de signalisation et d'éventuels équipements.
- ✓ **Talus :** Terrain en pente faisant la liaison entre la plate-forme et le terrain naturel. Le talus de remblai surplombe la plate-forme et en est séparé par un fossé destiné à recevoir les eaux de ruissellement. Le talus de déblai se trouve en contrebas de la plate-forme.

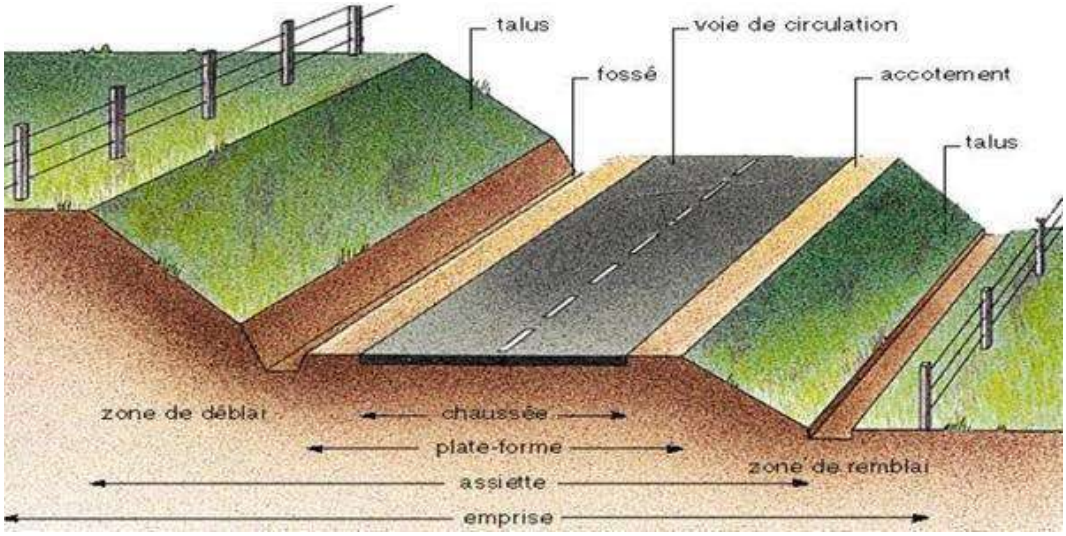



**Fig. III.6 :** Profil en travers général [6].

### III.4.3.3 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.4.3.4 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].

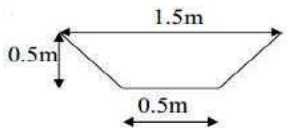
#### III.4.3.5 Les dévers

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.4.3.6 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.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 nécessite une géométrie descriptive pour chaque profil [10].

### III.5.2 Méthode utilisé

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 calcul le volume compris entre deux profils successifs :

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

Où h, $S_1$, $S_2$ et $S_0$ 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].

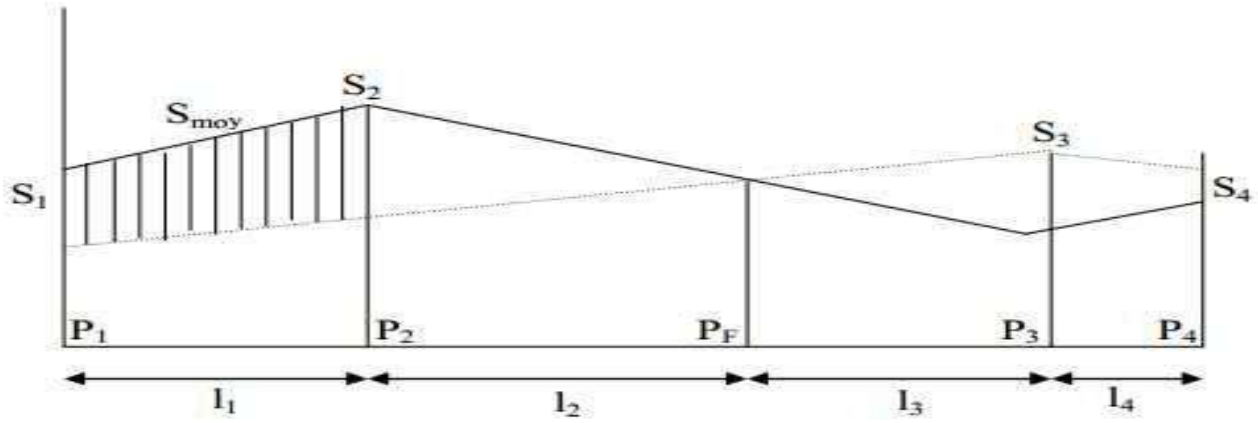



**Fig. III.7 :** le profil en long d'un tracé donné [10].

Le volume compris entre les deux profils en travers $P_1$ et $P_2$de section $S_1$ et $S_2$ 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

$S_{moy}$ et $\frac{(S1+S2)}{2}$.

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

En additionnant membres 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 étudiés, 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 donné 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 LA 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 :

- ✓ Laforce 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]:

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100 + \left(\sqrt{\mathrm{P}}\right)\left(75 + 50\log\left(\frac{\mathrm{N}}{10}\right)\right)}{\mathrm{ICBR} + 5}$$

Avec :

**Eeq** : épaisseur équivalente ;

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

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

$$\mathbf{N = T_H\ \%PL}$$

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

**P** : indice CBR (sol support) ;

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

**Log** : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{eq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3$$

Avec :

**$C_1 \times e_1$ :** 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 :

| 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 |

**Tableau IV.1 :** coefficients d'équivalence pour chaque matériau [6]

### 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 de200 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 20ième 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 :

| Classe de trafic | Trafic poids lourds cumuli sur 20 ans |
|---|---|
| $T_1$ | $T < 7{,}3\ 10^5$ |
| $T_2$ | $7{,}3\ 10^5 < T < 2\ 10^5$ |
| $T_3$ | $2\ 10^6 < T < 7{,}3\ 10^6$ |
| $T_4$ | $7{,}3\ 10^6 < T < 4\ 10^7$ |
| $T_5$ | $T > 4\ 10^7$ |

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

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_C = T_{PL}\ [\ 1\ + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau}\ ].\ 365$$

Avec :

**$T_{PL}$:** trafic poidd lourds à l'année de mise en service

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

#### IV.2.5.2 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]:

| Classe de sol | Indice C.B.R |
|---|---|
| $S_0$ | > 40 |
| $S_1$ | 25 - 40 |
| $S_2$ | 10 - 25 |
| $S_3$ | 05 - 10 |
| $S_4$ | < 05 |

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

### 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]:

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

Avec :

**$T_{éq}$**= 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 **$T_{éq}$, $I_{CBR}$**) 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.

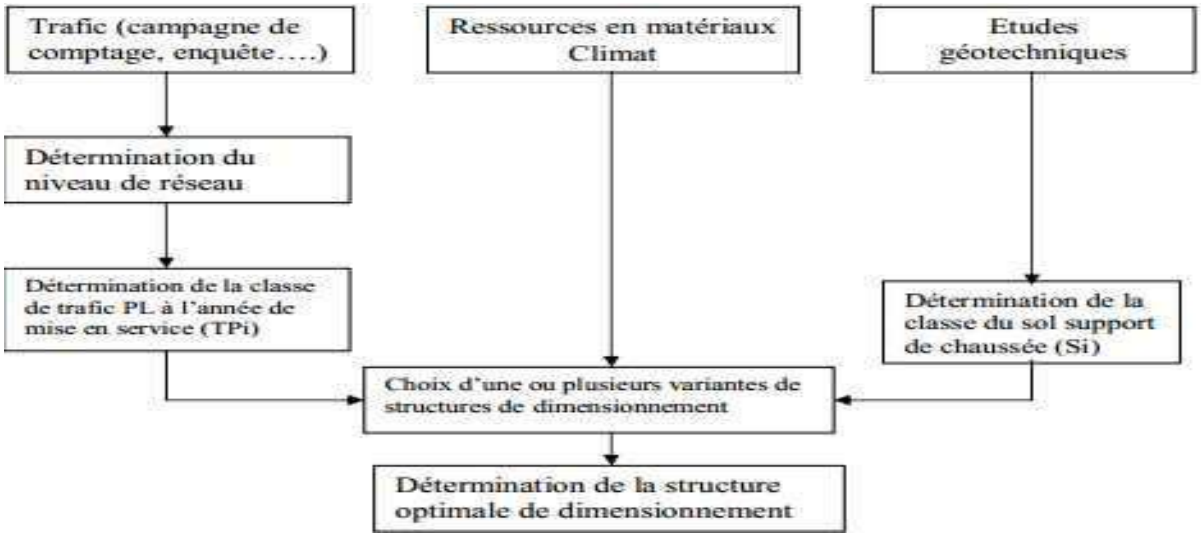



**Fig. IV.1** La démarche du catalogue [8]

## 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 « CTTP ».

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

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

N = (TJMA $_{2029}$ x PL%) / 2

N = (28046 x 0.22) / 2 = 3085 pl/j/sens.

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100+\left(\sqrt{\mathrm{P}}\right)\left(75+50\log\left(\frac{\mathrm{N}}{10}\right)\right)}{\mathrm{ICBR}+5}$$

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100+\left(\sqrt{6.5}\right)\left(75+50\log\left(\frac{3085}{10}\right)\right)}{3+5} = 76{,}06 \text{ cm}$$

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 : $\mathbf{E_{éq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3}$

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « $\mathbf{e_1}$» et «$\mathbf{e_2}$» et on calcule « $\mathbf{e_3}$ », 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.

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100 + \left(\sqrt{\mathrm{P}}\right)\left(75 + 50\log\left(\frac{\mathrm{N}}{10}\right)\right)}{\mathrm{ICBR} + 5}$$

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100+\left(\sqrt{6.5}\right)\left(75+50\log\left(\frac{3085}{10}\right)\right)}{10+5} = 40{,}6 \text{ cm}$$

$\mathbf{E_{eq}}$ = 40,6cm

| 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** |

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

- 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

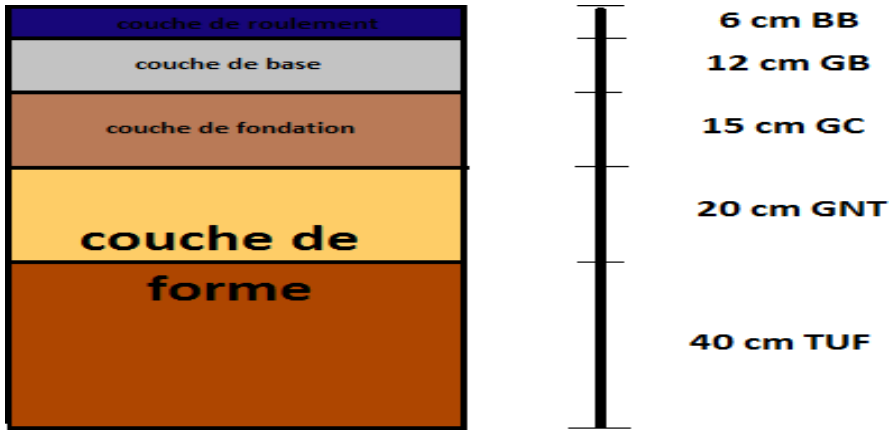



**Fig. IV.2 :** Dimensions du corps de chaussée (zone inondable)

**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 précèdent :

$I_{CBR}$= 10

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

N = ($TJMA_{2029}$ x PL%) / 2

N = (28046 x 0.22) / 2 = 3085 pl/j/sens.

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100+(\sqrt{P})\,(75+50\log(\frac{N}{10}))}{ICBR+5}$$

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100+(\sqrt{6.5})\,(75+50\log(\frac{3085}{10}))}{10+5} = 40{,}60 \text{ cm}$$

| 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** |

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

- On a 41.4 > 40.60

**Remarque:** les épaisseurs sont indiquées en centimètre (cm) L'épaisseur réelle égale = 33cm, la structure comporte :

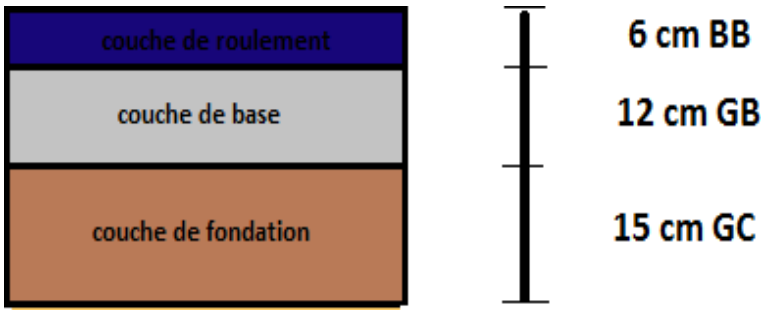



**Fig. IV.3** : Dimensions du corps de chaussée (zone normale)

### 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 150 pl/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 :

$MJA_{2024/sens/voie\ la\ plus\ chargée}$ = (TJMA $_{2024}$ x PL%) / 2 = (TJMA $_{2024}$ x 0.22) / 2

$MJA_{2024/sens/voie\ la\ plus\ chargée}$ = 3046 PL /sens/voie la plus chargée.

$$T_C = T_{PL}\,[\,1 + \frac{(1+\tau)^{n+1}-1}{\tau}\,].\,365$$

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

$$T_C = T_{PL}\,[\,1 + \frac{(1+0.04)^{15+1}-1}{0.04}\,].\,365 = 25.37\ 10^6 \text{ PL}$$

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

$7.3\ 10^6 < T < 4\ 10^7$ donc la classe $T_4$ (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 :

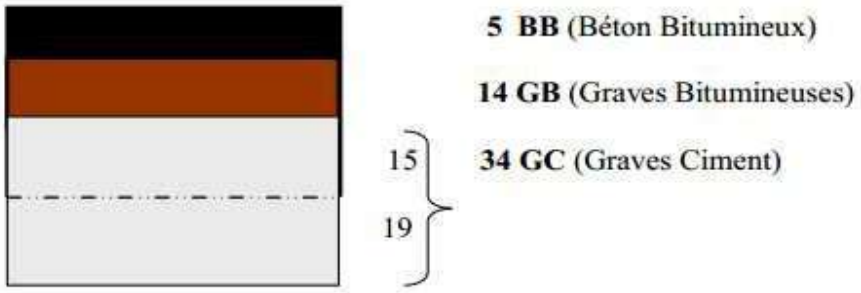



**Fig. IV.4 :** Dimensions du corps de chaussée

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]

| 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** |

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

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

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 effectué 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]

**PK19+175 au PK19+975**

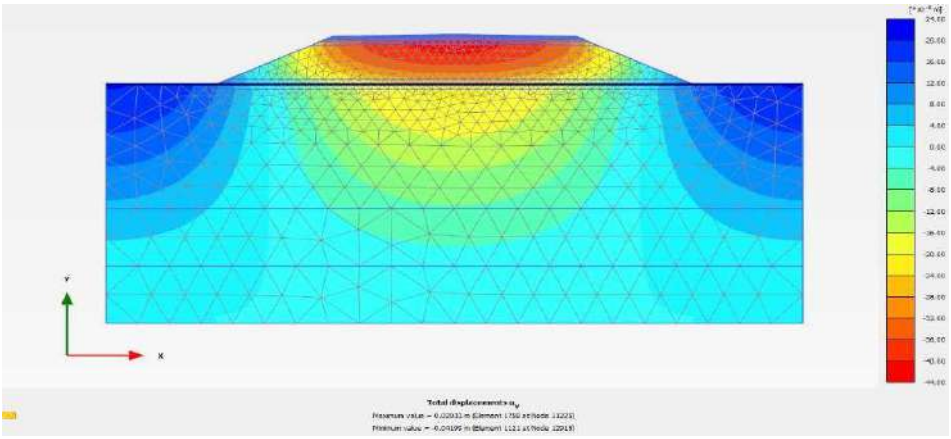


**Fig IV.5** Déplacement vertical

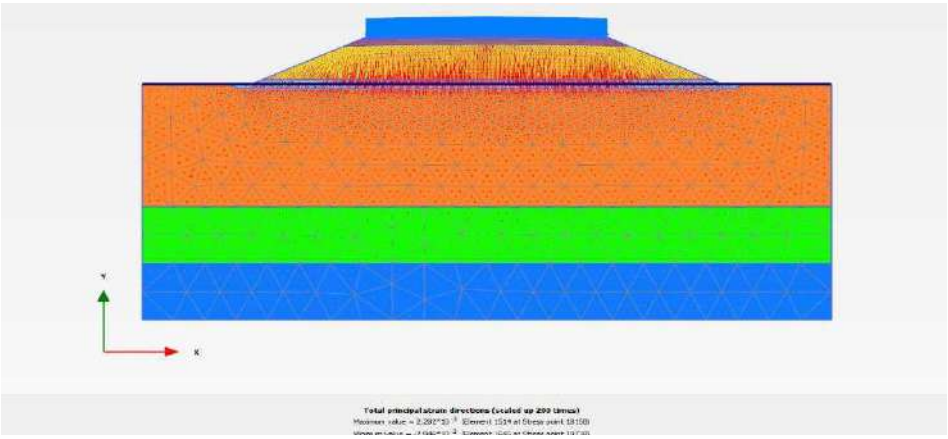


**Fig IV.6** La contrainte verticale

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 kN/m2 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 repartit 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

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

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

**6 BB + 12 GB + 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
# GITES D'EMPRUNT, SOLUTIONS DES REMBLAIS ET ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

# V.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.

# V.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]

## V.2.1 Gites à matériaux

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

### V.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].

### V.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]

### V.2.1.3 Région de Boughezoul

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

### V.2.1.4 Région de Chahbounia

Cette région est caractérisée essentiellement :

- Au Nord par des formations de Miocène inferieur, représenté par des marnes, grés, conglomérats et argile à galets et à 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 continentale.

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 a jaunâtre. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 3m de profondeur. [3]

### V.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 inferieur présenté en grande partie par des roches meubles ( marne et argiles parfois marneuses) dans lesquelles intercalent des bancs de grès grossiers, d'ordre métrique a 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 pendent 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.

### V.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 Al et A2. Le pourcentage des fines (<80pm), 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/m3, 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 expliqué par la prise du calcaire et de gypse. Les gonflements mesurés à l'aide des essais CBR, sont faibles. [2]

➢ **Gîte d'emprunt Boughezoul**

- **Granulométrie :** L'analyse granulométrique des différents échantillons montre un sol de classe A2. Le pourcentage des passants 80pm, 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/m3, 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 Pl, le pourcentage des passants 80pm 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 1 t/m3, 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 1' 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 permit d'améliorer la granulométrie [2].

➢ **Gîte d'emprunt Boughezoul (Produit de carrière)**

- **Granulométrie :** L'analyse des différents échantillons montre que les matériaux sont de la classe B5, avec un pourcentage de passants 80pm, 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/m3, 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 Pl se trouve dans la classe A2. Le pourcentage des passants 80pm, 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 et1.80 t/m3, 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 expliqué 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 pendent 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 :

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

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

### V.2.4 Estimation des réserves :

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

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

| Gisement | Fraction | Reserve Estimative ($m^3$) | Découverte | Conditions d'exploitation | Possibilité d'utilisation (Voir GTR) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Boughezoul** | Calcaire organogène du Miocène | 5 millions | 1 .00 m | Favorables (Explosifs) | Agrégats |

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

### V.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 Boughezoul 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 ($P_{modifié\ corrigé}$) ($\gamma_{dmax}$) ..... 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].

### V.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 (< 80 µm) .....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 ($P_{modifié\ corrigé}$) $\gamma_{dmax}$).....2,27 T/m3
- Teneur en eau optimale ($P_{modifié\ corrigé}$) ($W_{OPM}$)..... 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].

## V.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'voir une solution adéquate pour la réalisation du remblai dans notre zone d'étude.

### V.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].

### V.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'enrochements – Mat.4).

La géométrie de la couche d'enrochement 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'enrochement, on a adopté un scénario de crue pour la période de retour de 25 ans, en distinguant deux situations [3]

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

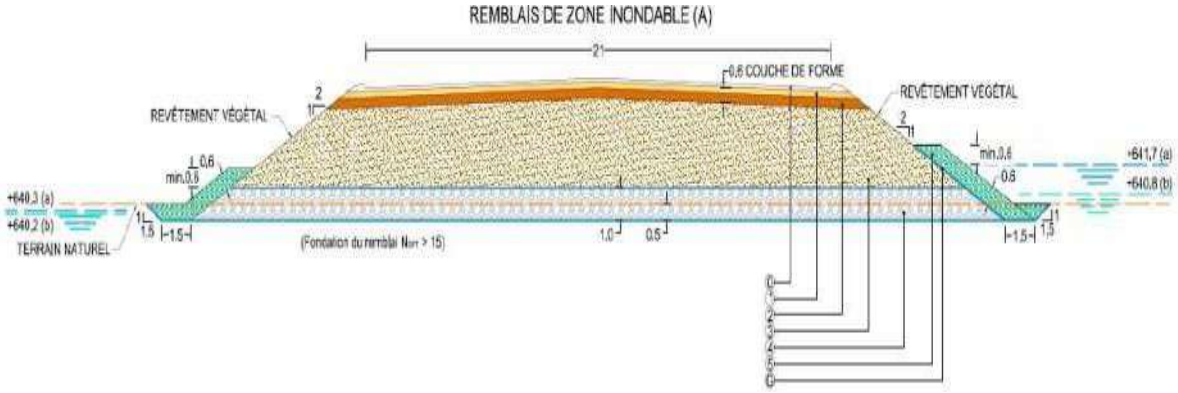



**Fig. V.1** Profil type du remblai de zone inondable (A) du (PK 18+650 au PK 19+900) [2]

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

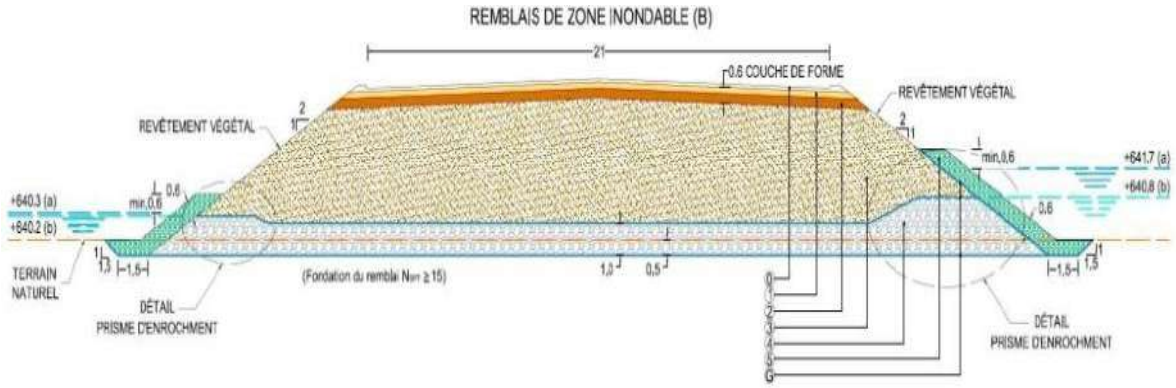



**Fig. V.2** Profil type du remblai de zone inondable (B) du
(PK 17+700 u PK 18+650 et du PK 19+900 au PK 22+700) [2]

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 ≤ 0,1, MDE + LA ≤ 80% et le passant à 80 µm ≤ 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 80µm ≤ 35% et Dmax=50mm, IP ≤ 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 ≤ 0,1, LA + MDE ≤ 80%, ESP ≥ 35%, aux dimensions entre 20mm à 500mm et le passant à 80µm ≤ 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:

- $0{,}9W_{OPN} \leq Wn \leq 1{,}1W_{OPN}$ ;
- un compactage supérieur à 98% d'essai Proctor modifié;
- un module de déformabilité Ev2 supérieur à 50MPa; une relation Ev2/Ev1 inférieure à 2,0. (Ev1 et Ev2 sont les modules de déformabilité correspondant aux 1ers et 2èmes cycles d'essais, respectivement).

### V.3.3 Couche en GNT et couche en TUF

#### V.3.3.1 Solution adoptée

- 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 ≤ 28 + 35, Dmax=20mm, le passant à 80µm ≤ 10% et ES ≥ 40%.

Les matériaux désignés «couche de tuf» devront être constitués de matériaux granulaires, avec LA + MDE ≤ 31 + 46, Dmax=40mm, le passant à 80µm ≤ 25% et IP ≤ 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.

### V.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]

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

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

### V.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.

(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

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

## V.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 économico 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].

### V.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].

### V.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].

### V.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 :

- Implanter des arbres au niveau du talus et des pentes.

- **La sécurité :**

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter 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]

## V.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 Al, A2, B5 et Cl, 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 ET RECOMMANDATIONS

## 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.

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'entrainent pas de glissement pour toute la durée de vie de la structure, mais au delà de 25ans certains problèmes de stabilité peuvent apparaitre 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;

✓ Effectués des campagnes de reconnaissances dans les carrières et les oueds pour assurer la qualité des matériaux de construction;

✓ 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 ;

# REFEERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

# Les Références Bibliographiques

[1] Donnée géotechnique ; géométrique 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 bousmil 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** 0ctobre **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

## Annexe 1

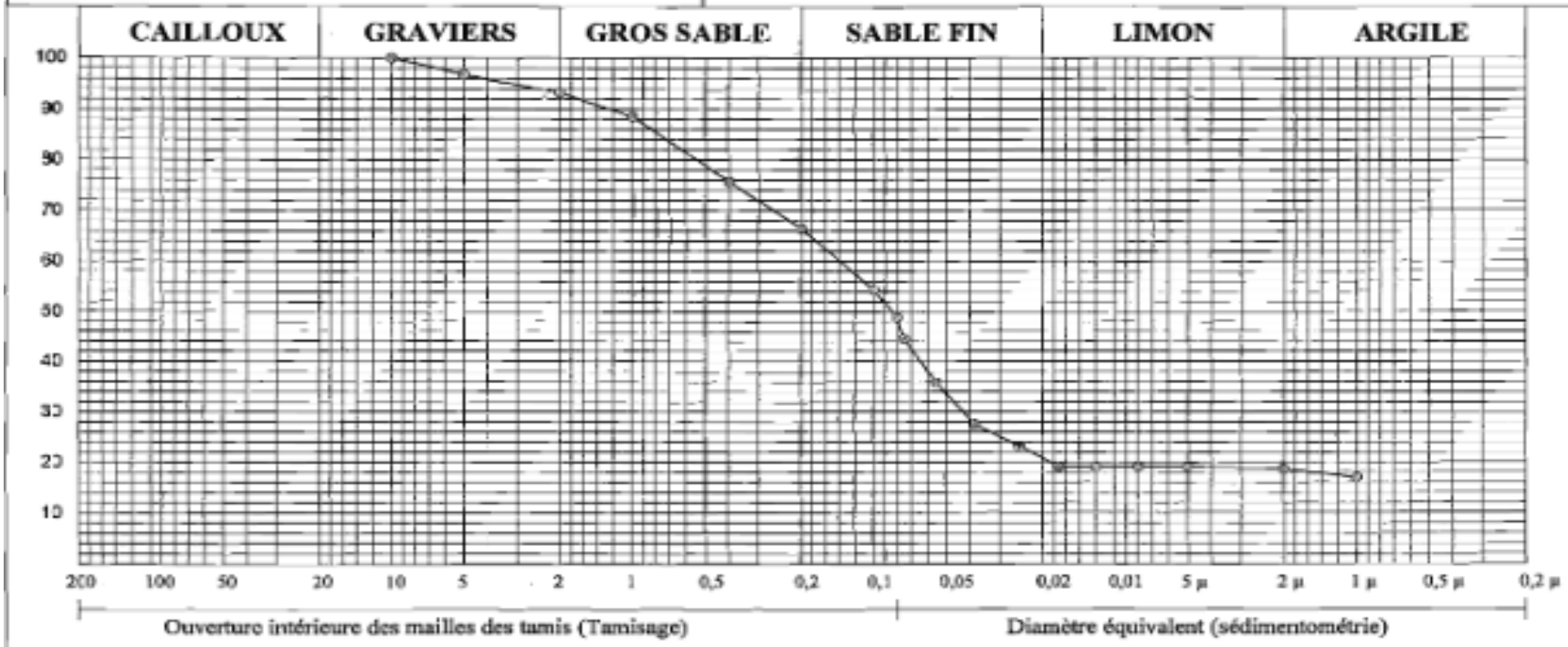
| Puits N° | | | P5 | P6 | P7 | P8 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Section | | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| PK | | | 19+175 | 19+975 | 21+300 | 21+900 |
| Profondeur (m) | | | 1.10-1.60 | 1.40-1.80 | 0.60-1.20 | 1.8-3 |
| Classe du sol selon GTR | | | **A3** | **A3** | **A2** | **A2** |
| Teneur en eu : (%) | | | 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 | $\Upsilon_{dopm}$ (t/m3) | | 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 | $\Upsilon$d ( t/m$^3$ ) | 1.77 | 1.79 | 5.10 | 2.09 |
| | | $I_{CBR}$ | 2.39 | 4.78 | 2.10 | 7.76 |
| | | Gonflement (%) | 6.35 | 6.85 | 2.05 | 0.55 |
| | 25 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$) | 1.67 | 1.58 | 3.50 | 1.98 |
| | | $I_{CBR}$ | 7.19 | 5.24 | 2.01 | 7.12 |
| | | Gonflement( %) | 8.18 | 8.53 | 1.70 | 1.98 |
| | 10 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$ ) | 1.57 | 1.53 | 3.97 | 1.83 |
| | | $I_{CBR}$ | 4.26 | 3.30 | 3.86 | 3.15 |
| | | Gonflement( %) | 6.40 | 8.48 | 1.05 | 1.65 |
| $I_{CBR}$ | A 95 % de l'Opm | | 4.18 | 4.4 | 2.65 | 3.15 |
| Classe de portance (sol support) | | | **S4** | **S4** | **S4** | **S4** |

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

ETUDE : DEDOUBLEMENT RN1
CLIENT :
LIEU : Seghouane / boughezoul
Date des essais : 29-08-2007 au 30-08-2007

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

Section 05 / pouit 05: 1.10 / 1.60




| Echantillon | < 80 µ (%) | LIMITES D'ATTERBERG | | | Classificat° |
|---|---|---|---|---|---|
| | | W.L (%) | W.P (%) | I.P (%) | |
| Ech 1 | 48,75 % | % | % | 0 % | SA |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

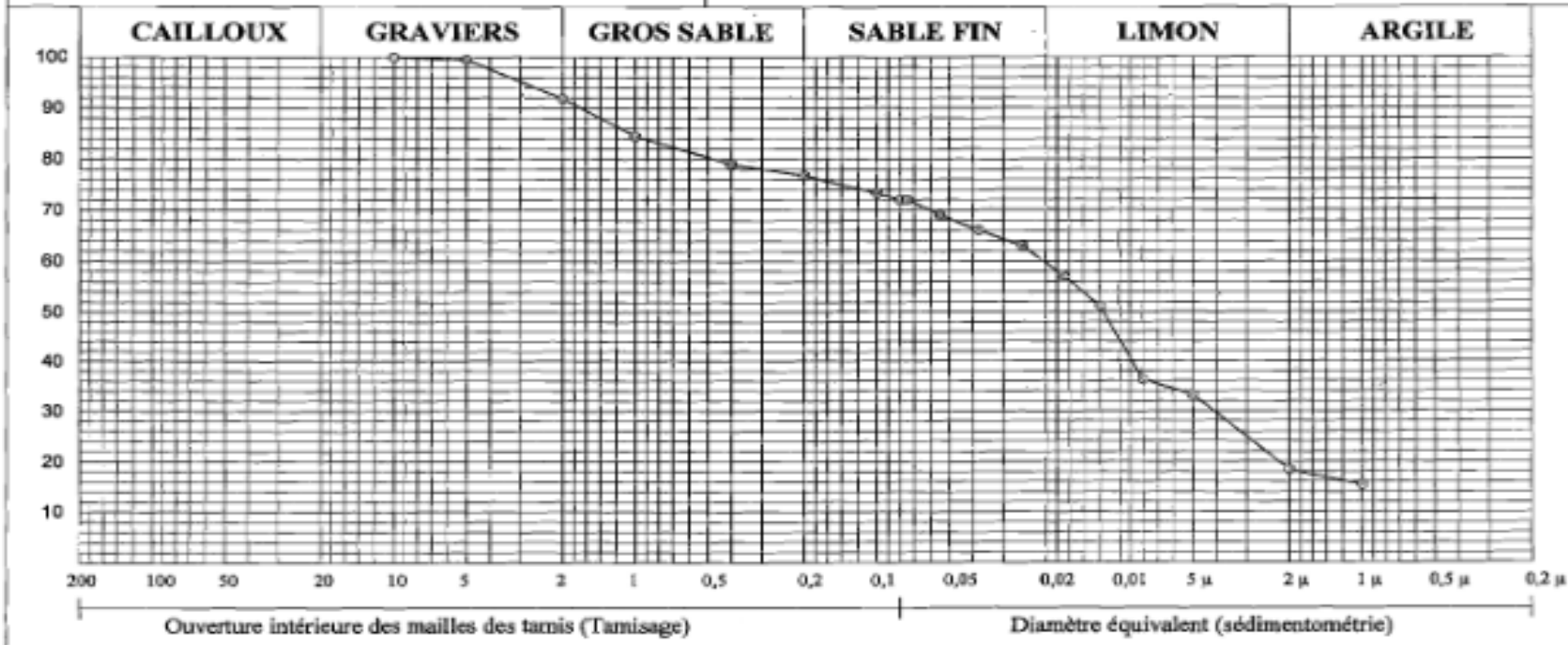
F-5-G-46-2

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

ETUDE : Dédoublement RN01
CLIENT :
LIEU : Seghouane / Boughezoul
Date des essais : 02-09-2007 au 06-09-2007

ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

Section 5 pouit 6: 1.40/1.80




| Echantillon | < 80 µ (%) | LIMITES D'ATTERBERG | | | Classificat° |
|---|---|---|---|---|---|
| | | W.L (%) | W.P (%) | I.P (%) | |
| Ech 1 | 72,00 % | % | % | 0 % | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

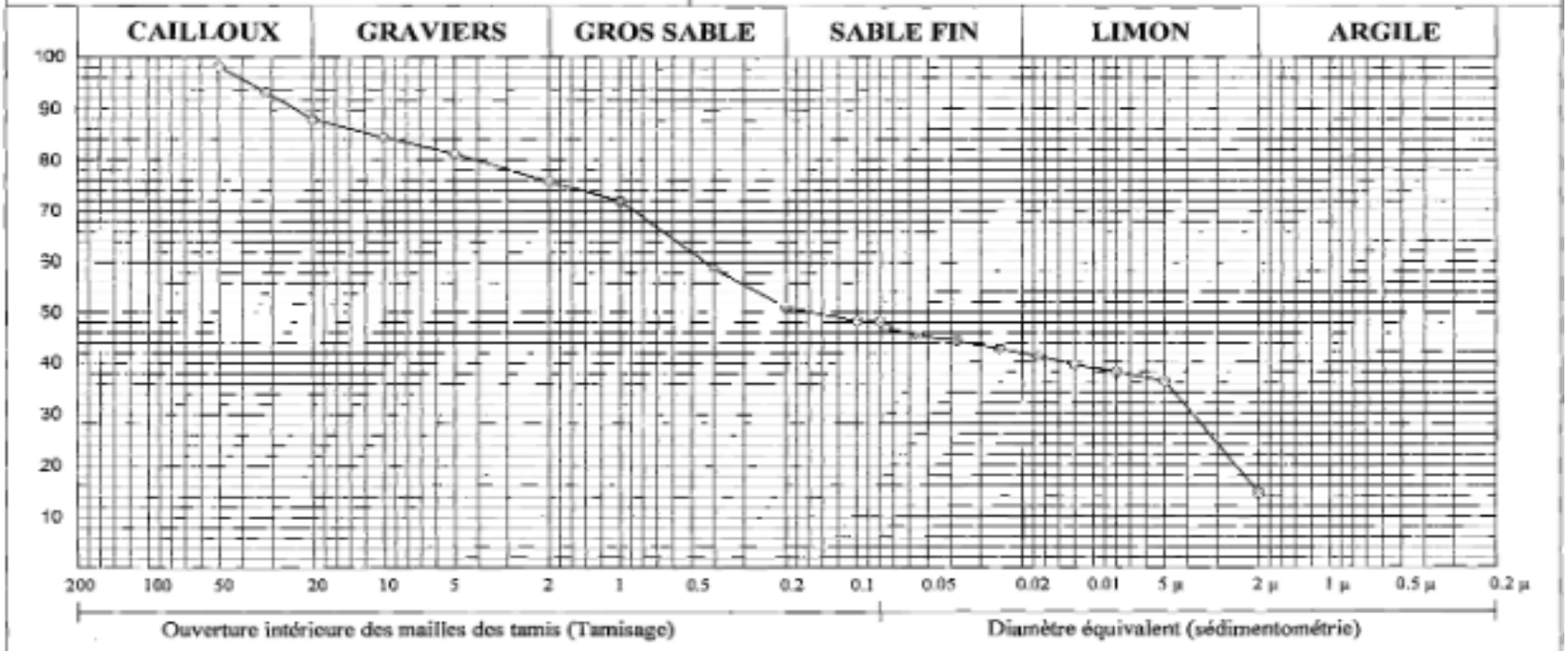
F-5-G-46-2

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

ETUDE : DEDOUBLEMENT DE LA RN1
CLIENT : TEC 04
LIEU :
Date des essais :

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

P 07: 0.60 - 1.20




| Echantillon | < 80 µ (%) | LIMITES D'ATTERBERG | | | Classificat° |
|---|---|---|---|---|---|
| | | W.L (%) | W.P (%) | I.P (%) | |
| Ech 9 | 48.20 % | 43,98 % | 22,74 % | 21.24 % | SA |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

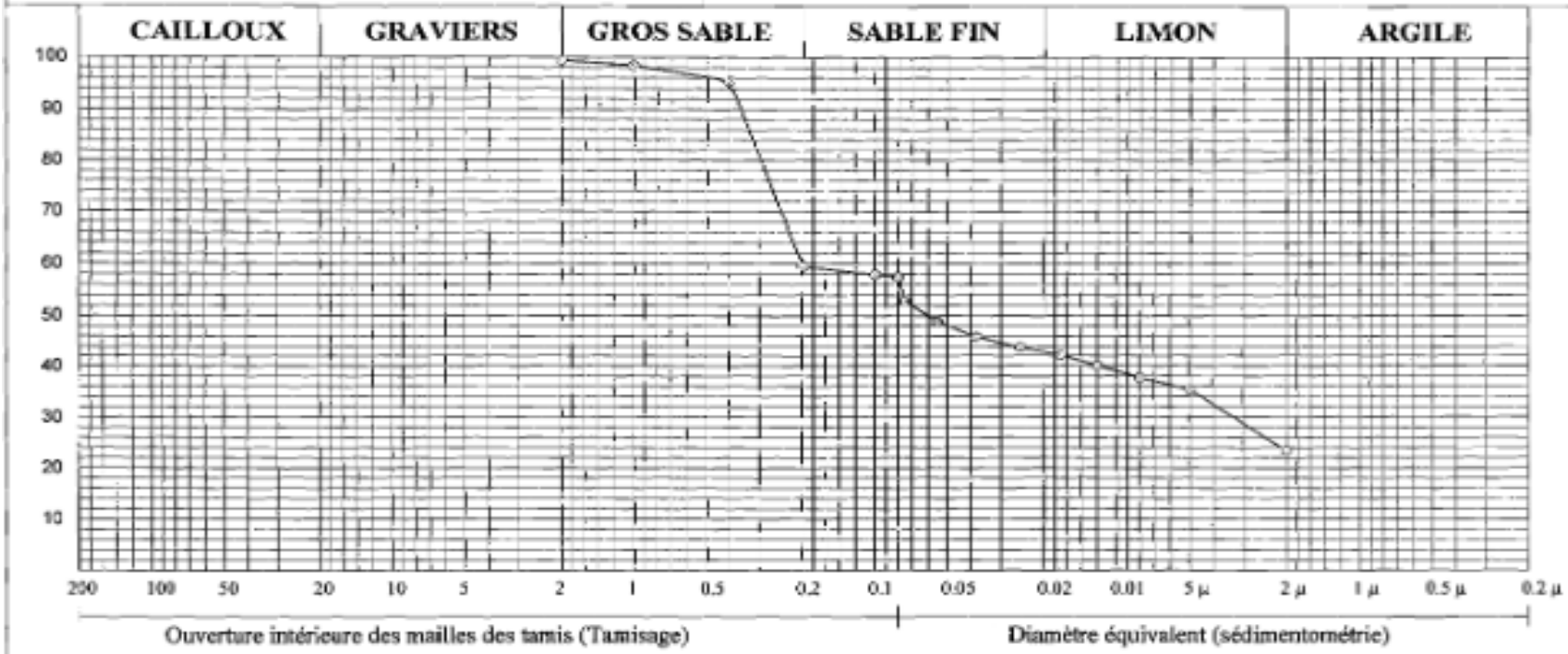
F-5-G-46-2

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

ETUDE : DEDOUBLEMENT DE LA RN1
CLIENT : TEC 04
LIEU :
Date des essais :

## ANALYSE GRANULOMETRIQUE Selon NFP 94-056 & NFP 94-057

P 08: 0.70 - 1.30




| Echantillon | < 80 µ (%) | LIMITES D'ATTERBERG | | | Classificat° |
|---|---|---|---|---|---|
| | | W.L (%) | W.P (%) | I.P (%) | |
| Ech 10 | 57.45 % | 36,67 % | 17,64 % | 19.03 % | Ap |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

F-S-G-46-2

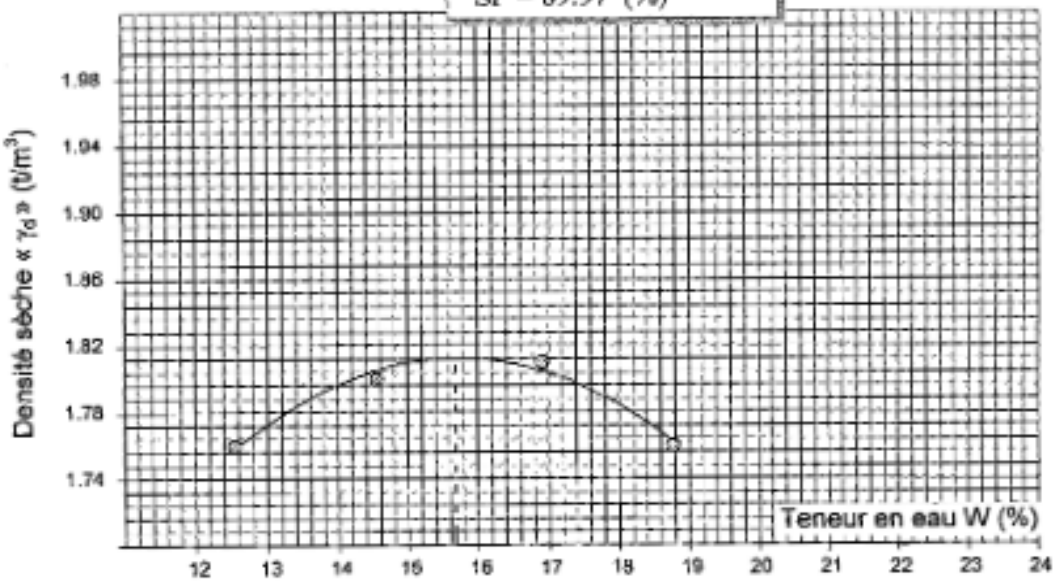
المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

# RAPPORT D'ESSAI

## ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

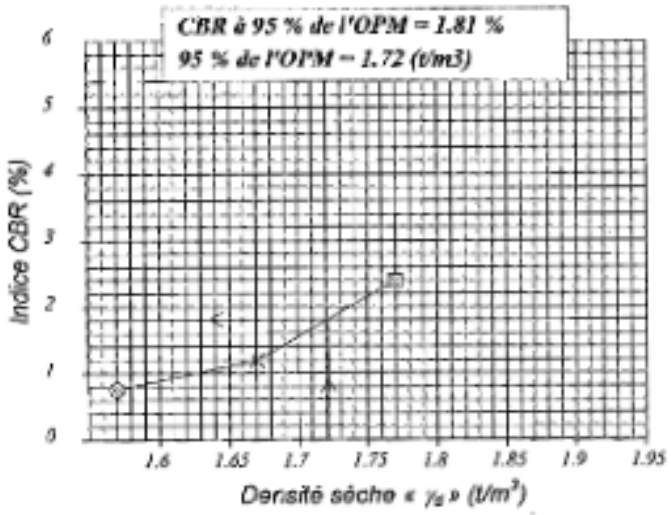
| | |
|---|---|
| Etude : Dédoublement RN1 | Réf.. Section05/Puit05 |
| N°Dossier : 31.07.0098 | Profondeur : 1.10/1.60 |
| Lieu : SEGHOUANE/BOUGHEZOUL | Nature : |
| Client : | Type Essai : PROCTOR Modifié |
| Date essai : | Type Moule : Moule CBR |

γd max = 1.81 (T/m3)
Wopm = 15.7 (%)
Sr = 89.97 (%)




| | 10 C/C | 25 C/C | 56 C/C |
|---|---|---|---|
| W (%) | | | |
| Sr (%) | | | |
| γd (t/m3) | 1,57 | 1,67 | 1,77 |
| CBR (%) | 0,76 | 1,19 | 2,39 |

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




F-5-G-34-2

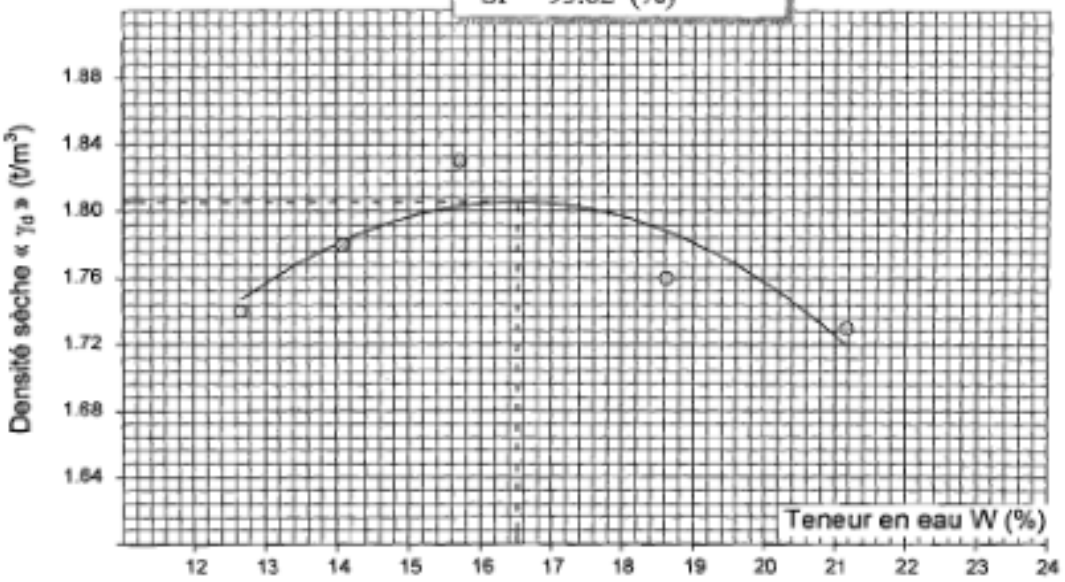
المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

# RAPPORT D'ESSAI

## ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

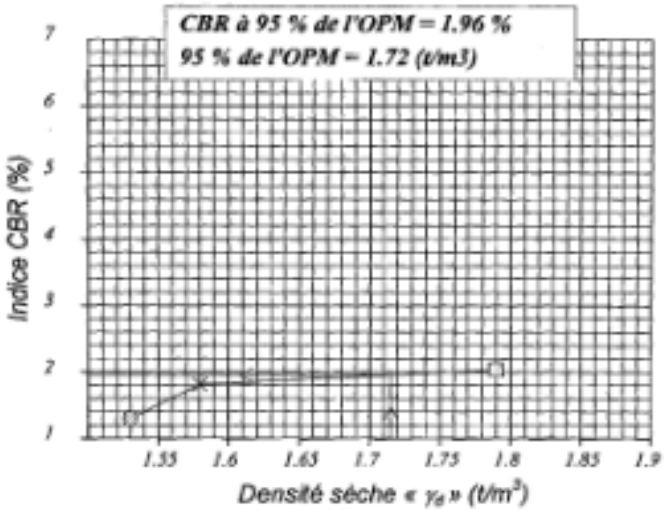
| | |
|---|---|
| Etude : Dédoublement RN1 | Réf.: Section 05/P06 |
| N°Dossier : 0.31.07.0098 | Profondeur : 1.40/1.80 |
| Lieu : Saghoune/Boughezoul | Nature : |
| Client : | Type Essai : PROCTOR Modifié |
| Date essai : | Type Moule : Moule CBR |

γd max = 1.81 (T/m3)
Wopm = 16.5 (%)
Sr = 93.62 (%)




| | 10 C/C | 25 C/C | 56 C/C |
|---|---|---|---|
| W (%) | | | |
| Sr (%) | | | |
| γd (t/m3) | 1,53 | 1,58 | 1,79 |
| CBR (%) | 1,30 | 1,82 | 2,04 |

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




F-5-G-34-2

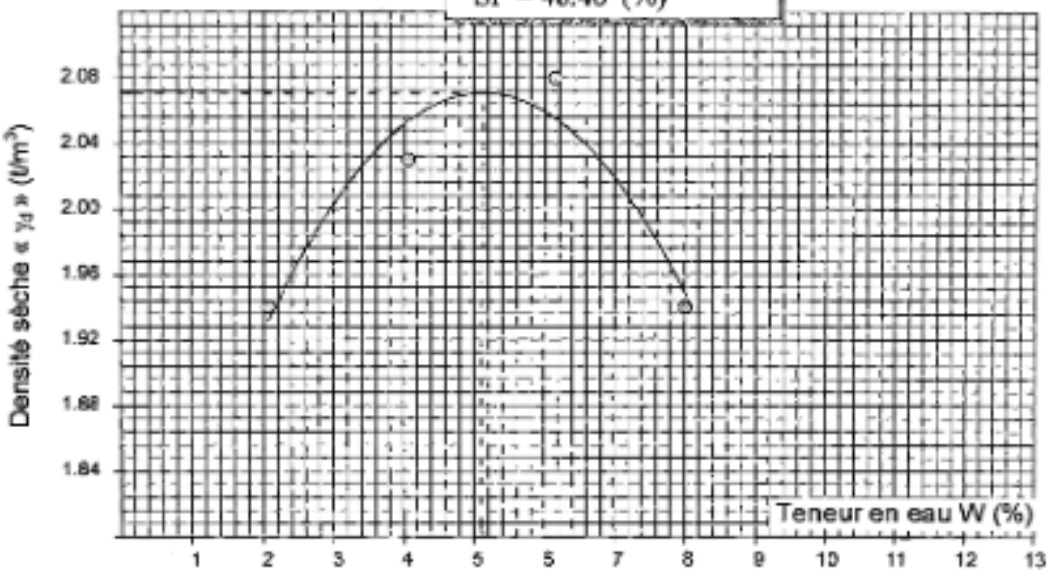
المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

# RAPPORT D'ESSAI

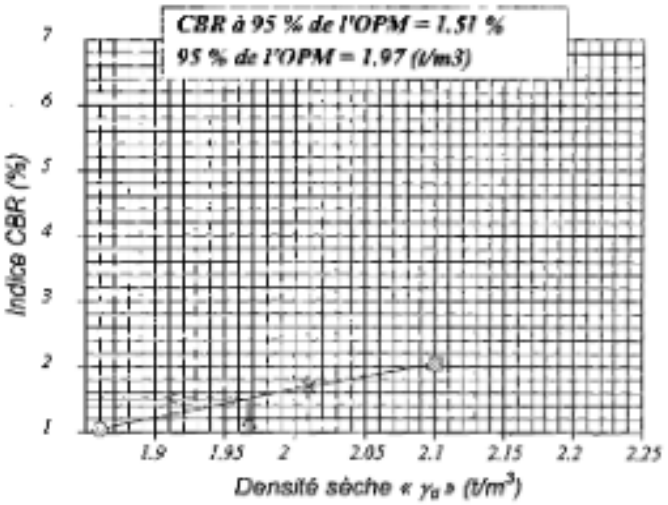
## ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

| | |
|---|---|
| Etude : DEDOUBLEMENT DE LA RN1(Section evitement Réf.: P07/I) | |
| N°Dossier : 31.07.0098 | Profondeur : 0.6 - 1.2 m |
| Lieu : BOUGHEZOUL | Nature : |
| Client : TEC4 | Type Essai : PROCTOR Modifié |
| Date essai : | Type Moule : Moule CBR |

γd max = 2.07 (T/m3)
Wopm = 5.1 (%)
Sr = 48.46 (%)




| | 10 C/C | 25 C/C | 56 C/C |
|---|---|---|---|
| W (%) | | | |
| Sr (%) | | | |
| γd (t/m3) | 1,86 | 2,01 | 2,1 |
| CBR (%) | 1,05 | 1,70 | 2,05 |




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

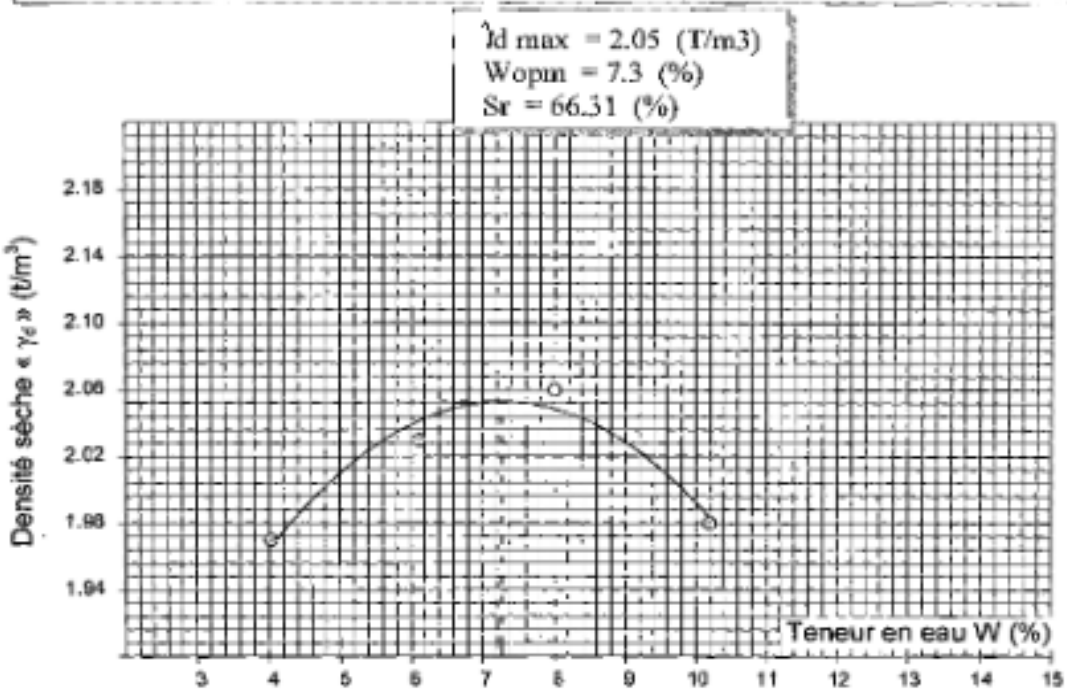
F-5-G-34-2

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

# RAPPORT D'ESSAI

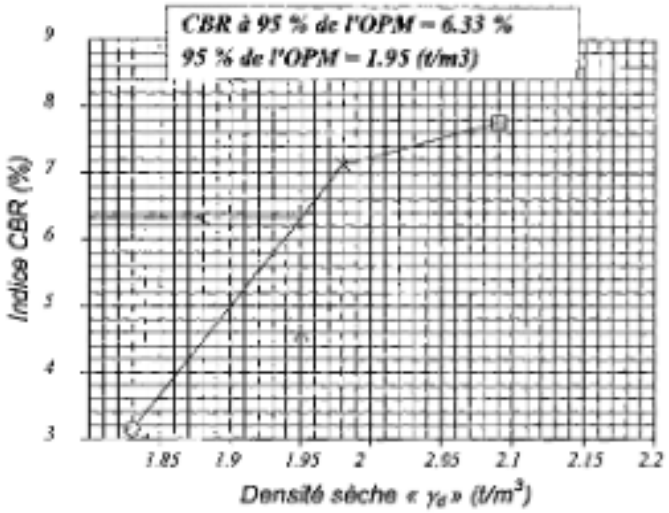
## ESSAI PROCTOR : NF P94-093 Octobre 1999

| | |
|---|---|
| Etude : DEDOUBLEMENT DE LA RN1(Section evitement Réf.: P 08I) | |
| 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 |




| | 10 C/C | 25 C/C | 56 C/C |
|---|---|---|---|
| W (%) | | | |
| Sr (%) | | | |
| γd (t/m3) | 1,83 | 1,98 | 2,09 |
| CBR (%) | 3,15 | 7,12 | 7,76 |

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




F-5-G-34-2

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

## Caractérisation géotechnique

| Formation géologique | | Essai SPT (Nbr) | Essais pressiométrique | | Granulométrie | | Limites d'Atterberg | | | Humidité | | Essais de compressibilité à l'odomètre | | Essai de cisaillement direct (Boite de Casagrande) | | | Résistance à la compression simple (kg/cm2) | Analyses chimiques sommaires | | | | Classification |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Em (bars) | Pl* (bars) | Dmax (mm) | % passant à 80µm | WL (%) | Wp (%) | Ip (%) | W (%) | γd (kN/m³) | Cc (%) | Cg (%) | Nature d'essai | Φ (°) | Cu (kg/cm²) | | | Gypse (%) | Chlorure (%) | Anhydrite Carbonique (%) | Calcaire (%) | ASTM (NF P11-300) |
| QT1 | Argile à argile marneuse à argiles indurées/ Formations évolutives | 5-11 | 0,45-0,95 | 2,6-3,6 | 80-300 | 18-51 | 34-67 | 16-24 | 13-33 | 15-38 | 1,84-2,16 | 1,45-1,65 | 21-100 | 0,53-34,93 | 0,45-15,72 | UU | 1,93 | 0,3-1,1 | 2,4-3,0 | Traces | 0,4-0,6 | 5-11 | 17-37 | CL-CH-ML-MH-OL-OH-A1-A2-A3 et A4 |
| QT2 | Sable fin à moyen/ Formations détritiques argileuses | 16-31 (moyenne 23 et refus) | 0,4-0,5 | 3,4-4,4 | 40-300 | 7-31 | 24-48 | 13-33 | 11-33 | 14-28 | 1,97-2,11 | 1,57-1,83 | 18-100 | 4,38-8,22 | 0,34-5,87 | UU | 4,41 | 0,5-1,0 | 1,12-1,43 | Traces | 0,4-1,0 | 7-10 | 15-21 | SC-SM-SW-GC-GM-GW et A1-B5 et A4 |
| QT3 | Sable à graviers/ sable graveleux peu consolidés/ Formations détritiques argileuses | 31-50 (moyenne 41 et refus) | 0,6-1,2 | 3,6-4,6 | 80-300 | 5-14 | 26-74 | 8-27 | 18-47 | 8-14 | 1,98-2,11 | 1,93-2,08 | 49-100 | 4,40-7,23 | 0,17-3,94 | UU | 4,91 | 0,4-0,5 | 1,52 | Traces | 0,4-0,5 | 5-16 | 17-33 | SC-SM-SW-GC-GM-GW et A1-B5 et A4 |

**Annexe 2**

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

| Gîte d'emprunt Boughezoul | | | P2 | P5 | P7 |
|---|---|---|---|---|---|
| Classe du sol selon GTR | | | A2 | A2 | A2 |
| Granulométrie | % des passants à 5 mm | | 82 | 95 | 91 |
| | % des passants à 2 mm | | 77 | 90 | 85 |
| | % des passants à 0.40 mm | | 60 | 76 | 74 |
| | % des passants à 80 µm | | 39 | 42 | 52 |
| Limites D'Atterberg | Limite de liquidité WL(%) | | 34,19 | 37,94 | 34,87 |
| | Indice de plasticité Ip (%) | | 16,19 | 18,98 | 17,65 |
| Proctor Modifié | $\Upsilon_{dopm}$ (t/m3) | | 1,93 | 1,82 | 1,90 |
| | $\omega_{opm}$(%) | | 11,1 | 11,1 | 11,6 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,93** | **1,82** | **1,88** |
| | | $I_{CBR}$ | **6,16** | **2,83** | **6,15** |
| | | Gonflement (%) | **0,66** | **2,44** | **1,66** |
| | 25 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$) | **1,83** | **1,73** | **1,77** |
| | | $I_{CBR}$ | **4,46** | **2,23** | **5,17** |
| | | Gonflement(%) | **0,55** | **1,98** | **1,10** |
| | 10 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,75** | **1,63** | **1,65** |
| | | $I_{CBR}$ | **3,94** | **1,30** | **3,85** |
| | | Gonflement(%) | **0,27** | **1,66** | **3,01** |
| $I_{CBR}$ | A 95 % de l'Opm | | **4,51** | **2,21** | **5,48** |

| Gîte d'emprunt Boughar | | | P1 | P2 | P3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Classe du sol selon GTR | | | C'2A1 | A2 | A2 |
| Granulométrie | % des passants à 5 mm | | 78 | 100 | 100 |
| | % des passants à 2 mm | | 64 | 95 | 96 |
| | % des passants à 0.40 mm | | 41 | 85 | 83 |
| | % des passants à 80 µm | | 18 | 79 | 73 |
| Limites D'Atterberg | Limite de liquidité WL(%) | | 40,12 | 38,2 | 39,59 |
| | Indice de plasticité Ip (%) | | 20,04 | 19,47 | 19,12 |
| Equivalent de sable (ES) % | | | 26,59 | 9,36 | 11,16 |
| Proctor Modifié | $\Upsilon_{dopm}$ (t/m3) | | 1,61 | 1,56 | 1,48 |
| | $\omega_{opm}$(%) | | 16,2 | 18,1 | 14,9 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,63** | **1,58** | **1,47** |
| | | $I_{CBR}$ | **92,32** | **33,11** | **14,38** |
| | | Gonflement (%) | **0,07** | **1,29** | **0,76** |
| | 25 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$) | **1,54** | **1,45** | **1,40** |
| | | $I_{CBR}$ | **42,14** | **4,98** | **2,76** |
| | | Gonflement(%) | **0,19** | **1,40** | **1,66** |
| | 10 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,41** | **1,38** | **1,31** |
| | | $I_{CBR}$ | **16,47** | **1,88** | **0,55** |
| | | Gonflement(%) | **0,73** | **2,31** | **2,22** |
| $I_{CBR}$ | A 95 % de l'Opm | | **40,63** | **11,56** | **3,20** |

| Carrière Boughezoul (0/3) | | | Harket | | Tittri | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | H1 | H2 | T1 | T2 |
| Classe du sol selon GTR | | | B5 | B5 | B5 | B5 |
| Granulométrie | % des passants à 5 mm | | 98 | 99 | 100 | 100 |
| | % des passants à 2 mm | | 77 | 72 | 85 | 92 |
| | % des passants à 0.40 mm | | 55 | 49 | 59 | 67 |
| | % des passants à 80 µm | | 19,50 | 19,77 | 20,28 | 23,98 |
| Equivalent de sable (ES) % | | | 38,26 | 50,84 | 49,98 | 43,69 |
| Proctor Modifié | $\Upsilon_{dopm}$ (t/m3) | | 2,04 | 2,05 | 2,02 | 1,97 |
| | $\omega_{opm}$(%) | | 7,00 | 7,8 | 7,7 | 8,7 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **2,045** | **2,05** | **1,99** | **1,96** |
| | | $I_{CBR}$ | **44,67** | **48,78** | **35,00** | **63,36** |
| | | Gonflement (%) | **0,03** | **-** | **0,02** | **0,00** |
| | | Tassement (%) | **-** | **0,20** | **-** | **-** |
| | 25 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$) | **1,984** | **2,02** | **1,936** | **1,88** |
| | | $I_{CBR}$ | **36,40** | **20,46** | **29,82** | **39,21** |
| | | Gonflement (%) | **0,11** | **-** | **0,12** | **-** |
| | | Tassement (%) | **-** | **0,06** | **-** | **0,03** |
| | 10 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,881** | **1,96** | **1,822** | **1,40** |
| | | $I_{CBR}$ | **11,77** | **17,83** | **10,06** | **31,21** |
| | | Gonflement (%) | **0,18** | **-** | **0,17** | **-** |
| | | Tassement (%) | **-** | **0,35** | **-** | **0,04** |
| $I_{CBR}$ | A 95 % de l'Opm | | **24,76** | **17,40** | **27,50** | **39,11** |

| Gîte d'emprunt Chahbounia | | | C1 | C2 | C3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Classe du sol selon GTR | | | A2 | C1A1 | C1A1 |
| Granulométrie | % des passants à 5 mm | | 71 | 73 | 79 |
| | % des passants à 2 mm | | 60 | 62 | 69 |
| | % des passants à 0.40 mm | | 58 | 49 | 55 |
| | % des passants à 80 µm | | 35,20 | 31,78 | 38,56 |
| Limites D'Atterberg | Limite de liquidité WL(%) | | 42,55 | 48,95 | 48,63 |
| | Indice de plasticité Ip (%) | | 21,97 | 24,22 | 23,31 |
| Proctor Modifié | $\Upsilon_{dopm}$ (t/m3) | | 1,80 | 1,74 | 1,71 |
| | $\omega_{opm}$(%) | | 11,3 | 11,3 | 11,3 |
| C.B.R imbibé à 4 jours | 55 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,816** | **1,68** | **1,70** |
| | | $I_{CBR}$ | **43,09** | **19,59** | **16,88** |
| | | Gonflement (%) | **0,11** | **1,96** | **1,93** |
| | 25 Coups | $\Upsilon$d ( t/m$^3$) | **1,747** | **1,63** | **1,61** |
| | | $I_{CBR}$ | **40,19** | **7,43** | **14,87** |
| | | Gonflement(%) | **0,23** | **2,46** | **2,03** |
| | 10 Coups | $\Upsilon$d( t/m$^3$ ) | **1,605** | **1,61** | **1,51** |
| | | $I_{CBR}$ | **13,14** | **5,63** | **8,22** |
| | | Gonflement(%) | **0,62** | **2,61** | **2,51** |
| $I_{CBR}$ | A 95 % de l'Opm | | **32,27** | **13,82** | **15,26** |

**Annexe 3**

Les lois de comportement utilisé

| Matériaux | Lois de comportement |
|---|---|
| Qt3 | Mohr-coulomb |
| Qt2 | Mohr-coulomb |
| Qt1 | Soft soil model |
| Enrochement | Mohr-coulomb |
| Remblais | Hardening soil |
| TUF | Mohr-coulomb |
| GNT | Mohr-coulomb |
| GC | Hardening soil |
| GB | Hardening soil |
| BB | 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).

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

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

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Contamination des sols par déversements. | M | T | L | I | A | **S** | 5) Application de terre végétale et revégétation.<br>6) Suivi et entretien.<br>7) Gestion de résidus. | **M** |
| **Végétation** | Perte de la couverture végétale. | FR | P | L | I | SG | **S** | 1) Sélection des zones d'actuation.<br>2) Limitation de la superficie d'occupation.<br>3) Transplantation d'arbres.<br>4) Projet de restauration.<br>5) Irrigations périodiques.<br>6) Entretien, reposition et conservation. | **M** |
| | Elimination de la couverture végétale non prévue. | FR | T | L | I | SG | **S** | | **C** |
| | Dégradation de la végétation ripicole, aquatique et de la zone humide de Boughzoul | FR | P | P | I | SG | **S** | | **M** |
| | Couche de poussière sur la végétation. | FB | T | L | I | A | **M** | | **C** |
| | Déséquilibre écologique par croissance d'espèces pionnières. | FB | T | L | P | SP | **M** | | **C** |
| | Contamination par déversements. | M | T | L | I | A | **M** | | **M** |
| **Faune** | Gênes et éloignement de la faune. | FR | T et P | L | P | A | **S** | 1) Dessin de passage de faune pour favoriser la perméabilité.<br>2) Calendrier d'oeuvre.<br>3) Affection minimale sur les oueds et zones humides.<br>4) Restauration.<br>5) Suivi et entretien. | **S** |
| | Perte de l'habitat de la faune. | M | P | L | I | A | **S** | | **M** |
| | Constitution de nouveaux habitats. | M | P | P | I | SP | **M** | | **M** |
| | Perturbation de la faune aquatique. | FR | T et P | R | P | A | **S** | | **M** |
| | Effet barrière de l'infrastructure. | M | P | L | P | SP | **M** | | **C** |
| | Risque d'accident avec la faune. | M | P | P | P | SP | **M** | | **M** |
| **Paysage** | Altération du paysage naturel. | M | P | L | P | SP | **M** | 1) Mesures sur le dessin de structures.<br>2) Intégration de talus.<br>3) Intégration de superficies. | **C** |
| | Présence de nouveaux éléments structuraux dans le paysage actuel de la zone. | M | P | L | P | SP | **M** | | **M** |
| | Présence, temporaire, d'éléments hors de la zone (machinerie, véhicules d'ouvrage, clôtures, signalisation d'ouvrage,... ). | FR | T | L | P | SP | **S** | | **M** |
| **Patrimoine culturel** | Possibilité d'apparition et d'impact sur des éléments d'intérêt culturel. | M | T | P | I | A | **M** | 1) Plan d'action | **M** |
| **Socioéconomie** | Diminution du brut du trafic dans certaines zones habitées de la localité. | M+ | P | L | P | SP | **C** | 1) Compensations.<br>2) Main d'œuvre locale.<br>3) Signalisation. | **C** |
| | Expropriations. | FB | P | L | P | SG | **M** | | **C** |
| | Perturbations et hausse des gênes à l'encontre des populations. | FR | T | R | P | A | **S** | | **M** |
| | Gênes à la circulation de véhicules en raison d'arrêt du trafic, de déviation, de réductions. | FR | T | L | P | A | **S** | | **M** |
| | Diminution des superficies pour l'agriculture. | M | T | L | P | A | **S** | | **M** |
| **Infrastructures** | Amélioration des communications. | FR + | P | R | P | A | **C** | 1) Adaptation de la planification en vigueur.<br>2) Rétablissements des infrastructures concernées.<br>3) Rétablissement des accès et chemins.<br>4) Aménagement de passage pour la population et ses activités. | **C** |
| | Amélioration des échangeurs avec d'autres routes. | FR + | P | L | P | SP | **C** | | **C** |
| | Augmentation de la sécurité de la voie. | FR + | P | P | P | SP | **C** | | **C** |
| | Augmentation de la circulation. | M | P | R | P | SP | **M** | | **M** |
| | Diminution de la perméabilité de la population des deux cotés de la RN-01. | M | P | L | P | SP | **M** | | **C** |
| | Impacts sur chemins, routes, conduites et services. | FR | T | L | I | A | **S** | | **M** |
| **Usages du sol** | Changement de l'usage du sol. | M | P | L | P | SP | **M** | 1) Indemnisations.<br>2) Limitation de l'occupation.<br>3) Gestion de résidus. | **C** |
| | Fragmentation et réduction de parcelles par l'implantation de la voie. | M | P | L | P | SG | **M** | | **C** |
| | Impacts sur terrains adjacents par modification temporelle des drainages. | FB | P | L | P | A | **M** | | **C** |
| | Déversements accidentels sur des champs de culture. | M | T | L | I | A | **M** | | **C** |