

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique



Mémoire fin d'études

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art

Présenté par :

BEN AOUN Abdelkader

YAGOUB Omar El Farouk

Thème :

Dimensionnement d'un corps de chaussée à base du sable rougeâtre par trois méthodes (théorique, empirique et numérique)

Devant le jury :

Mr. HACINI Slimane

Mr. AOUAM Abdou

Mr. ZENKHRI Abderrezak

Mr. TALBI Mohammed Abdallah

MAA UKM Ouargla

UKM Ouargla

MAA UKM Ouargla

Doctorant UKM Ouargla

Président.

Examineur

Encadrant.

Co-encadrant.

Année universitaire : 2022/2023

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique



Mémoire fin d'études

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art

Présenté par :

BEN AOUN Abdelkader

YAGOUB Omar El Farouk

Thème :

Dimensionnement d'un corps de chaussée à base du sable rougeâtre par trois méthodes (théorique, empirique et numérique)

Devant le jury :

Mr. HACINI Slimane

Mr. AOUAM Abdou

Mr. ZENKHRI Abderrezak

Mr. TALBI Mohammed Abdallah

MAA UKM Ouargla

UKM Ouargla

MAA UKM Ouargla

Doctorant UKM Ouargla

Président.

Examineur

Encadrant.

Co-encadrant.

Année universitaire : 2022/2023

Dédicace



Je dédie ce modeste travail :

✚ À mon père puissant, la source de constance, de force et de tendresse, et il est mon idole dans cette vie.

✚ À ma tendre mère, qui s'est battue pour me voir ce jour-là, et lui dire : Oui, je l'ai fait maman.

✚ À mon grand frère (**Abdelaziz**) qui m'a toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

✚ À tous les étudiants de ma promotion et mes amis surtout :

Diea, Ismail, Soufiane, Salah, Lounas, Aimen.

✚ Ainsi qu'à tous qui m'aidé de près ou de loin.

BEN AOUN Abdelkader



Dédicace



Avec un énorme plaisir, un cœur Ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à mes très chers parents

" Vous m'avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux vous offrir ne pourra exprimer l'amour et là
Reconnaissance que je vous porte.

En témoignage, je vous offre ce modeste travail pour vous remercier pour vos
Sacrifices et pour l'affection dont vous m'avez toujours entouré"

Je dédie ce travail à :

Mon Encadreur : **P. ZENKHRI Abderrazak**

Co-Encadreur: **P. TABLI Mohammed Abdallah**

Mes ami(e)s et mes vrais collègues de classe : **Mohammed et Taher**

A tous sans exception

Par un mot, m'ont donné la force de continuer.

Pour mon binôme de travail : **BEN AOUN Abdelkader**

Omar El Farouk



REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier en premier lieu le bon Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force, la volonté et le courage à mener à bonne fin ce travail.

Nous remercions nos très chers parents pour leur soutien et pour leurs efforts, que ce soit financièrement ou moralement.

Nous adressons nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude :

- ❖ Merci à notre professeur et à notre encadrant Mr. ZENKHRI Abderrazak, pour ses précieux conseils et orientations qui nous ont permis de réaliser ce travail comme nous l'attendions.
- ❖ Le remerciement sont également adressés à notre professeur et à notre Co-encadrant, Mr. TALBI Mohammad Abdallah, pour sa constance dans le succès de ce travail et pour ses précieux conseils qui nous ont été bénéfiques et nous ont fait suivre les traces de l'ingénieur capable d'effectuer son travail. .
- ❖ On' a tant aussi à remercier très vivement Mr. NAIOUA Omar ingénieur chargé d'étude de Laboratoire des Travaux Publics Sud Ghardaïa (LTPS), Mr. HECINI Saïd ingénieur de la Direction des Travaux Publics Ouargla (DTP), Mr. BEN DARA Abdelhamid ingénieur de la Direction des Travaux Publics Ghardaïa (DTP), Mr. DIF Abdelkarim Bureau d'études technique spécialisé dans le domaine routiers, Mr. BENBRAHIM Kamel directeur technique de la SARL SATRECH BENBRAHIM. Enfin notre cher professeur Mr. BENTATA Aïssa pour leur dévouement, leurs conseils et leur soutien moral.

Nos vifs remerciements, vont aux membres de jury ; D'avoir accepté

D'examiner, d'évaluer et d'enrichir ce travail.

Merci beaucoup à tous d'avoir contribué à la réalisation de ce travail.

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Courbe granulométrique de sable rougeâtre et de Tuf.	9
Figure I. 2: Courbe Proctor modifié du sable rougeâtre.	10
Figure I. 3: Courbe Proctor modifié du sable rougeâtre.	11
Figure II. 1: Différentes couches d'une structure de chaussée.	15
Figure II. 2: Structure d'une chaussée souple.	16
Figure II. 3: Structure d'une chaussée semi-rigide.	16
Figure II. 4: Structure d'une chaussée rigide.	17
Figure II. 5 : Structure d'une chaussée mixte.	17
Figure II. 6: Structure d'une chaussée inverse.	18
Figure II. 7: Structure d'une chaussée bitumineuse épaisse.	18
Figure II. 8: Démarche du catalogue.	21
Figure II. 9: La carte climatique de l'Algérie selon (2001CTTP).	23
Figure III. 1: Courbe granulométrique du sable rougeâtre.	33
Figure III. 2: Courbe granulométrique de sable rougeâtre et Tuf.	34
Figure III. 3: Courbe granulométrique du Tuf.	34
Figure III. 4: Courbe Proctor modifié du sable rougeâtre.	35
Figure III. 5: Structure à la base du sable rougeâtre.	38
Figure III. 6: Structure à la base de tuf.	38
Figure III. 7: Structure proposée par la méthode de catalogue.	40
Figure III. 8: Résultat de la structure à la base du SR.	41
Figure III. 9: Résultat de la structure à la base de tuf.	42
Figure III. 10: Résultat de la structure proposée.	42
Figure III. 11: Résultat de la structure modifiée.	43
Figure III. 12: Structure de chaussée à réaliser.	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1: Coefficient de courbure et d'uniformité du sable rougeatre.	9
Tableau I. 2: Résultats d'essai Proctor modifié de tuf.	10
Tableau I. 3: Résultat d'essai Proctor modifié sable rougeâtre.	11
Tableau I. 4: Résultat d'essai CBR sable rougeâtre.	11
Tableau I. 5: Résultats d'essai de Compression simple de SR.	12
Tableau I. 6: Résultat d'essai de compression simple du tuf.	12
Tableau II. 1: Coefficient d'équivalence.	20
Tableau II. 2: Spécification CBR.	21
Tableau II. 3: Type de réseau.	22
Tableau II. 4: Choix des zonages climatique (CTTP2001).	23
Tableau II. 5: Choix des températures équivalentes (CTTP2001).	23
Tableau II. 6: Durées de vie adoptées.	24
Tableau II. 7: Classe du trafic.	24
Tableau II. 8: Valeur du coefficient d'agressivité A.	25
Tableau II. 9: Risque adopté pour le réseau RP1.	26
Tableau II. 10: Risque adopté pour le réseau RP2.	26
Tableau II. 11: Présentation des classes de portance des sols.	26
Tableau II. 12: Sur-classement avec couche de forme en matériau non traité.	27
Tableau II. 13: Présentation des classes de portance des sols.	27
Tableau II. 14: Classe de portance de sol-support de chaussée.	28
Tableau II. 15: Valeurs de $t=f(r\%)$	29
Tableau III. 1: Résultats d'analyse granulométrique.	33
Tableau III. 2: Résultats d'essai Proctor modifié.	35
Tableau III. 3: Résultats d'essai de Compression simple sur SR.	36
Tableau III. 4: Résultats d'essai de Compression simple sur tuf.	36
Tableau III. 5: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.	40
Tableau III. 6: Résultats de la déflexion et le rayon de courbure.	44

LISTE DES NOTATIONS

SR : Sable rougeâtre.

BMD : Bamndil

γd : poids volumique séc.

I: Indice CBR.

P : Charge par roue $P = 6.5$ t (essieu 13 t).

E_{éq} : épaisseur équivalent.

N : Le nombre moyen de camion.

PL : Le pourcentage moyen de poids lourds.

TMJA : Le trafic moyen journalier annuel.

τ : Le taux d'accroissement annuel du trafic.

a : Coefficient équivalente.

e : Epaisseur équivalente.

Θ_{eq} : température équivalente.

TCE_i : Trafic cumulé équivalent.

i : taux de croissance du trafic.

A : coefficient d'agressivité.

CF : couche de forme.

E : module de Young.

ϵ_t : La déformation de traction.

ϵ_z : La déformation verticale du sol support.

σ_t : La contrainte de traction.

C_u : Coefficient d'Uniformité.

C_c : Coefficient de Courbure.

MVA : La masse volumique absolue.

ES : Equivalent de sable.

v : Le coefficient de Poisson.

SOMMAIRE

Dédicace	I
Dédicace	II
REMERCIEMENTS.....	III
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES NOTATIONS	VI
SOMMAIRE	VII
INTRODUCTION GENERALE.....	1

CHAPITRE I Généralités régionales et synthèse bibliographies

I.1. Introduction.....	5
I.2. Aperçu sur la région de Ouargla	5
I.2.1. La population.....	5
I.2.2. Le climat.....	5
I.2.3. La température	5
I.2.4. Le vent	5
I.3. Définition d'une route.....	6
I.4. Réseau routier dans la région de Ouargla	6
I.5. Matériaux routiers	7
I.5.1. Les matériaux traités au liant hydrocarboné.....	7
I.5.2. Les matériaux traités au liant hydraulique.....	7
I.5.3. Les matériaux non traités	7
I.5.4. Les caractéristiques du sable rougeâtre et du Tuf	8
I.6. Conclusion.....	13

CHAPITRE II Méthodes de dimensionnement

II.1. Introduction	15
II.2. Définition d'une chaussée.....	15
II.3. Les différents types de chaussée.....	15

II.3.1. Les chaussées souples ou flexibles	16
II.3.2. Les chaussées semi-rigides	16
II.3.3. Les chaussées rigides	17
II.3.4. Les chaussées mixtes	17
II.3.5. Les chaussées inverses	17
II.3.6. Les chaussées bitumineuses épaisses	18
II.4. Méthodes de dimensionnement des corps de chaussée	18
II.4.1. Méthode CBR.....	19
II.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP....	21
II.4.2.1. Les données du trafic.....	22
II.4.2.2. Les données climatiques.....	22
II.4.2.3. Durée de vie.....	23
II.4.2.4. Détermination de la classe du trafic (TPLi)	24
II.4.2.5. Répartition transversale du trafic.....	24
II.4.2.6. Trafic cumulé équivalent (TCEi)	25
II.4.2.7. Risque de calcul	25
II.4.2.8. Détermination de la portance de sol-support de chaussée.....	26
II.4.2.9. Choix de la couche de roulement	28
II.4.2.10. Calcul des sollicitations admissibles	28
II.4.2.11. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol-support	30
II.4.2.12. Logiciel Alizé LCPC	31
II.4.2.12.1. Définition.....	31
II.4.2.12.2. Principe de logiciel.....	31
II.6. Conclusion	31

CHAPITRE III Etude comparative

III.1. Introduction	33
III.2. Caractérisation des matériaux utilisés.....	33
III.2.1. Essai d'identification physique	33

III.2.2. Essai mécanique	35
III.3. Dimensionnement du corps de chaussée « Application au projet ».....	37
III.3.1. Méthode de CBR	37
III.3.1.1. Détermination de l'épaisseur équivalente E_{eq}	37
III.3.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP ..	38
III.3.2.1. Détermination de la classe du trafic (TPLi)	38
III.3.2.2. La zone climatique	39
III.3.2.3. Répartition transversale du trafic	39
III.3.2.4. Trafic cumulé équivalent (TCEi).....	39
III.3.2.5. Risque de calcul (R%)	39
III.3.2.6. Détermination de la portance de sol-support de chaussée	39
III.3.2.7. Choix de dimensionnement	39
III.3.2.8. Calcul la déformation admissible (ϵ_z, adm) sur le sol support :.....	40
III.3.2.9. Calcul de la déformation admissible de traction ϵ_t, adm à la base de la GB	40
III.3.3. Vérification numérique.....	41
III.3.3.1. Les structures obtenus par la méthode de CBR.....	41
III.3.3.2. La structure obtenu par la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP	42
III.3.3.3. Résultats de la déflexion et le rayon de courbure par le logiciel Alizé LCPC.	44
III.4. Conclusion	44
CONCLUSION GENERALE.....	46
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES	49
NORMES.....	51
ANNEXES.....	52

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'environnement désertique exerce un impact significatif sur les routes en raison de leurs conditions spécifiques.

Les déserts sont caractérisés par des températures extrêmes, des vents forts, une faible pluviométrie et des sols souvent instables, ces caractéristiques peuvent poser d'importants défis pour la construction et l'entretien des routes.

les avantages des chaussées dépendent de leur conception, de leur qualité de construction et de leur entretien régulier. Une planification adéquate, une ingénierie de qualité et une gestion efficace sont essentielles pour maximiser les retours positifs des chaussées et assurer leur durabilité à long terme.

L'homogénéité des matériaux utilisés dans les couches du corps de chaussée est une considération importante pour assurer la performance et la durabilité de la chaussée. L'objectif est d'avoir des matériaux adéquats avec des propriétés cohérentes dans chaque couche de la structure routière. Le retour économique des matériaux locaux est important. La présente étude a pour objectif la valorisation des sables rougeâtres dénommés localement « Mezzouaghe » comme matériau de construction des corps de chaussés.

Le dimensionnement de ces derniers est une étape cruciale dans la conception des routes et des chaussées, cela implique la détermination des différentes couches constituant la chaussée, ainsi que leur épaisseur respective, afin de garantir la durabilité et la sécurité de la structure routière toute en gardant, voire en minimisant le cout de la chaussée.

Les méthodes de dimensionnement des corps de chaussée se basent sur des principes d'ingénierie et des modèles de comportement des matériaux pour assurer des performances optimales.

Dans ce contexte, cette mémoire présente une étude comparative entre deux méthodes de dimensionnement des corps de chaussées appliquées à deux structures différentes. La première structure est basée sur l'utilisation du sable rougeâtre, tandis que la deuxième structure utilise le tuf comme matériau de référence.

Pour atteindre ce but ce travail est réparti en trois chapitres principaux qui se présentent comme suit :

- ❖ Le premier chapitre représente un aperçu sur la région de Ouargla, une définition de la route, les réseaux routiers dans la région de Ouargla, matériaux routiers et un résumé de les études expérimentale précédente sur le sable rougeâtre (Mezzouaghe) et leurs résultats.
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à la définition d'une chaussée, à ses types et aux méthodes de dimensionnement du corps de chaussée.
- ❖ Le troisième chapitre présente la caractérisation des matériaux utilisés, la dimensionnement des corps de chaussées et l'interprétation des résultats.

CHAPITRE I

**Généralités régionales et
synthèse bibliographies**

I.1. Introduction

L'Algérie connaît une croissance démographique et un développement économique importants. Par conséquent, l'expansion du réseau routier est essentielle pour faire face à l'augmentation du nombre de véhicules.

Ce chapitre présente un aperçu sur la région de Ouargla, une définition de la route, les réseaux routiers dans la région de Ouargla, matériaux routiers et nous allons terminer ce chapitre avec un résumé sur les études expérimentales précédentes.

I.2. Aperçu sur la région de Ouargla

I.2.1. La population

La Wilaya d'Ouargla est une wilaya d'Algérie en Afrique du Nord. Elle compte 276 000 habitants sur une superficie de 201 917 km² en 2021, La densité de population de la Wilaya d'Ouargla est donc de 1,4 habitants par km²

I.2.2. Le climat

Le climat de la région d'Ouargla se caractérise par une longue saison estivale sèche et chaude et une saison hivernale douce et plus ou moins pluvieuse. la valeur de précipitation est très faible et très variable d'année en année au point de vue quantité et répartition. [1]

I.2.3. La température

La température moyenne mensuelle maximale enregistrée au mois le plus chaud (Juillet) est de 43,71 C°, alors que celle du mois le plus froid (Janvier) est de 5,11C° Pour la région de Ouargla. [2]

I.2.4. Le vent

Les vents dominants dans cette région sont ceux de Nord Nord-Est et Sud Sud-Est, avec une vitesse pouvant atteindre et parfois dépasser 61 km/h. Le Sirocos (vent chaud et sec) peut être observé à toute époque de l'année. [2]

La région d'Ouargla est caractérisée par des vents fréquents au printemps et en été.

I.3. Définition d'une route [3]

La route est une voie de circulation aménagée pour permettre le déplacement des véhicules terrestres tels que les voitures, les camions, les motos, les vélos, etc. Elle peut être constituée d'une chaussée, qui est la partie destinée à la circulation des véhicules, ainsi que d'un ou plusieurs accotements.

Les couches de corps de chaussée sont les différentes couches de matériaux qui composent la structure d'une chaussée.

Les principales couches de corps de chaussée, du bas vers le haut sont comme suit :

- **La couche de fondation** : Il s'agit de la couche la plus profonde de la chaussée, souvent composée de matériaux naturels tels que la roche concassée ou le gravier, qui a pour fonction de répartir la charge de la chaussée sur le sol en dessous.
- **La couche de base** : elle est placée sur la couche de fondation et est généralement constituée de matériaux granulaires tels que le sable ou la roche concassée.
- **La couche de liaison** : elle est placée sur la couche de base et est généralement constituée de matériaux bitumineux tels que O/1.
- **La couche de roulement** : c'est la couche supérieure de la chaussée et est généralement constituée d'un revêtement d'asphalte ou de béton.

I.4. Réseau routier dans la région de Ouargla

Le réseau routier est un élément essentiel des infrastructures de transport et de mobilité d'un pays ou d'une région. Il permet de faciliter les déplacements des personnes et des biens, et de favoriser le développement économique et social en améliorant l'accessibilité des territoires.

En 2022, le réseau routier de la wilaya d'Ouargla était de 1519.3 km. Ce réseau comprend 1211 km des routes nationales, 129.5 km des chemins de wilaya et 178.8 km des Chemins communaux.

I.5. Matériaux routiers

Le corps de chaussée désigne la partie de la route située entre la surface de roulement et la fondation. Les matériaux utilisés pour former le corps de chaussée peuvent varier en fonction des conditions locales, des exigences de charge et des contraintes environnementales.

Cependant, voici quelques-uns des matériaux couramment utilisés dans la construction des corps de chaussée :

I.5.1. Les matériaux traités au liant hydrocarboné [4]

- ✓ **Le béton bitumineux (BB)** : Également appelé enrobé ou enrobé bitumineux, le béton bitumineux est composé de sable, de gravillons, de filer et de bitume comme liant.
- ✓ **Le grave bitume (GB)** : est un enrobé à chaud de granulométrie 0/20 (ou 0/14) contenant environ 4% de bitume 40/50.

I.5.2. Les matériaux traités au liant hydraulique [4]

- ✓ **Le béton ciment (BC)** : Le béton ciment est un matériau de construction composé d'un mélange de granulats, de sable, et d'eau aggloméré par un liant hydraulique (le plus souvent du ciment) qui sert de « colle ».

On y ajoute éventuellement des adjuvants et d'autres ingrédients pour modifier ses caractéristiques.

- ✓ **Le grave ciment (GC)** : Le grave ciment est tout simplement du calcaire de type 0/30 mélangé à du ciment.

Ce produit consiste un peu en un intermédiaire entre un béton et un calcaire.

I.5.3. Les matériaux non traités

- ✓ **Le grave non traité (GNT)** : est un mélange à granularité continue de cailloux, de graviers et de sable, avec généralement une certaine proportion de particules plus fines.[4]

- ✓ **Le sol support** : le corps de chaussée repose sur le sol support qui est l'ensemble constitué par le terrain naturel et les remblais. [4]
- ✓ **Sable** : Le sable est avant tout un matériau naturel, issu du quartz ou du silex, largement utilisé dans le domaine de la construction. Le sable est constitué de grains plus ou moins fins, dont la dimension varie de 0,15 mm à 4,76 mm. En fonction de la taille des grains, on parle de sable fin, de gros sable ou de sable graveleux. Il existe ainsi différents types de sables, qui auront différentes utilisations en construction. [4]
- ✓ **Tuf** : est un minéral constitué par les dépôts successifs de cendres volcaniques ou de calcaire. Le tuf est une roche poreuse et friable, à ne pas confondre avec le calcaire du même nom comportant du mica et du quartz, qui est employé dans certaines régions pour la construction de bâtiment et les corps de chaussées. [2]

Le tuf doit être considéré comme une désignation locale des encroûtements calcaires en Afrique de Nord.

Selon leurs compositions, les tufs se groupent en trois catégories : [2]

- ❖ Les tufs calcaires ;
- ❖ Les tufs gypseux ;
- ❖ Tufs mixtes ;
- ✓ **Sable rougeâtre** : Les sols rougeâtres sont des sols fins caillouteux de couleur rouge. L'étude d'identification et de caractérisation des sables rougeâtres s'avèrent primordiales afin de bien comprendre et de mettre en évidence les caractéristiques mécaniques, physiques et chimiques. Les prélèvements du sable étudié (sable rouge « Mezzouaghe ») sont de la province de Bamndil. [2]

I.5.4. Les caractéristiques du sable rougeâtre et du Tuf

Afin d'identifier ce type de sable « Mezzouaghe », des études expérimentales antérieures ont été réalisées en effectuant des essais physiques, mécaniques et chimiques sur deux échantillons provenant de la région d'Ouargla, plus précisément de Bamndil.

1. Les essais d'identifications physiques, (analyse granulométrique, équivalent de sable) montrent que le sable étudié est un sable très fin et propre. D'où il a un

pourcentage de fines argileuses très faible, avec une granulométrie serrée et bien graduées.

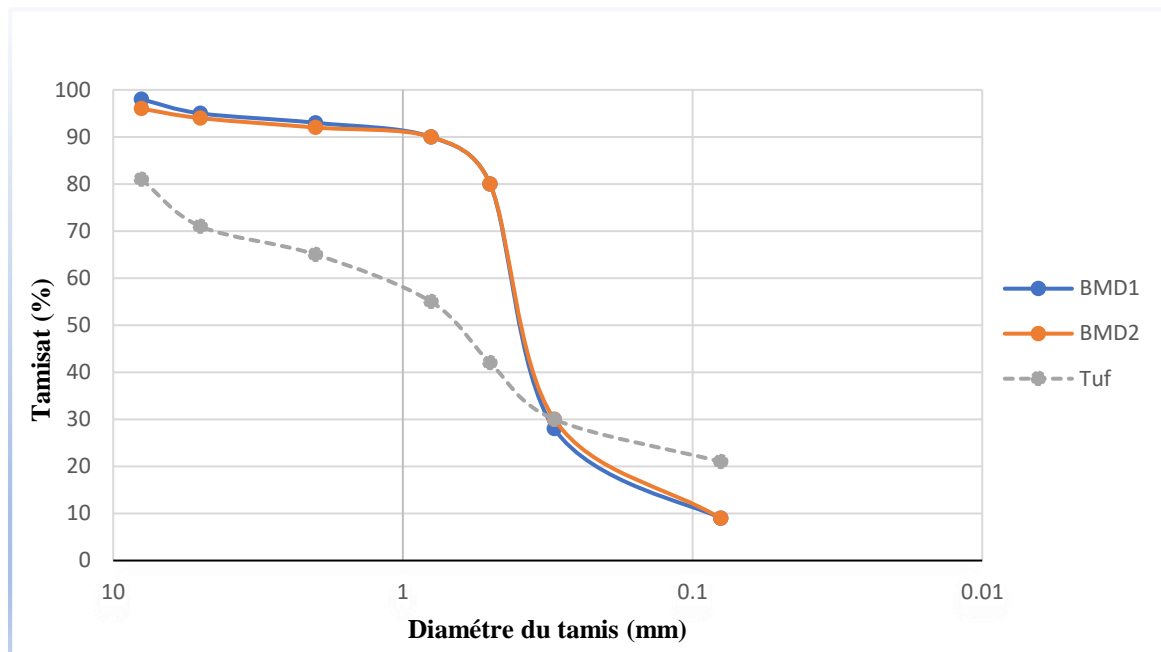


Figure I. 1: Courbe granulométrique de sable rougeâtre et de Tuf. [5]

Tableau I. 1: Coefficient de courbure et d'uniformité du sable rougeâtre.

	BMD 1	BMD 2
Coefficient d'Uniformité (Cu)	5.55	5.55
Coefficient de Courbure (Cc)	2.72	2.72

2. L'essai Proctor montre des valeurs de densité sèche maximale élevée (1,77 ; 1,76) pour les deux échantillons. [5]

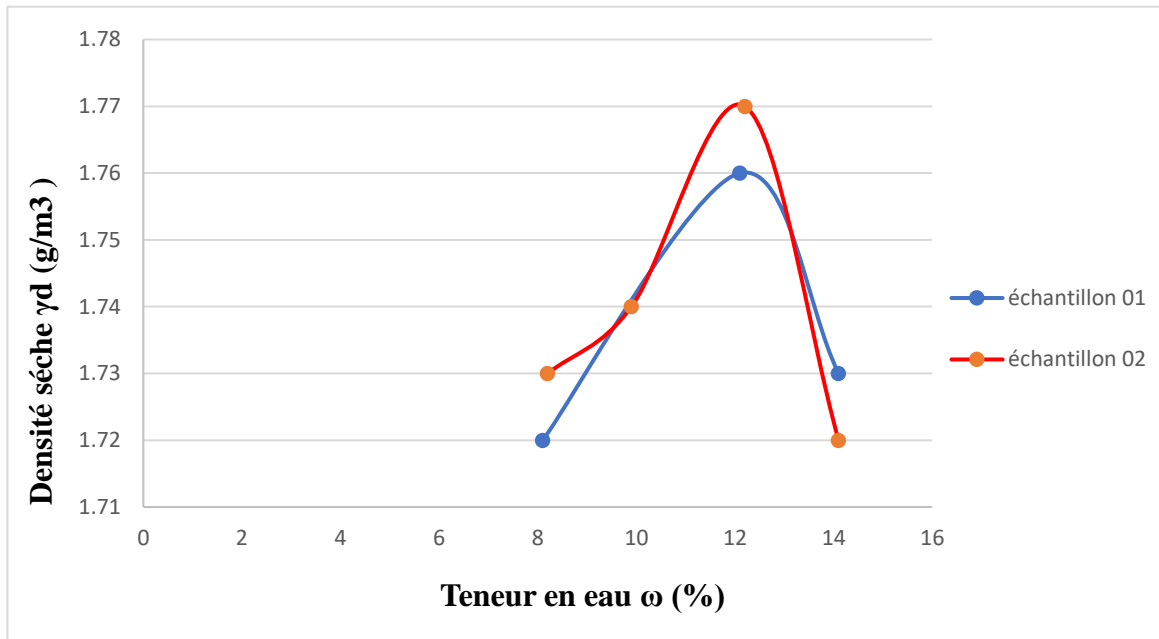


Figure I. 2: Courbe Proctor modifiée du sable rougeâtre. [5]

Tuf :

Tableau I. 2: Résultats d'essai Proctor modifié de tuf. [5]

Teneur en Eau ω (%)	Densité Sèche γ d (g/cm ³)
13.50	1.81

3. Les résultats de l'essai CBR donnent des indices CBR immédiat élevés (48.11 ; 48.53).[5]

Dans le cas de SR l'indice CBR imbibé est égal à 42.93 > 20 avec une petite variation de teneur en eau après l'immersion (1.56% ; 2.72%.) avec un taux de gonflement très faible pour les deux prélèvements. [5]

Tuf:

- Indice portant = 55,74

Il existe également d'autres résultats des essais Proctor et CBR pour des trois prélèvements du SR dans la Région d'Ouargla :

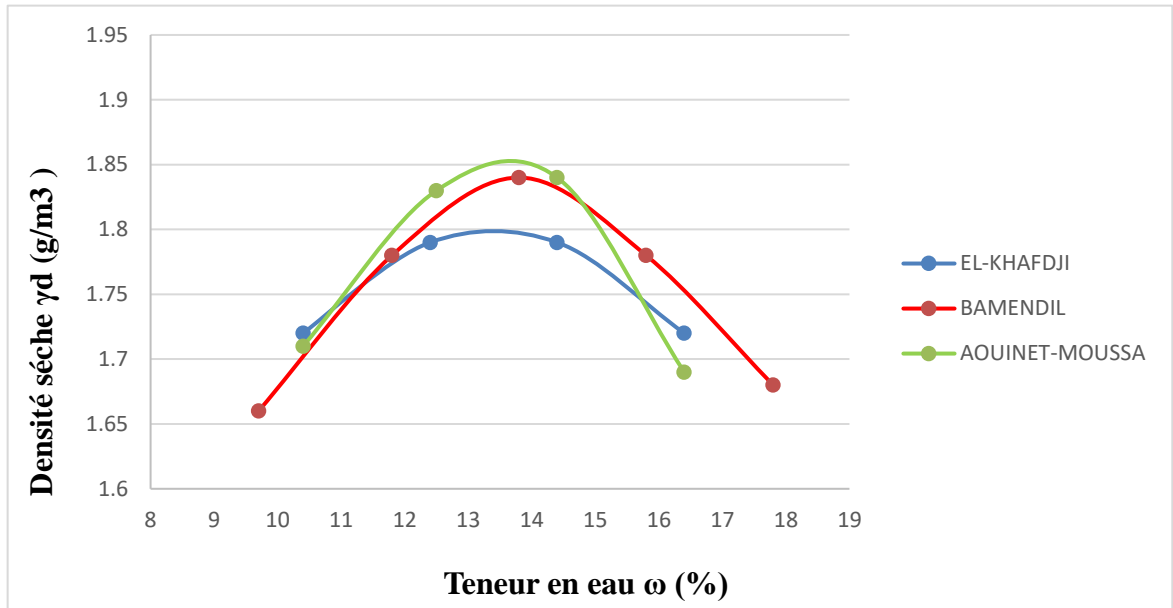


Figure I. 3: Courbe Proctor modifié du sable rougeâtre. [1]

Tableau I. 3: Résultat d'essai Proctor modifié sable rougeâtre. [1]

	EL KHAFDJI	BAMENDIL	AOUNET-MOUSSA
ω_{opt} (%)	13,3	13,8	10,4
γ_d (g/cm ³)	1,8	1,84	1,85

Tableau I. 4: Résultat d'essai CBR sable rougeâtre. [1]

	EL KHAFDJI	BAMENDIL	AOUNET-MOUSSA
CBR Immédiat	44.28	40.75	53.55
CBR Imbibé	13.06	12.56	21.36

4. Pour l'essai de compression simple, six éprouvettes sont préparées avec un teneur en eau de l'optimum Proctor ω_{opt} , chaque deux éprouvettes ayant un poids correspondent à la compacité (100 %, 98 %, 95 %) respectivement, et les résultats de chaque prélèvement sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I. 5: Résultats d'essai de Compression simple de SR. [5]

	Bamndil 1		Bamndil 2	
Compacité théorique	Résistance (Kg/cm²)	RésistanceMoy (bars)	Résistance (Kg/cm²)	RésistanceMoy (bars)
100% ①	6,24	5,98	6,24	5,72
100% ②	5,72		5,20	
98% ①	5,1	4,85	4,59	4,59
98% ②	4,59		4,59	
95% ①	3,57	3,57	3,57	3,32
95% ②	3,57		3,06	

Les résultats obtenus montrent une faiblesse relative par rapport aux sols utilisés dans les projets routiers, ce qui nécessite d'améliorer la résistance à la compression du sable. Il est donc nécessaire d'envisager des solutions telles que l'augmentation de l'épaisseur de la couche ou le traitement du sable par l'ajout de sable grossier. [5]

Tuf:

Tableau I. 6: Résultat d'essai de compression simple du tuf. [5]

Rc en bars à 95 %	18,49
Rc en bars à 98 %	26,78
Rc en bars à 100 %	28,31

5. L'analyse chimique quantitative révèle que :

- ❖ Les trois échantillons renferment des proportions de (94,48 % 90,86 % 94,94 %) respectivement de silice [SiO₂] largement supérieurs à 80 % qui est le seuil des sols gonflants et non gonflants. [2]

- ❖ Le taux de carbonate de calcium [CaCO₃] est de (2,00 % ; 7,00 % ; 4,00 %) respectivement pour les trois échantillons, ce qui fait que le sable étudié à une fraction argileuse. [2]
- ❖ Le taux de l'anhydride sulfurique [SO₃] est de 0,28 % ; 0,24 % ; 0,25 %, ce qui fait que le sable étudié n'est pas en réalité agressif. [1]

I.6. Conclusion

D'après les résultats obtenus sur le tuf et le sable rougeâtre (SR), il est évident que les caractéristiques du sable rougeâtre sont acceptables pour les projets routiers.

Le sable rougeâtre présente un taux d'insolubles prédominant, ce qui constitue un avantage par rapport au tuf

Par conséquent, ce sable est moins sensible à l'eau, ce qui favorise son utilisation par rapport au tuf et lui confère une meilleure résistance au phénomène de remontée des eaux. Cependant, le seul inconvénient de ce sable est sa résistance à la compression, ce qui nécessite des recherches pour améliorer cette caractéristique.

CHAPITRE II

Méthodes de dimensionnement

II.1. Introduction

Afin de mieux comprendre la conception des routes, ce chapitre présente une définition de la chaussée et de ses différents types, ainsi que les méthodes de dimensionnement utilisées pour assurer une structure robuste et durable.

De plus, il aborde la définition et le principe du logiciel Alizé LCPC.

II.2. Définition d'une chaussée [2]

- ❖ **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- ❖ **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

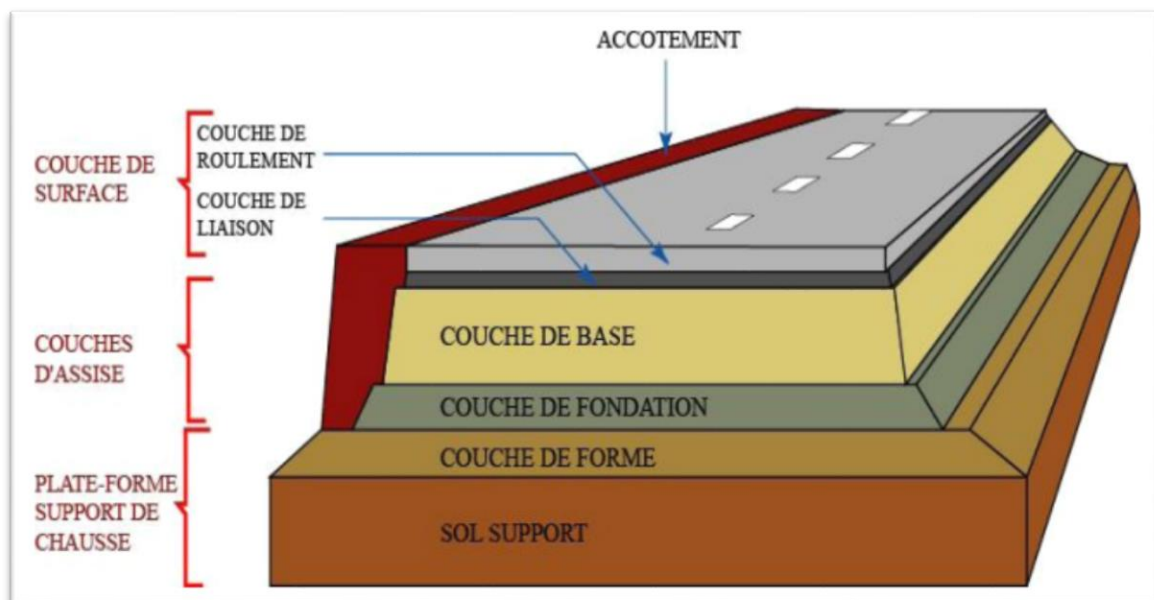


Figure II. 1: Différentes couches d'une structure de chaussée.

II.3. Les différents types de chaussée

Il existe différents types de chaussées qui sont utilisées en fonction des besoins, des conditions climatiques et des volumes de trafic. Voici quelques-uns des types de chaussées les plus courants :

II.3.1. Les chaussées souples ou flexibles [6]

Les chaussées souples sont composées d'une couche de surface en matériaux bitumineux. En dessous, on trouve une assise en matériaux granulaires non traités, composée d'une ou plusieurs couches.

L'épaisseur totale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm. Il est important de noter que la qualité du sol support à une influence significative sur la durabilité de la chaussée au fil du temps.

La structure type se présente comme suit:

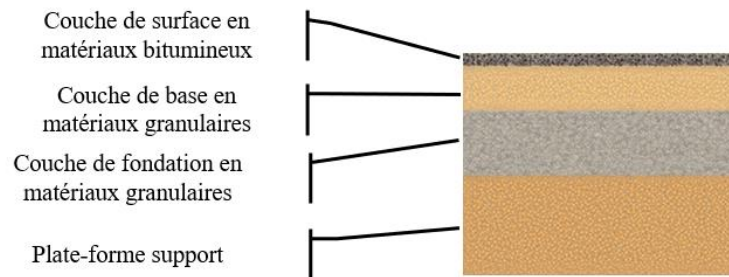


Figure II. 2: Structure d'une chaussée souple.

II.3.2. Les chaussées semi-rigides [6]

Ce type de chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques comporte une couche de surface bitumineuse qui repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques d'une épaisseur de 20 à 50 cm. En raison du risque élevé de retraites thermiques, des fissures peuvent apparaître et remonter jusqu'à la couche de surface.

La structure type se présente comme suit:

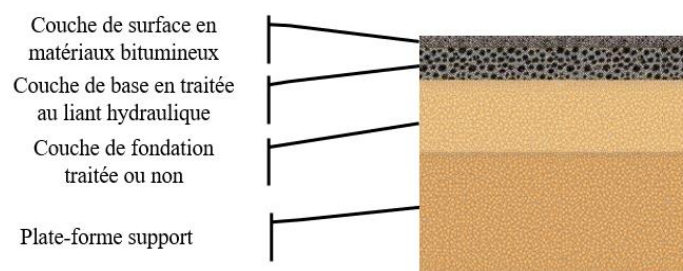


Figure II. 3: Structure d'une chaussée semi-rigide

II.3.3. Les chaussées rigides [6]

Les chaussées rigides sont constituées d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. Ce type de chaussée absorbe les efforts et transmet peu de charges au sol.

La structure type se présente comme suit :

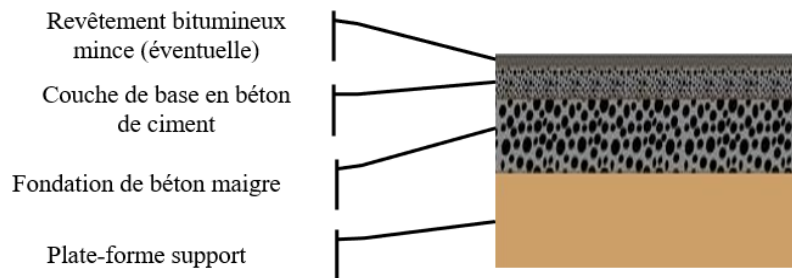


Figure II. 4 : Structure d'une chaussée rigide.

II.3.4. Les chaussées mixtes [6]

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base en matériaux bitumineux, avec une épaisseur de base de 10 à 20 cm, reposant sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques d'une épaisseur de 20 à 40 cm. Cette couche de fondation a pour rôle de diffuser les efforts et de les atténuer dans le sol support.

La structure type se présente comme suit :

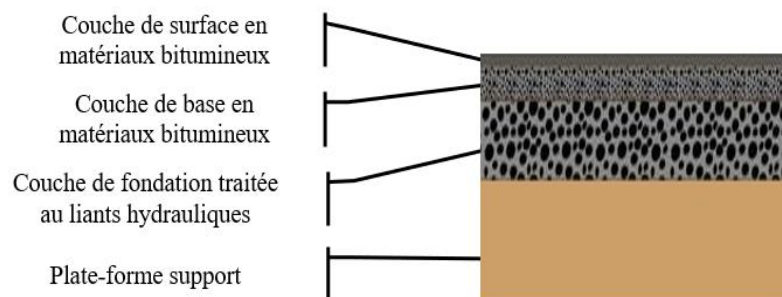


Figure II. 5 : Structure d'une chaussée mixte.

II.3.5. Les chaussées inverses [6]

Ces structures sont formées de couches bitumineuses d'une épaisseur totale d'environ 15 centimètres, reposant sur une couche de grave non traitée d'environ 12 centimètres, qui repose elle-même sur une couche de fondation composée de matériaux traités aux liants hydrauliques. L'épaisseur totale de la structure atteint ainsi de 60 à 80 centimètres.

La structure type se présente comme suit:

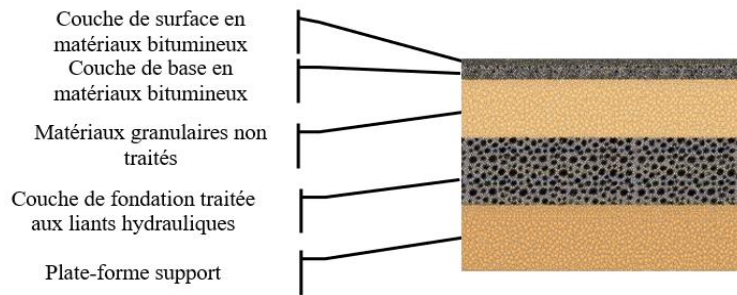


Figure II. 6: Structure d'une chaussée inverse.

II.3.6. Les chaussées bitumineuses épaisses [6]

Les chaussées bitumineuses épaisses composées de revêtements bitumineux et disposent d'une assise en matériaux traités aux liants hydrocarbonés, d'une épaisseur de 15 à 40 cm. Ces matériaux présentent une relative rigidité, ce qui permet de répartir les contraintes verticales et de réduire les efforts au niveau du sol support.

La structure type se présente comme suit:

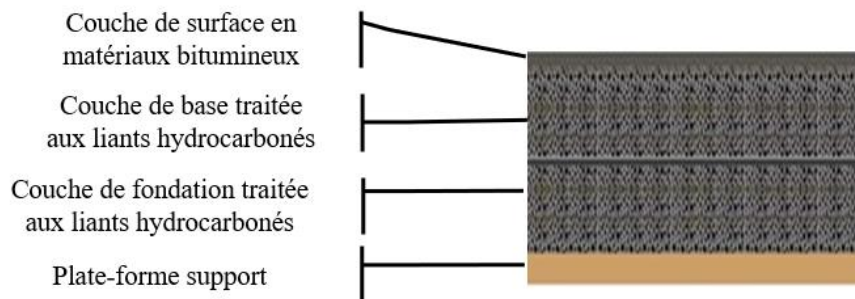


Figure II. 7: Structure d'une chaussée bitumineuse épaisse.

II.4. Méthodes de dimensionnement des corps de chaussée

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuient sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches. Dans cette étude les structures seront dimensionnées avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode CBR.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTT.

Ensuite, les dimensions de ces structures sont évaluées numériquement à l'aide de logiciel alisé LCPC.

II.4.1. Méthode CBR [7]

C'est une méthode (Semi-Empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100) % de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur de moins de 15 (cm).

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log\left(\frac{N}{10}\right)]}{I + 5}$$

- **I**: indice CBR.
- **P** : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- **Log** : logarithme décimal.
- **E_{eq}** : épaisseur équivalent.
- **N** : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = TMJA \times PL\%$$

a. Notion de l'épaisseur équivalente

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i = e_1.a_1 + e_2.a_2 + e_3.a_3$$

- **e1** : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- **e2** : épaisseur réelle de la couche de base.
- **e3** : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- **a1, a2, a3**: sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e1, e2, e3.

Tableau II. 1: Coefficient d'équivalence. [7]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'a'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassé ou gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

✓ **Remarque**

Les épaisseurs e1, e2 et e3 sont toutes arbitraires. Une troisième épaisseur (parmi e1, e2 et e3) est obtenue en ayant fixé les deux autres. Les épaisseurs généralement adoptées sont:

- **BB**: 6 à 8cm
- **GB**: 10 à 20cm
- **GC**: 15 à 25cm
- **TVO**: 25cm et plus.

Tableau II. 2: Spécification CBR. [7]

I CBR	< 3	3 à 8	8 à 30	> 30
Portance du sol	Mauvaise	Médiocre	Bonne	Très bonne

II.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP [8]

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support.

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 rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

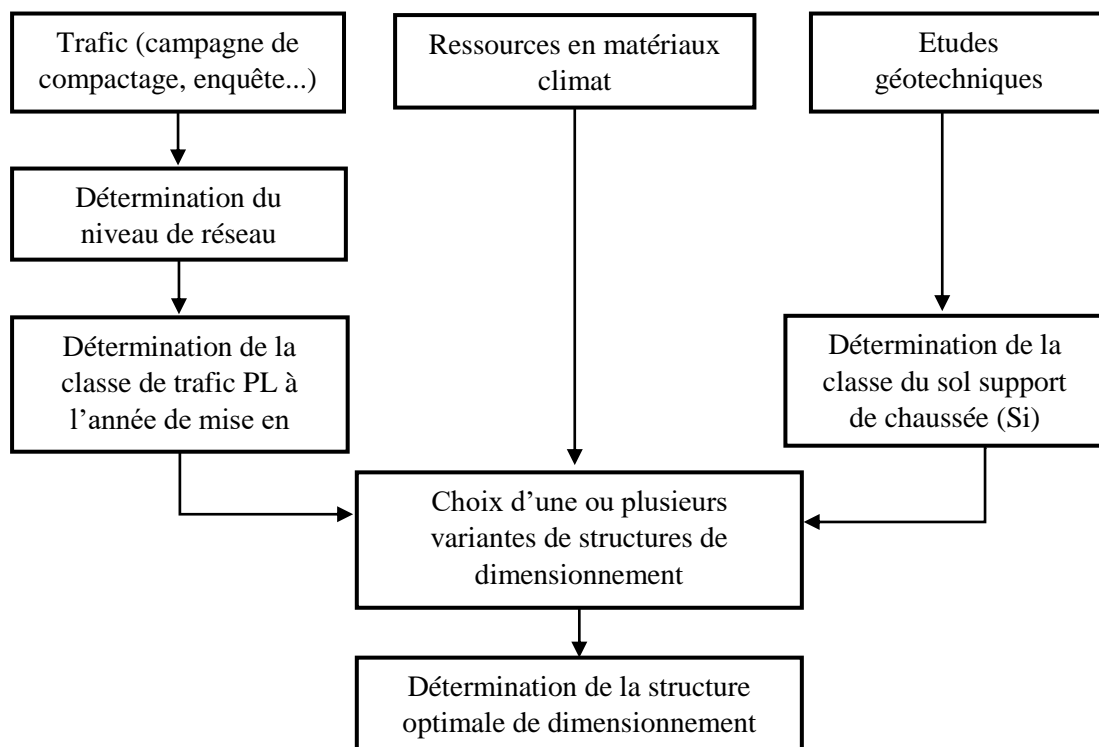


Figure II. 8: Démarche du catalogue. [8]

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Le trafic.
- La durée de vie.
- Les données climatiques.
- Le sol support de chaussée.
- Le risque de calcul considéré.
- Les caractéristiques des matériaux.

II.4.2.1. Les données du trafic :

Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau II. 3: Type de réseau. [8]

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

II.4.2.2. Les données climatiques:

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est-à-dire température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site.

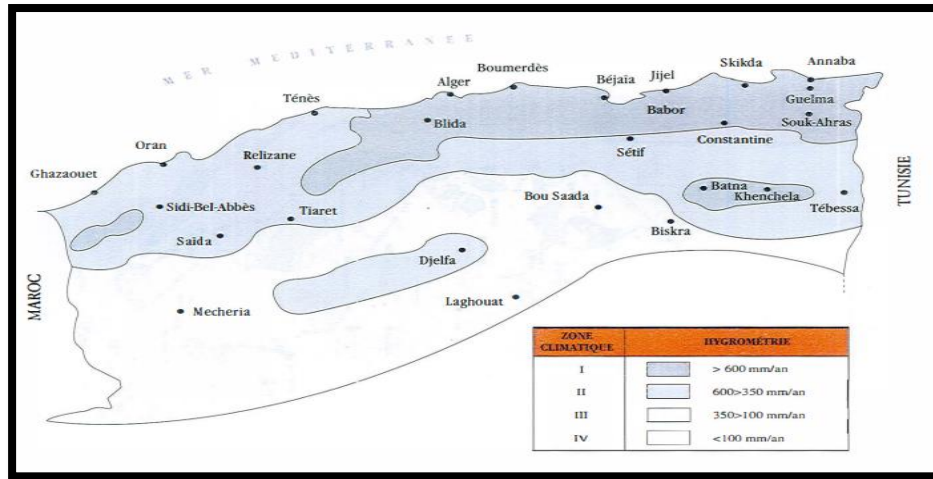


Figure II. 9: La carte climatique de l'Algérie selon (2001CTTP). [8]

Tableau II. 4: Choix des zonages climatique (CTTP2001). [8]

Zone climatique	Pluviométrie (mm/ans)	Climat	Région
I	> 600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts-plateaux
IV	<100	Aride	Sud

Tableau II. 5: Choix des températures équivalentes (CTTP2001). [8]

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20°C	25°C	30°C

II.4.2.3. Durée de vie :

la durée de vie d'une chaussée dépend des matériaux constitutants et de types de structure. Le tableau (II.6) illustre la durée de vie de réseaux principal.

Tableau II. 6: Durées de vie adoptées. [8]

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux	Types de structures	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

II.4.2.4. Détermination de la classe du trafic (TPLi) :

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service. [8]

Tableau II. 7: Classe du trafic. [8]

		Classe de trafic (TPLi)								
		TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7	
(PL/J/sens)	RP1	/	/	/	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000	
	RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	/	/	/	/	

II.4.2.5. Répartition transversale du trafic :

En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussées unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

- Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussées bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL.
- Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

II.4.2.6. Trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. [8]

$$\text{TCEi} = \text{TPL} \times \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

- **i** : taux de croissance du trafic.
- **A** : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

En fonction de réseau principal **RPi**.

Tableau II. 8: Valeur du coefficient d'agressivité A. [8]

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/TUF, GB/SG...	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0.4

II.4.2.7. Risque de calcul :

Un risque r% sur une période de x années pris pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de ces x années des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Tableau II. 9: Risque adopté pour le réseau RP1. [8]

	Classe de trafic (TPLi) (PL/j/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Tableau II. 10: Risque adopté pour le réseau RP2. [8]

	Classe de trafic (TPLi) (PL/j/sens)	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3
Risque (%)	GNT/GNT, TUF/TUF SG/SG, SB/SG	25		20	

II.4.2.8. Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0.

Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau II. 11: Présentation des classes de portance des sols. [8]

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Il existe une relation entre la qualité du sol support de chaussée et le bon comportement des chaussées. Pour cette raison, et pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), les classes de sol support considérées sont les suivantes : [8]

- Pour le réseau principal RP1 : S0, S1, S2.
- Pour le réseau principal RP2 : S0, S1, S2, S3.

➤ **Amélioration de la portance du sol support :**

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes Le (CTTP) a effectué des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant :

Tableau II. 12: Sur-classement avec couche de forme en matériau non traité. [8]

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de CF	Classe de portance de sol support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités (*)	50cm(en 02 couches)	S3
S4	//	35cm	S3
S4	//	60cm (en 02 couches)	S2
S3	//	40cm (en 02 couches)	S2
S3	//	70cm(en 02 couches)	S1

Tableau II. 13: Présentation des classes de portance des sols. [8]

Familles de sols	Classification des sols USCS	Plages de portance probables
Argiles Limos	CL, CH, ML, ML-CL	S4 – S2
Sables, Graves	SP-SC, SC, SM, GP-GC, GC, GM	S3 – S0

Les valeurs des modules indiquées sont calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$$

Tableau II. 14: Classe de portance de sol-support de chaussée. [8]

Classes de sol - supports	S3	S2	S1	S0
Module MPA	25-50	50-125	125-200	>200

II.4.2.9. Choix de la couche de roulement : [8]

Toutes les fiches techniques de dimensionnement, exceptées celle concernant les chaussées en béton de ciment, font apparaître une couche de roulement. Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

- RP1 : Couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.
 - 6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT ...)
 - 6BB à 10BB pour la structure GL/GL
- RP2 : Couche de roulement en enduit superficiel (ES) ou enrobé à froid (EF) en fonction du matériau choisi en assise de chaussée et de la zone climatique correspondante.

II.4.2.10. Calcul des sollicitations admissibles [8] :

Les sollicitations admissibles pour chaque type de matériaux sont calculées à partir des relations suivantes :

➤ Matériaux traités au bitume :

Le calcul de la déformation admissible de traction ($\epsilon_{t, adm}$) à la base des couches bitumineuses est donné par la relation suivante :

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

Où :

- $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$ = déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- k_{ne} = facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- k_{θ} = facteur lié à la température.

- **kr** = facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** = facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

avec :

$$kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b, \quad k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(30eq)}}, \quad kr = 10^{-tb\delta}$$

- **TCEi** : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.
- **b** = pente de la droite de fatigue ($b < 0$)
- **E(10°C)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C
- **E(θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

$$\delta : f(\text{dispersion}) \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

avec :

- **SN** : dispersion sur la loi de fatigue.
- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- **c** = coefficient égal à 0.02
- **t** = fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%). Voir le tableau ci-dessous :

Tableau II. 15: Valeurs de $t=f(r\%)$ [8]

R%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
R%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

➤ **Matériaux traités aux liants hydrauliques :**

Le calcul de la contrainte admissible de traction $\sigma_{t, adm}$ à la base des couches traitées aux liants hydrauliques est donné par la relation suivante :

$$\sigma_{t, adm} \text{ (bars)} = \sigma_6 \times k_{ne} \times k_r \times k_d \times k_c$$

Ou :

σ_6 : contrainte de flexion limite à 10^6 cycles donnée par l'essai de fatigue.

Kne, kr, kc : idem matériaux traités au bitume.

Kd : facteur lié aux effets des discontinuités (fissures) et gradient thermique (dalle en béton).

➤ **Matériaux non traités (MNT) :**

Il n'existe pas de calcul de sollicitations admissibles pour ce type de matériau. Il faut s'assurer du bon choix des caractéristiques du matériau afin d'assurer une bonne tenue à l'orniérage. Il faut également s'assurer que le sol support ne soit pas trop déformable.

II.4.2.11. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol-support [8] :

• **Matériaux traités au bitume (MTB) :**

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t, adm}$ $\epsilon_{z, adm}$.

$$\epsilon_t < \epsilon_{t, adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$$

• **Matériaux traités au liants hydrauliques (MTLH)**

Dans ce cas également, il faudra vérifier que les contraintes et déformations calculées par Alize III sont inférieurs aux contraintes et déformations admissibles calculées :

$$\sigma_t < \sigma_{t, adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$$

• **Matériaux non traités (MNT) :**

Dans le cas des MNT la seule vérification est à faire sur le sol-support :

$$\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$$

II.4.2.12. Logiciel Alizé LCPC :**II.4.2.12.1. Définition :**

Le logiciel Alizé LCPC est un logiciel de calcul des structures des chaussées. Ces chaussées peuvent être routières, portuaires, logistiques ou aéronautiques.

Les fonctionnalités permettent le dimensionnement des chaussées neuves dans le contexte français (NF P98-086) mais aussi de reprendre des projets réalisés suivant les contextes anciens (Guide 1994 ou Catalogue 1998). [9]

Le logiciel développé par le LCPC et le SETRA.

II.4.2.12.2. Principe de logiciel :

Le logiciel ALIZE - LCPC met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement mécanique des structures de chaussée, La vocation première de la méthode rationnelle est dans le cadre des opérations de dimensionnement des chaussées neuves routières pour toutes les classes de trafic (des chaussées à faible trafic aux chaussées à fort trafic). [2]

Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. [2]

II.6. Conclusion

Les autorités compétentes décident du type de chaussée approprié en fonction des conditions environnementales, du volume de trafic attendu et d'autres considérations techniques.

La méthode du catalogue est généralement plus simple à utiliser mais peut-être moins précise, tandis que la méthode CBR offre une approche plus précise mais nécessite des essais de laboratoire et une expertise approfondie en matière de sols. Le choix entre les deux méthodes dépendra des ressources disponibles, des spécificités du projet et des exigences de conception.

Le logiciel Alizé est un outil essentiel pour les ingénieurs routiers, offrant une approche avancée et mécanistique pour l'analyse, la conception et l'optimisation des chaussées. Il permet de garantir des conceptions robustes, durables et adaptées aux conditions spécifiques du projet, contribuant ainsi à la qualité et à la sécurité des infrastructures routières.

CHAPITRE III

Etude comparative

III.1. Introduction

Ce chapitre présente les caractéristiques des matériaux utilisés, le sable rougeâtre et le tuf. Il présente également l'application des méthodes de dimensionnement avec des données réelles. Ensuite, à l'aide du logiciel Alizé LCPC, les structures obtenues par les méthodes précédentes sont vérifiées.

III.2. Caractérisation des matériaux utilisés

L'identification du sable rougeâtre également appelé « Mezzouaghe a été réalisée à partir d'essais physiques et mécaniques effectués sur un échantillon provenant de la région d'Ouargla, plus précisément de Bamndil.

III.2.1. Essai d'identification physique

1. Analyse granulométrique :

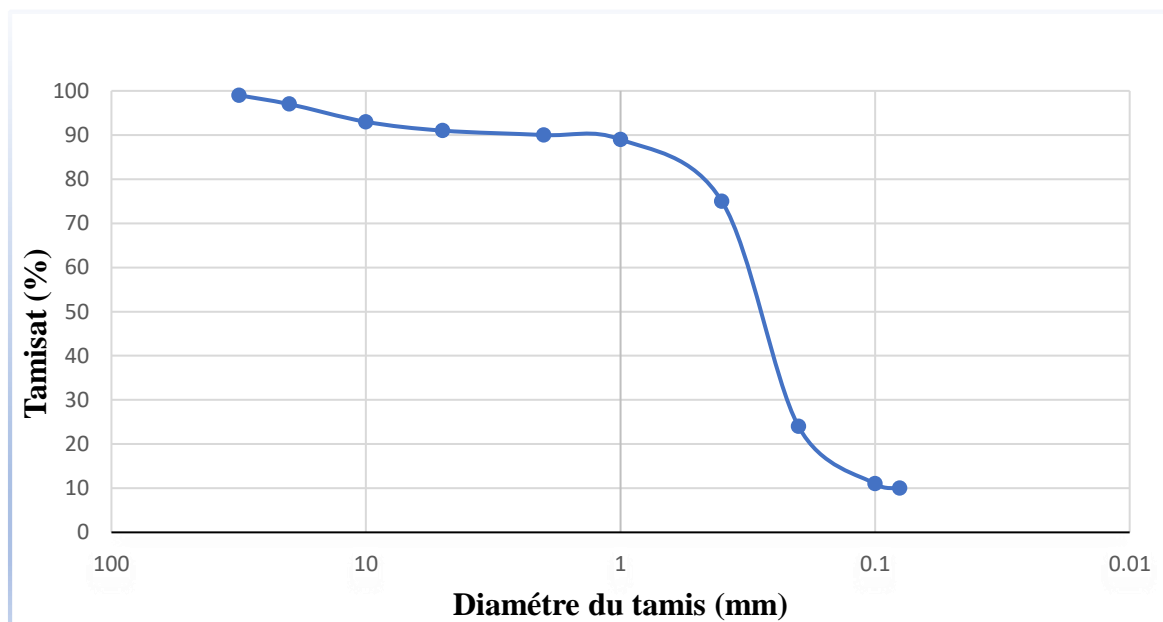


Figure III. 1: Courbe granulométrique du sable rougeâtre.

Tableau III. 1: Résultats d'analyse granulométrique.

Coefficient d'Uniformité (Cu)	Coefficient de Courbure (Cc)
5.3	2.31

Des essais idem ont été effectués sur ce type de sable Mezzouaghe et sur le tuf comme matériau témoin. Les courbes granulométriques ci-dessous montrent la répartition granulaire étalé dans l'intervalle [0.08 à 0.1] mm.

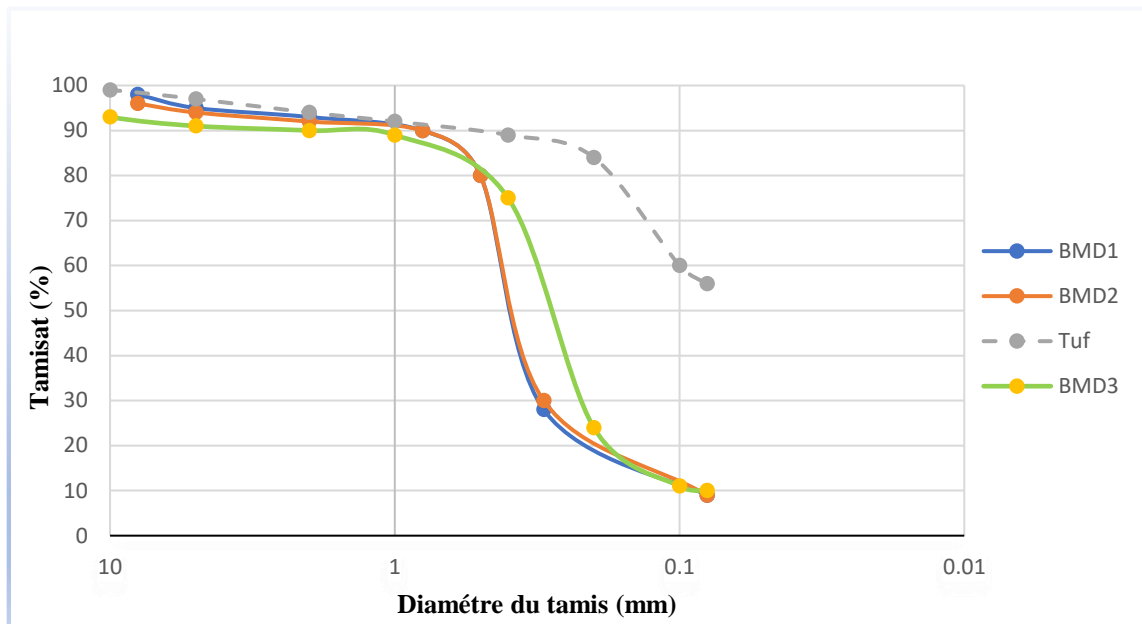


Figure III. 2: Courbe granulométrique de sable rougeâtre et Tuf.

➤ **Notation :**

- (BMD1, BMD2) : sont des échantillon prélevés précédemment.
- (BMD3, Tuf) : sont des échantillon actuel.
- ✓ **Tuf :** (ECH. 01 EURL G.G.T.P / MEKHADMA OUARGLA)

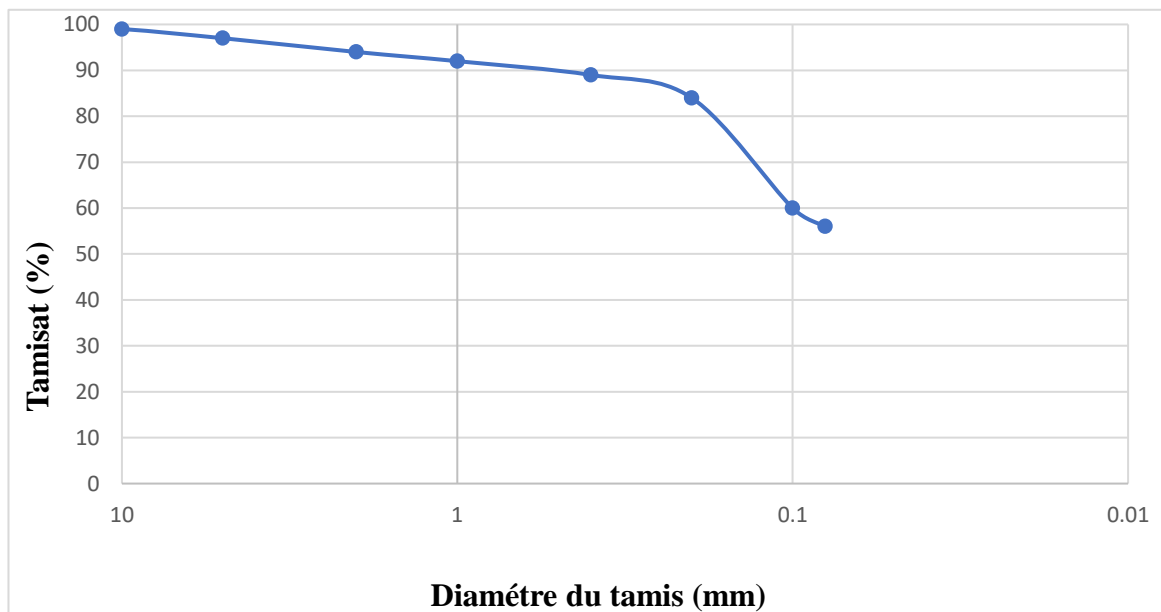


Figure III. 3: Courbe granulométrique du Tuf.

2. Masse volumique absolue :

La masse volumique absolue obtenue du SR est :

$$\text{MVA} = 2.58 \text{ g/cm}^3$$

3. Equivalent de sable :

$$\text{ES}\% = 7.6$$

III.2.2. Essai mécanique

1. Essai Proctor : [γ_d (g/cm³) = 1.77, ω (%) = 11.80]

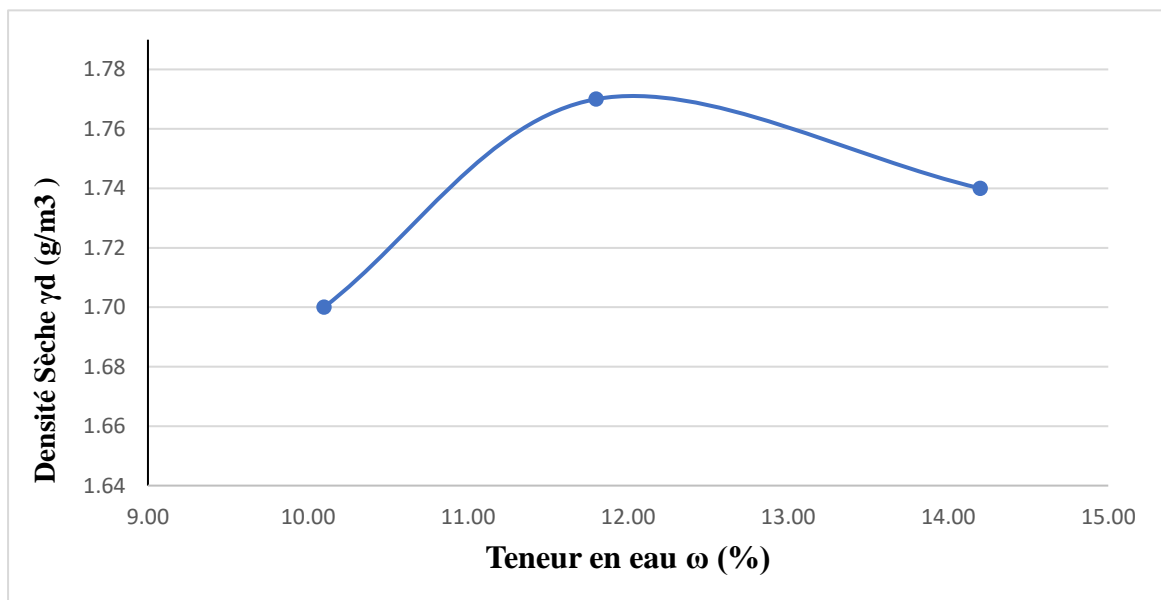


Figure III. 4: Courbe Proctor modifié du sable rougeâtre.

✓ Tuf :

Tableau III. 2: Résultats d'essai Proctor modifié.

Teneur en Eau ω (%)	Densité Sèche γ_d (g/cm ³)
12.6	1.65

2. Essai CBR :

Les résultats de l'essai CBR donnent des indices CBR imbibé 28.19 cependant que l'indice CBR immédiat est égal à 41.12

$$E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 41.12 = 205.6 \text{ MPA}$$

Le module **E** est égale à 205.6 MPA, $\nu = 0.25$

Dans le cas du tuf, l'indice CBR imbibé 19.56 et l'indice CBR immédiat 63.50

$$E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 63.50 = 317.5 \text{ MPA}$$

Le module **E** est égale à 317.5 MPA, $\nu = 0.25$

3. Essai de compression simple :

Tableau III. 3: Résultats d'essai de Compression simple sur SR.

Rc en bars à 95 %	2.08
Rc en bars à 98 %	2.60
Rc en bars à 100 %	3.12

✓ Tuf :

Tableau III. 4: Résultats d'essai de Compression simple sur tuf.

Rc en bars à 95 %	7.67
Rc en bars à 98 %	10.26
Rc en bars à 100 %	11.17

III.3. Dimensionnement du corps de chaussée « Application au projet »

Les données collectées de la DTP Ghardaia sont les suivantes :

- Trafic de l'année de comptage 2022, TJMA 2022 = 4961 v/j.
- Année de mise en service : 2024, TJMA 2024 = $4961 \times (1 + 0.04)^2 = 5366$ v/j.
- Durée de vie = 20 ans.
- $\tau = 4$ %
- Pourcentage du poids lourd est Z = 40 %

III.3.1. Méthode de CBR

Données de l'étude :

- Année de mise en service : 2024 TJMA 2024 = 5366 v/j.
- Année horizon 2044 : TJMA 2044 = 11758 v/j.
- Pourcentage de poids l'ourds est Z = 40 %.
- $N(PL) = 11758 \times 0.40 = 4704$ PL/j.
- $N(PL) = 2352$ PL/j/sens.
- P = 6.5 t.
- Selon le laboratoire des travaux publics de sud - Ghardaia - la valeur de l'indice CBR mesurée de la section : RN 49 du PK 56+500 au PK 57 est égale à 10 %.

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

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times [75 + 50 \times \log\left(\frac{2352}{10}\right)]}{10 + 5} = 39.56 \text{ cm}$$

Cette étude propose deux structures ; la première est à la base du SR et la deuxième à la base du tuf.

III.3.1.1. Détermination de l'épaisseur équivalente E_{eq} :

1. SR :

- **Couche de roulement** en béton bitumineux (BB) : $e_1 \times a_1 = 7 \times 2 = 14$ cm.
- **Couche de base** en grave concassé : $e_2 \times a_2 = 15 \times 1 = 15$ cm.
- **Couche de fondation** en SR : $a_3 \times e_3 = 20 \times 0.7 = 14$ cm.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à 43 cm et l'épaisseur réel à réaliser est égale à 42 cm.

1. Tuf :

- **Couche de roulement** en béton bitumineux (BB) : $e_1 \times a_1 = 7 \times 2 = 14$ cm.
- **Couche de base** en grave concassé : $e_2 \times a_2 = 15 \times 1 = 15$ cm.
- **Couche de fondation** en tuf : $a_3 \times e_3 = 20 \times 0.7 = 14$ cm.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à 43 cm et l'épaisseur réel à réaliser est égale à 47 cm.

2. Les structures :

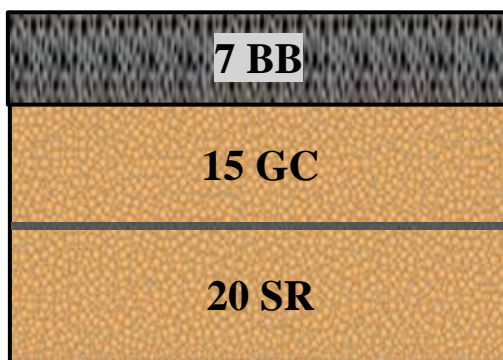


Figure III. 5: Structure à la base du sable rougeâtre.



Figure III. 6: Structure à la base de tuf.

III.3.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTPP

L'année de mise en service est 2024.

TJMA 2024 = 5366 v/j > 1500 v/j => Donc : le réseau principal est **RP1**.

Selon le tableau de durée de vie adopté (voir chapitre 02), la durée de vie de projet est : 20 ans.

III.3.2.1. Détermination de la classe du trafic (TPLi) :

TJMA 2024 = 5366 v/j (l'année de mise en service).

TJMA 2024 = 5366/2 = 2683 v/j/sens.

TPL2024 = Z X TJMA 2024 = 0.4 × 2683 = 1074 PL/j/sens.

III.3.2.2. La zone climatique :

Selon le zonage dans la carte climatique (voir chapitre 02), la température équivalente du projet est classée en zone **IV**.

III.3.2.3. Répartition transversale du trafic :

La chaussée dans cette étude est une chaussée bidirectionnelle à 2 voies. D'après le catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves(2001CCTP), la répartition du poids lourd est de 50%.

$$TPL_{2024} = 1074 \times 0.5 = 537 \text{ (PL/j/sens).}$$

Donc : La classe de trafic est **TPL4**.

III.3.2.4. Trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$TCEi = TPL \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

$$TCEi = 537 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 \times 0.6$$

$TCEi = 3.5 \times 10^6$ Essieux équivalents de 13T.

III.3.2.5. Risque de calcul (R%) :

Selon le tableau de risque adopté pour le réseau RP1, le risque de calcul est :

$$R\% = 15\%$$

III.3.2.6. Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Classe du sol support **S2** : $E = 5 \times CBR \rightarrow E = 5 \times 10 = 50 \text{ MPA}$, $\nu = 0.25$

III.3.2.7. Choix de dimensionnement :

Le réseau principal est (**RP1**), la zone climatique **IV**, la durée de vie est de **20 ans**, taux d'accroissement moyen égale à **4%**, la classe de portance du sol est la classe (**S2**) et une la classe de trafic (**TPL4**).

Selon les données citées en haut, le catalogue Algérien (fascicule N°3) propose la structure suivante :

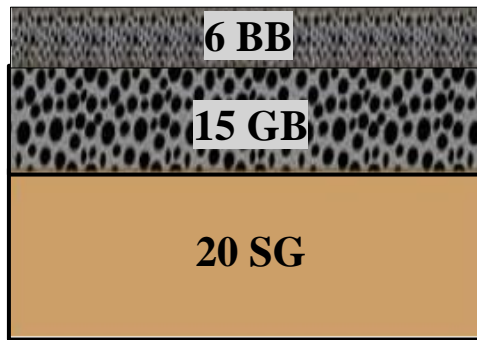


Figure III. 7: Structure proposée par la méthode de catalogue.

III.3.2.8. Calcul la déformation admissible ($\epsilon z, adm$) sur le sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduit à partir d’une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

- $\epsilon z adm = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$
- $\epsilon z adm = 22 \times 10^{-3} \times (3.5 \times 10^6)^{-0.235} = 6.37 \times 10^{-4} def$

$$\epsilon z adm = 637 \times 10^{-6} def = 637 \mu def$$

III.3.2.9. Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon t, adm$ à la base de la GB :

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon t adm = \epsilon_6 (10^\circ C, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

Tableau III. 5: Performances mécaniques des matériaux bitumineux. [8]

Matériau (MTB)	E(30°C,10HZ) (Mpa)	E(25°C,10HZ) (Mpa)	E(20°C,10HZ) (Mpa)	E(10°C,10HZ) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ C,10HZ)$ (10 ⁶)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	Kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7.63	0.68	2.5	0.45	1.3

- $kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{3.5 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.14} = 0.839$
 - $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$
 - $b = -0.146$
 - $kc = 1.3$
 - $k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(30\text{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{3500}} = 1.88$
 - $t = fct(r\%) = fct(15\%) = 1.036$
 - $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}Sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$
 - $c = 0.02$
 - $kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-(1.036)(-0.146)(0.609)} = 1.236$
- $\epsilon t \text{ adm} = 100 \times 10^{-6} (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times 0.839 \times 1.88 \times 1.236 \times 1.3$

$\epsilon t \text{ adm} = 253 \times 10^{-6} \text{ def} = 253 \mu\text{def}$

III.3.3. Vérification numérique

Les trois (03) structures obtenues par les méthodes précédentes seront vérifiées par la suite en utilisant le logiciel Alizé LCPC.

III.3.3.1. Les structures obtenus par la méthode de CBR :

1. Structure à la base du SR :

STRUCTURE 78B 15GC 20SR								variante 1 : Durée=00:00sec	
épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)	Grandeurs affichées	
0.070	2500.0	0.350	0.000	-44.2	0.225	-162.2	0.658	<input checked="" type="radio"/> tableau 1	<input type="radio"/> tableau 2
	collé		0.070	-189.0	-0.454	295.7	0.444	<input type="radio"/> tableau 3	<input type="radio"/> tableau 4
0.150	500.0	0.250	0.070	-189.0	0.004	853.8	0.444	<input type="radio"/> tableau 5	<input type="radio"/> tableau 6
	collé		0.220	-355.0	-0.171	396.8	0.125	<input type="radio"/> tableau 7	<input type="radio"/> tableau 8
0.200	200.0	0.250	0.220	-355.0	-0.046	708.9	0.125		
	collé		0.420	-389.5	-0.083	409.2	0.045		
infini	50.0	0.250	0.420	-389.5	-0.010	969.0	0.045		

Déflexion = 87.0 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 126.6 m

Figure III. 8: Résultat de la structure à la base du SR.

2. La structure à la base du Tuf :

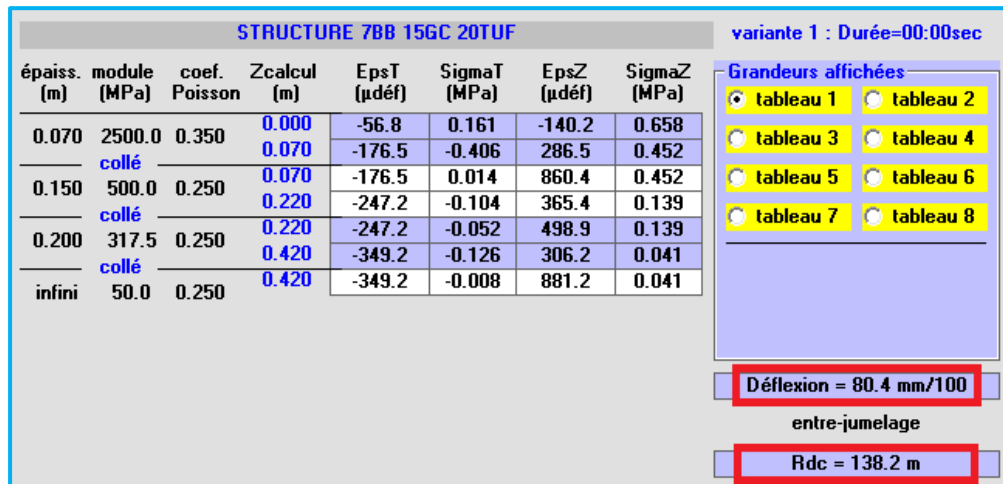


Figure III. 9: Résultat de la structure à la base de tuf.

III.3.3.2. La structure obtenu par la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTTP :

La nature des interfaces :

Toutes les couches sont collées.

Résultat obtenue par programme Alize LCPC :

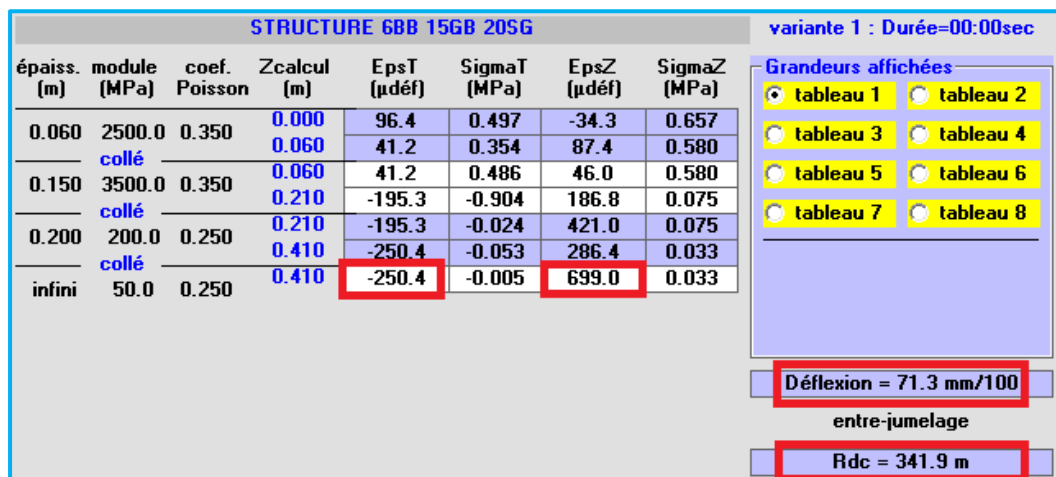


Figure III. 10: Résultat de la structure proposée.

La structure 6BB + 15GB + 20SG est non vérifiée, parce que :

$$\epsilon z \text{ cal} = 699 \mu\text{def} > \epsilon z \text{ adm} = 637 \mu\text{def}$$

$$\epsilon t \text{ cal} = 250.4 \mu\text{def} < \epsilon t \text{ adm} = 253 \mu\text{def}$$

Puisque la structure donnée par le catalogue n'est pas vérifiée, et pour des raisons technico-économiques, une autre structure de même type est proposée mais avec une augmentation d'épaisseur :

6BB + 15GB + 25SG

Résultat obtenue par programme Alize LCPC :

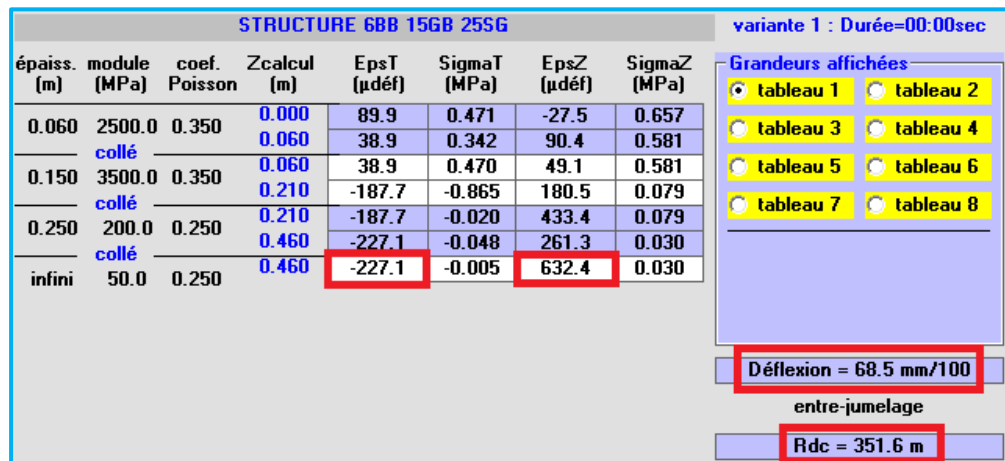


Figure III. 11: Résultat de la structure modifiée.

On a :

$$\epsilon_z \text{ cal} = 632.4 \mu\text{def} < \epsilon_z \text{ adm} = 637 \mu\text{def}$$

$$\epsilon_t \text{ cal} = 227.1 \mu\text{def} < \epsilon_t \text{ adm} = 253 \mu\text{def}$$

Donc la structure 6BB + 15GB + 22SG est vérifiée

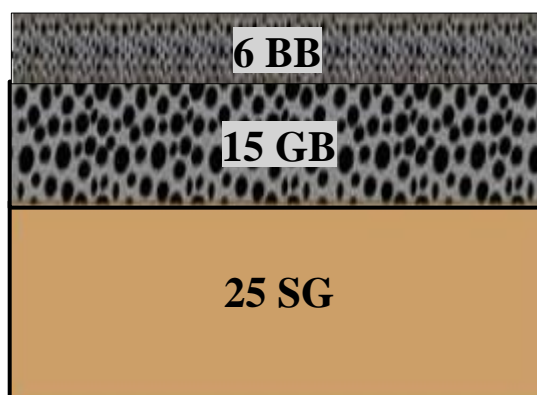


Figure III. 12: Structure de chaussée à réaliser

III.3.3.3. Résultats de la déflexion et le rayon de courbure par le logiciel Alizé LCPC :

Tableau III. 6: Résultats de la déflexion et le rayon de courbure.

Méthode	Structure	La déflexion D (mm)	Le rayon de courbure R (m)
CBR	7BB+15GC+20SR	87/100	126.6
	7BB+15GC+20TUF	80.4/100	138.2
Catalogue	6BB+15GB+25SG	68.5/100	351.6

➤ **Commentaires :**

Les trois structures se sont bien assurées et l'appartenance de chaque structure comme suit :

Selon le DTR (CH 03, Diagnostic et Modélisation), les structures obtenues par la méthode du CBR appartiennent à l'intervalle de 75 à 99, ce qui correspond à une classe de déflexion D5. Cependant, la structure obtenue par la méthode du catalogue appartient à l'intervalle de 45 à 74, ce qui correspond à une classe de déflexion D4. Les trois structures présentent une déflexion inférieure à la valeur admissible de 100/100 mm. [10]

En ce qui concerne les rayons de courbure, les résultats obtenus par la méthode du CBR sont de 126,6 à 138,2 m, ce qui est inférieur à la valeur médiane correspondante de moins de 200 m et correspond à la classe de rayon de courbure R1. En revanche, le résultat obtenu par la méthode du catalogue est de 351,6 m, ce qui est inférieur à la valeur médiane correspondante de 200 à 399 m et correspond à la classe de rayon de courbure R2. Les trois structures ont un rayon de courbure dans une zone homogène, et la valeur caractéristique retenue est celle à 20%. [10]

III.4. Conclusion

La compréhension et la surveillance pour ces deux types de déformations (ϵ_z, ϵ_t) sont essentielles pour évaluer l'état des routes.

Les trois structures ayant une déflexion inférieure à la valeur admissible (100/100 mm).

Les trois structures ayant une rayon de courbure dans une zone homogène la valeur caractéristiques retenue est celle à 20 %.

Cette analyse montre que les résultats obtenus pour le sable rougeâtre sont similaires au sol témoin (Tuf). Ceci appuie la susceptibilité d'utilisation des sables rougeâtres dans les corps de chaussées.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Malgré les résultats exposés, il a été constaté que l'évaluation et la validation de l'utilisation du matériau de sable rougeâtre dans le corps de chaussée ne peuvent pas reposer uniquement sur des essais physiques, mécaniques et chimiques. Il est également nécessaire de prendre en compte l'étude du comportement structural d'une part et d'un dimensionnement adéquat qui permet une bonne répartition des charges dans le sol.

Par conséquent, il est important d'adopter une approche équilibrée dans la conception des routes, en tenant compte de tous les facteurs pertinents tels que le comportement structural, les charges de trafic prévues, les conditions climatiques, les matériaux utilisés, le drainage, etc. Des études approfondies, des méthodes de conception appropriées et l'utilisation de modèles de calcul adaptés peuvent aider à évaluer et à améliorer le comportement structural des chaussées tout en prenant en compte d'autres facteurs de conception pertinents.

Dans ce contexte, la présente étude met en évidence l'importance du comportement structural de la chaussée. Tout d'abord, en considérant le choix d'un matériau local (Mezzouaghe ou sable rougeâtre) présentant de bonnes caractéristiques physico-chimiques et mécaniques par rapport au tuf (matériau de référence). Ensuite, en examinant le dimensionnement du corps de chaussée selon deux méthodes largement utilisées :

- ❖ La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- ❖ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

Il est important de sélectionner la méthode de dimensionnement la plus appropriée en fonction des objectifs spécifiques du projet, des ressources disponibles et des conditions locales. Une évaluation rigoureuse et une compréhension approfondie des différentes méthodes de dimensionnement sont essentielles pour obtenir des résultats optimaux en termes de performance, de sécurité et de durabilité de la chaussée.

La méthode C.B.R est une méthode empirique qui ne prend pas en compte certains aspects mécaniques complexes du comportement des sols. Par conséquent, elle est souvent utilisée en combinaison avec d'autres méthodes et informations, telles que des essais de laboratoire supplémentaires, des études géotechniques détaillées, etc., pour une évaluation plus complète de la capacité portante des sols et une conception plus précise des chaussées.

CONCLUSION GENERALE

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves offre une solution pratique et rapide pour la conception des chaussées, notamment dans des contextes où les données et les ressources d'analyse plus avancées sont limitées.

Le calcul des déformations du sol porteur est essentiel dans la conception des chaussées et des structures routières, car il permet d'évaluer la capacité de la chaussée à supporter les charges de trafic et à résister aux déformations induites par ces charges.

Le programme Alizé LCPC a été utilisé comme une simulation numérique de la réalité en prenant en compte toutes les données telles que le trafic, l'épaisseur de la couche, etc. Il calcule les déformations du sol porteur et la traction, ainsi que la déflexion et le rayon de courbure.

Les trois structures ont été vérifiées pour leur adéquation. Les structures obtenues par la méthode du CBR appartiennent à la classe D5, tandis que la structure obtenue par la méthode du catalogue appartient à la classe D4.

Quant aux rayons de courbures, il en résulte par la méthode de CBR des valeurs (126.6 – 138.2) m, en dessous de la valeur médiane correspondante de (<200) m, cependant le résultat obtenu par la méthode de catalogue la valeur (351.6) m, en dessous de la valeur médiane correspondante de (200 – à 399) m

Alors, on conclut que nous pouvons soumettre le sable rougeâtre à plusieurs méthodes de calcul, ce qui nous permet de choisir la meilleure structure en fonction des normes techniques et économiques principalement.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

- [1] A. SELFAOUI et S. HACINI, « Valorisation de Sable Rougeâtre de la Région d'Ouargla dans les Corps de la Chaussée », Mémoire de Master Académique en Génie Civil, Université Kasdi Merbah, OUARGLA, 2011.
- [2] A. TALBI et I. GOUDJIL, « Étude expérimentale sur le comportement d'un corps de chaussée à base de sable rougeâtre », Mémoire de Master Académique en Travaux publics, Université Kasdi Merbah, OUARGLA, 2020.
- [3] A. TAYEBI et T. TRIKI, « Etude géotechnique d'une structure routière à base des matériaux locaux entre TSABIT et BOUDA », Mémoire de Master Académique en Génie Civil, Université Ahmed DRAIA Adrar, 2019.
- [4] J. BERTHIER, Les routes, les ponts et les joints, 4e édition. Techniques de l'Ingénieur.
- [5] I. BOUROUISSE et H. BEDDIAF, « Dimensionnement des corps des chaussées à base de sable rougeâtre », Mémoire de Master en Génie Civil, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 2017.
- [6] M. NDIAYE et S. LO, « Elaboration d'un catalogue des dégradations des chaussées au Sénégal », Mémoire d'ingénieur de conception en génie civil, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, THIES, 2009.
- [7] « CHAPITRE VIII DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE », p. 15.
Disponible sur : [Chapitre 8 Dimensionnement Du CC R Eddine 1 | PDF | Fatigue \(matériau\) | Route \(scribd.com\)](#) (consulté le février. 28, 2020).
- [8] Direction des Routes, Fascicules « Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves » CTTTP, P129, Novembre 2001
- [9] « ALIZE LCPC » Page official, Disponible sur : <https://www.alize-lcpc.com/fr/?lang=fr> (consulté en 2020).
- [10] Renforcement des chaussées– Diagnostic - Guide technique « CHAPITRE III Diagnostic et modélisation », P95, (consulté en février 2020).

LISTE DES NORMES

NORMES :

NF P 94-056, mars 1996 : Analyse granulométrique

NF EN 933-8+A1, 2015 : Equivalent de sable

NF P 94-093, Sept 1997 : Essai Proctor

NF P 94-078, mai 1997 : Essai C.B.R

Mode opératoire LTPS : Compression Simple

ANNEXES

ANNEXES

Annexes 01 : analyse granulométrique.

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS

(Méthode par tamisage à sec après lavage)

NF P 94-056 Mars 1996

(Méthode de tamisage par voie humide)

XP P 94-041 Dec. 1995

Échantillon : S. A. L. S. 100 g. 10/10

Date :

Opérateur :

N° D'inventaire :

Structure :

Lieu de travail :

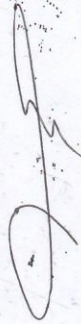
N° Dossier interne :

Équipements utilisés :

Poids de l'échantillon (g)	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Complément à 100	Tamisats %
	80	0				
	50	0				
	31.5	38.12	38.12	1.27	98.73	99
	20	65.56	103.62	3.45	96.55	97
	10	104.186	208.40	6.94	93.06	93
	5	55.89	264.37	8.81	91.19	91
	2	38.45	302.78	10.09	89.91	90
	1	18.49	321.27	10.70	89.30	89
	0.4	436.63	757.9	25.26	74.74	75
	0.2	1535.14	2293.04	76.18	23.82	24
	0.1	392.10	2685.14	89.50	10.50	11
	0.08	15.10	2700.24	90	10	10

L'Opérateur

Visa du responsable



ANNEXES

Annexe 02 : rapport des résultats des essais sur le tuf (ECH. 01 EURL G.G.T.P / MEKHADMA OUARGLA).

ESSAIS		RESULTATS DE TUF	
		EURL G.G.T.P / MEKHADMA	
ANALYSE GRANULOMETRIQUE (voir courbe en annexe)	Inf. à 80 mm	/	
	Inf. à 50 mm	/	
	Inf. à 31.5 mm	/	
	Inf. à 20 mm	100	
	Inf. à 10 mm	99	
	Inf. à 5 mm	97	
	Inf. à 2 mm	94	
	Inf. à 1 mm	92	
	Inf. à 0.4 mm	89	
	Inf. à 0.2 mm	84	
	Inf. à 0.1 mm	60	
	Inf. à 0.08 mm	56	
	ESSAI PROCTOR (modifié)	Teneur en Eau (%)	12.60
Densité Sèche (g/cc)		1.65	
ESSAI CBR IMMEDIAT	Indice Portant	63.50	
ESSAI CBR(après imbibition)	Indice Portant (4h)	19.56	
COMPRESSION SIMPLE	RC (bars)	100%	11.17
		98%	10.26
		95%	7.67

Annexe 02 : la masse volumique absolu.

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE

MODE OPERATOIRE COURS DE LABORATOIRE

RLANCHON BTS.DUT

Structure :

N° Dossier interne :

Échantillon : *Sable... végétale*

Équipements utilisés :

Lieu de travail :

Date : *15/02/2023*

Opérateur :

N° D'inventaire :

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V =$

Poids $P =$

$P_1 + T =$ $P_1 =$

$P_2 + T =$ $P_2 =$

$P_3 + T =$ $P_3 =$

$P_4 + T =$ $P_4 =$

Poids moyen $M = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) / 4 =$

Masse volumique apparente $P/V =$

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1 =$ *300.1 g*

Poids du récipient plein d'eau $P_2 =$ *861.2 g*

$P_3 = P_1 + P_2 =$ *1161.3 g*

Poids récipient + agrégats + eau =


$P_4 =$ *104.5 g*

Volume des agrégats $V = P_3 - P_4 =$ *1161.3 - 104.5 = 1056.8 ml*

Masse volumique absolue $P_1/V =$ *8.15896 m³*

L'Opérateur

Visa du responsable



ANNEXES

Annexe 03 : Equivalent de sable.



مخبر الأشغال العمومية في جنوب

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

FEUILLE DE PAILLASSE
ÉVALUATION DES FINES - ÉQUIVALENT DE SABLE
NF EN 933-8+A1 : 2015

Structure		N° Dossier		
Lieu de travail		Échantillon	SABLE ROUGE	
Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou N° série	Constat* / Valeur de correction**	
	Thermomètre			
	Étuve			
	Balance			
	Tamis mm (2ou 4m)			
	Tamis 63µm			
	Agitateur			
	Cylindres			
	Chronomètre			
	Piston			
	Réglet			
	Réactifs			
	Date de préparation de la Solution lavante		Produits utilisés dans la préparation de la solution lavante	
	Date d'expiration de la Solution lavante		produit	N° lot / Date d'expiration
Solution lavante préparée par :		Solution concentrée		
Etat de la solution lavante (*)		Eau distillée		
Description de l'échantillon :				

(*) : C= conforme, NC=non conforme.

(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction

N°	ÉTAPE	EXIGENCE	VALEUR
1	Date et Heure Début D'essai	
2	Réduire l'échantillon global	<ul style="list-style-type: none"> Par division ou quartage Si l'échantillon est prélevé sur un grave, assuré que sa teneur en eau est inférieure à 2%. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Tamiser l'échantillon de laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> Tamis 2 mm ou Tamis 4 mm selon le cas Échantillon de laboratoire tamisé (≥ 2000g) 	Tamis = 4 mm Masse Echantillon = 2500 g
4	Réduire l'échantillon de laboratoire tamisé	Par division ou quartage, afin d'obtenir deux sous-échantillons 1 ^{ère} sous échantillon ≥ 1500 g 2 ^{ème} sous échantillon ≥ 500 g	1 ^{er} sous échantillon = 1815,46 g 2 ^{ème} sous échantillon = 684,44 g
5	2 ^{ème} sous - échantillon	Mettre dans un sac fermé en plastique (identifié le sac)	<input type="checkbox"/>

ANNEXES

6	Réduire le 1 ^{er} sous-échantillon	<ul style="list-style-type: none"> Par division ou quartage, afin d'obtenir deux prises d'essai $M_1 \geq 500$ g et $M_h \geq 200 \times D_{max}$ g 	M_h (1 ^{er} prise d'essai) = <u>826,1</u> g M_i (2 ^{ème} prise d'essai) = <u>988,11</u> g															
7	1 ^{er} Prise d'essai : Déterminer le teneur en eau par étuvage (NF EN 1097-5)	Placer la 1 ^{er} prise d'essai « M_h » à l'étuve	<ul style="list-style-type: none"> À 110 ± 5 °C pour les matériaux non sensibles à la chaleur À 40 ± 5 °C pour les matériaux sensibles à la chaleur 	Tare : _____ Masse Tare : _____ g Température d'étuvage : _____ °C Heure d'étuvage : _____														
8		Assurer que la masse constante « M_s » est atteinte et calculer la teneur en eau	<ul style="list-style-type: none"> La durée entre deux pesées successive (M_i et M_{i+1}) est au minimum 1 h $R = \frac{M_i - M_{i+1}}{M_i} \times 100 < 0.1 \%$ $\omega = \left[\frac{(M_h - M_s)}{M_s} \right] \times 100$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td><u>821,87</u></td> <td><u>821,67</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> $R = \underline{0,03}$ (%) $M_s = \underline{821,67}$ g $\omega = \underline{0,53}$ (%)	h	h	h	h	h	∞	∞	∞	∞	∞	<u>821,87</u>	<u>821,67</u>		
h	h	h	h	h														
∞	∞	∞	∞	∞														
<u>821,87</u>	<u>821,67</u>																	
9	2 ^{ème} prise d'essai : Déterminer la teneur en fines	Laver la 2 ^{ème} prise d'essai « M_1 »	<ul style="list-style-type: none"> Sur tamis $63 \mu\text{m}$ jusqu'à l'eau passant à travers ce tamis soit quasiment claire 	<input type="checkbox"/>														
10		Placer le retenu du tamis $63 \mu\text{m}$ à l'étuve	<ul style="list-style-type: none"> 110 ± 5 °C pour les matériaux non sensibles à la chaleur 40 ± 5 °C pour les matériaux sensibles à la chaleur 	Tare : _____ Masse Tare : _____ g Température d'étuvage : _____ °C Heure début d'étuvage : _____														
11		Assurer que la masse constante est atteinte et calculer la teneur en fines	<ul style="list-style-type: none"> La durée entre deux pesées successive (M_i et M_{i+1}) est au minimum 1 h $R = \frac{M_i - M_{i+1}}{M_i} \times 100 < 0.1 \%$ $f(\%) = 100 - \left[\frac{M_2(100 + \omega)}{M_1} \right]$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> <th>h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td><u>859,85</u></td> <td><u>859,12</u></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> $R = \underline{0,01}$ (%) $M_2 = \underline{859,12}$ g $f = \underline{12,52}$ (%)	h	h	h	h	h	∞	∞	∞	∞	∞	<u>859,85</u>	<u>859,12</u>		
h	h	h	h	h														
∞	∞	∞	∞	∞														
<u>859,85</u>	<u>859,12</u>																	
12	Déterminer la masse de la prise d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $f \leq 10 \%$ $M_T = \frac{120(100+\omega)}{100}$ au gramme près Si $f > 10 \%$ $M_T = M_3 + M_4$ $M_3 = \frac{1200}{f} \left(1 + \frac{\omega}{100} \right)$ ✓ M_3 est prélevé du sac fermé $M_4 = 120 - \frac{1200}{f}$ ✓ M_4 est prélevé du retenu du tamis $63 \mu\text{m}$ après étuvage 	$M_T = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$ g $M_3 = \underline{95,88}$ g $M_4 = \underline{24,61}$ g $M_T = \underline{120,49}$ g															

13	Détermination de la valeur de l'équivalent de sable	Vérifier la température ambiante	23 ± 3 °C	Température ambiante = _____ °C		
14		Préparer les deux prises d'essai		1 ^{ère} Prise d'essai M _T = <u>120,19</u> g	2 ^{ème} Prise d'essai M _T = <u>120,19</u> g	
15		Verser la solution lavante dans chaque cylindre	Jusqu'au premier trait repère	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16		Verser la prise d'essai dans chaque cylindre et laisser chaque cylindre se reposer	<ul style="list-style-type: none"> Laisser un intervalle de 3 min entre les deux cylindres Taper le fond de cylindre à plusieurs reprises avec la paume de la main afin d'éliminer les bulles d'air. Temps de repos : 10 ± 1 min 	Heure départ : <u>12 H 28</u> min Heure fin : <u>12 H 32</u> min	Heure départ : <u>12 H 26</u> min Heure fin : <u>12 H 36</u> min	
17		Boucher chaque cylindre et le fixer sur la machine d'agitation.	Temps d'agitation : (30 ± 1) sec	Temps d'agitation : <u>30</u> sec	Temps d'agitation : <u>30</u> sec	
18		Replacer le cylindre sur la table de travail	En position verticale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19		Rincer le bouchon et les parois de cylindre Jusqu'au deuxième trait. Noter le temps de la fin d'opération	<ul style="list-style-type: none"> Tout le matériau retombe dans le cylindre. Enfoncer le jusqu'à atteindre le fond du cylindre avec une lente rotation de cylindre et une remontée régulière. 	Heure : <u>12 H 34</u> min	Heure : <u>12 H 36</u> min	
20		Laisser chaque cylindre se repose	Pendant 20 min ± 15 s	Heure de fin : <u>12 H 54</u> min	Heure de fin : <u>12 H 56</u> min	
21		mesurer les hauteurs h ₁ et h ₂	<ul style="list-style-type: none"> h₁ à l'aide du réglet h₂ à l'aide du piston et réglet 	h ₁ = <u>255</u> mm h ₂ = <u>1,9</u> mm	h ₁ = <u>22,2</u> mm h ₂ = <u>2,2</u> mm	
22		Calculer les rapports	<ul style="list-style-type: none"> (h₂/h₁ × 100) La différence entre les deux rapports ≤ 4 	(h ₂ /h ₁) × 100 = <u>7,4</u> %	(h ₂ /h ₁) × 100 = <u>7,8</u> %	
23		Calculer l'équivalent de sable	« SE (10) » ou « SE ₄ » = Moyenne des rapports	SE..... = <u>7,6</u> %		
24		Date et heure de fin d'essai			

Observation :

Nom et Prénom du Technicien : _____ Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____	Contrôle et vérification		oui	non
Date : _____	Qualification du technicien			
Visa : _____	Renseignement correct			
	Vérification du matériel			
	Calcul correct			

ANNEXES

Annexe 03 : Proctor modifiée

NORMAL
 MODIFIEE
 ESSAI PROCTOR
 NF P 94-093 September 1997

Structure : *U.N.I.Te. de QUARGUEN* Lieu de travail : *SALLE de BATE.*
 N° Dossier interne : Température de séchage :
 Echantillon : Teneur en eau Opm :
 Prise d'essai : Densité sèche Max :
 Date :
 Opérateur :
 Equipements utilisés :
 N° D'inventaire :

Poids d'eau ajoutée :	10%	50	12%	660	14%	770
Poids total humide :	7833		8052		8082	
Poids du moule :	3854		3861		3854	
Poids du sol humide :	3979		4191		4228	
Poids du sol sec :	3614		3749		3701	
Volume du moule :	2122		2122		2122	
Densité sèche :	1,70		1,77		1,74	
N° de la tare :						
Poids total humid :	306		300		405	
Poids total sec :	277,9		268,3		354,5	
Poids de la tare :						
Poids de l'eau :	28,1		31,7		50,5	
Poids du sol sec :	277,9		268,3		354,5	
Teneur en eau :						
Moyenne :	10,11		11,80		14,23	

Visa du responsable

L'opérateur

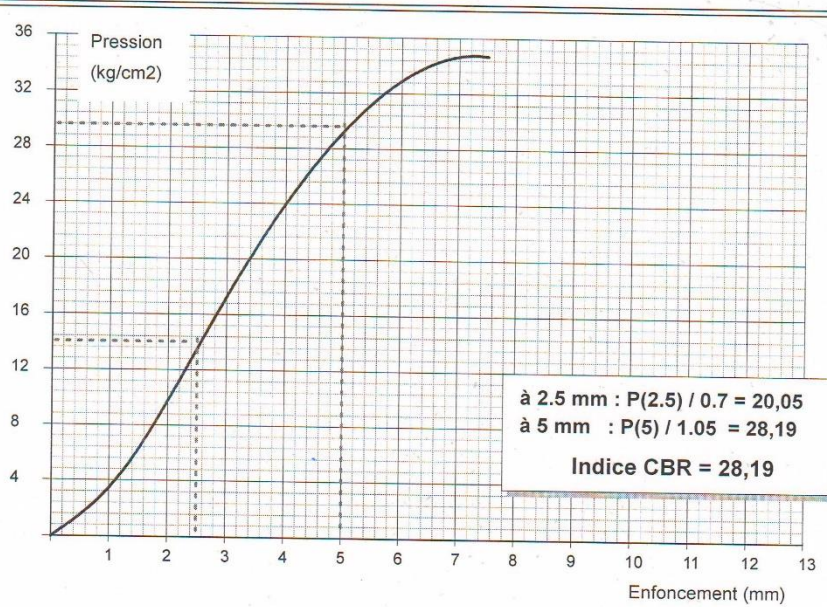
ANNEXES

Annexe 07 : CBR Immédiat.

RAPPORT D'ESSAI ESSAI CBR imbibé NF P94-078																																					
Client : Projet : Endroit :	N° Projet : Réf. Client : N° rapport :																																				
Sondage n° : Profondeur : Matériaux : Provenance : Date essais :	Immersion : Jours Compactage : 59 C/C Weau compactage : 12,6 % Densité : 1,78 t/m ³ Gonflement : %																																				
RESULTATS DE MESURES																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Temps</th> <th style="padding: 5px;">30 s</th> <th style="padding: 5px;">1 mn</th> <th style="padding: 5px;">1mn 40s</th> <th style="padding: 5px;">2 mn</th> <th style="padding: 5px;">4 mn</th> <th style="padding: 5px;">6 mn</th> <th style="padding: 5px;">8 mn</th> <th style="padding: 5px;">10 mn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Enf (mm)</td> <td style="padding: 5px;">0,63</td> <td style="padding: 5px;">1,25</td> <td style="padding: 5px;">2,00</td> <td style="padding: 5px;">2,50</td> <td style="padding: 5px;">5,00</td> <td style="padding: 5px;">7,50</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Lecture</td> <td style="padding: 5px;">0,60</td> <td style="padding: 5px;">1,02</td> <td style="padding: 5px;">1,75</td> <td style="padding: 5px;">4,88</td> <td style="padding: 5px;">9,21</td> <td style="padding: 5px;">10,78</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Pr(kg/cm²)</td> <td style="padding: 5px;">3,12</td> <td style="padding: 5px;">5,30</td> <td style="padding: 5px;">9,10</td> <td style="padding: 5px;">25,36</td> <td style="padding: 5px;">47,87</td> <td style="padding: 5px;">56,03</td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table>		Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn	Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50			Lecture	0,60	1,02	1,75	4,88	9,21	10,78			Pr(kg/cm ²)	3,12	5,30	9,10	25,36	47,87	56,03		
Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn																													
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50																															
Lecture	0,60	1,02	1,75	4,88	9,21	10,78																															
Pr(kg/cm ²)	3,12	5,30	9,10	25,36	47,87	56,03																															
Coefficient de l'anneau = 102 Surface du piston = 19,625 cm ²																																					
Remarque :																																					
Préparé par :	Date :																																				
Approuvé par :	Date :																																				

ANNEXES

Annexe 08 : CBR Imbibé.

RAPPORT D'ESSAI ESSAI CBR imbibé NF P94-078																																					
Client : Projet : Endroit :	N° Projet : Réf. Client : N° rapport :																																				
Sondage n° : Profondeur : Matériaux : Provenance : Date essais :	Immersion : 4H Jours Compactage : 59 C/C Weau compactage : 12,6 % Densité : 1,78 t/m ³ Gonflement : 0,25 %																																				
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>à 2,5 mm : $P(2.5) / 0.7 = 20,05$ à 5 mm : $P(5) / 1.05 = 28,19$ Indice CBR = 28,19</p> </div>																																					
RESULTATS DE MESURES																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Temps</th> <th>30 s</th> <th>1 mn</th> <th>1mn 40s</th> <th>2 mn</th> <th>4 mn</th> <th>6 mn</th> <th>8 mn</th> <th>10 mn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enf (mm)</td> <td>0,63</td> <td>1,25</td> <td>2,00</td> <td>2,50</td> <td>5,00</td> <td>7,50</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lecture</td> <td>0,35</td> <td>0,69</td> <td>1,29</td> <td>3,14</td> <td>6,98</td> <td>6,68</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr(kg/cm²)</td> <td>1,82</td> <td>3,59</td> <td>6,70</td> <td>16,32</td> <td>36,28</td> <td>34,72</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn	Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50			Lecture	0,35	0,69	1,29	3,14	6,98	6,68			Pr(kg/cm ²)	1,82	3,59	6,70	16,32	36,28	34,72		
Temps	30 s	1 mn	1mn 40s	2 mn	4 mn	6 mn	8 mn	10 mn																													
Enf (mm)	0,63	1,25	2,00	2,50	5,00	7,50																															
Lecture	0,35	0,69	1,29	3,14	6,98	6,68																															
Pr(kg/cm ²)	1,82	3,59	6,70	16,32	36,28	34,72																															
Coefficient de l'anneau = 102 Surface du piston = 19,625 cm ²																																					
Remarque :																																					
Préparé par :	Date :																																				
Approuvé par :	Date :																																				

Annexe 09 : compression simple.

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

**ESSAI DE COMPRESSION SIMPLE
MODE OPERATOIRE**

Structure : Unité de Ouargla
Dossier N°. Echantillons n*

Lieu de travail : Salle de route
Température de séchage : 65 °C

Temps de séchage : 03 Jrs
Date - Opérateur

W _{opt} (%)	12,6
Densité max	1,78

d'éprou	Poids réel après comp.	Poids réel à l'écrasem	Teneur en eau	Compacité théorique	Densité	Poids du sol sec	Poids d'eau	Poids du sol humide	Diamètre d'éprouvette	Hauteur d'éprouvette	Volume d'éprouvette	Densité séch à l'écrasem	Compacité à l'écrasem	Lecture en KN	Résistance en Kg/cm2	RC moyen en bars
1	393,34	349	12,70	100	1,78	349	44,01	393,34	5	10	196,25	1,778	99,91	0,6	3,12	3,12
2	393,34	349,2	12,64	98	1,74	342,34	43,13	385,47	5	10	196,25	1,779	99,96	0,6	3,12	3,12
3	385,47	342,35	12,60	95	1,69	331,86	41,81	373,67	5	10	196,25	1,744	98,00	0,5	2,60	2,60
4	385,47	342,27	12,62						5	10	196,25	1,744	97,98	0,5	2,60	2,60
5	373,67	331,87	12,60						5	10	196,25	1,691	95,00	0,4	2,08	2,08
6	373,67	331,85	12,60						5	10	196,25	1,691	95,00	0,4	2,08	2,08

L'Opérateur

Visa du responsable

ANNEXES

Annexe 10 : indice CBR de PK 56+500 au PK 57.

TUEDE GEOTECHNIQUE : AMENAGEMENT DE LA RN°49 EN 2X2 VOIE ENTRE GHARDAIA ET OUARGLA
TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE
PUITS AXE



Puits axe	Profondeur	ANALYSE GRANULOMETRIQUE						LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		INDICE CBR %	Equivalent	Analyse chimique			Classification RTR
		<50 mm %	<20 mm %	<5 mm %	<2 mm %	<0.2 mm %	<0.08 mm %	WL %	WP %	IP	γ_d t/m ³	W _{op} m %			Imbibé 4h	ES%	INS %	
PA96	0.20-1.00	98	83	69	64	26	21	37.24	29.02	8.22	1.89	10.6	34	2				C ₂
PA98	0.00-0.60	85	78	54	48	39	11	21.04	/	/	1.97	9.7	28	8				C ₂
PA106	0.15-0.60	96	82	54	47	19	12	19.8	/	/	2.08	7.4	35	17				C ₂
PA115	0.15-0.50	67	51	46	45	28	4	16.72	/	/	1.91	4	10	14			PK 57 au PK 56+500	D ₁
PA133	0.20-0.80	85	68	52	43	25	14	49.46	31.15	18.31	1.76	12.4	43	16				C ₂
PA134	0.00-0.35	88	70	47	42	20	6	17.20	/	/	2.07	6.3	16	14				C ₂
PA138	0.15-0.60	89	79	68	64	43	19	22.04	/	/	2.065	6.9	14	11				C ₂

Résumé

Les déserts sont caractérisés par des températures extrêmes, des vents forts, une faible pluviométrie et des sols souvent instables, ces caractéristiques peuvent poser d'importants défis pour la construction et l'entretien des routes.

Dans ce contexte, notre mémoire présente une étude comparative entre deux méthodes de dimensionnement des corps de chaussées appliquées à deux structures différentes. La première structure est basée sur l'utilisation du sable rougeâtre, tandis que la deuxième structure utilise le tuf comme matériau de référence.

Le calcul des déformations du sol porteur est essentiel dans la conception des chaussées et des structures routières, car il permet d'évaluer la capacité de la chaussée à supporter les charges de trafic et à résister aux déformations induites par ces charges.

Alors, on conclut que nous pouvons soumettre le sable rougeâtre à plusieurs méthodes de calcul, ce qui nous permet de choisir la meilleure structure en fonction des normes techniques et économiques principalement.

Mots clés : Sable rougeâtre, Tuf, route, Structure de chaussée.

ملخص

الصحاري تتميز بدرجات حرارة متطرفة ورياح قوية وهطول أمطار قليل وتربة غالباً غير مستقرة، وهذه السمات يمكن أن تشكل تحديات كبيرة لبناء وصيانة الطرق.

في هذا السياق، يقدم بحثنا دراسة مقارنة بين اثنتين من طرق تصميم هياكل الطرق المطبقة على هياكل مختلفة. الهيكل الأول يعتمد على استخدام التربة الأحمر، في حين يستخدم الهيكل الثاني الرمل الجبسي كمادة مرجعية.

حساب انحناءات التربة الداعمة ضروري في تصميم الطرق وهياكل الطرق، حيث يسمح بتقييم قدرة الطريق على تحمل أحمال المرور ومقاومة التشوهات الناجمة عن هذه الأحمال، وبناءً على ذلك، نستنتج أنه يمكننا تعريض التربة الحمراء لعدة طرق حساب، مما يتيح لنا اختيار أفضل هيكل بناءً بشكل أساسي وفقاً للمعايير التقنية والاقتصادية.

الكلمات المفتاحية : التربة الحمراء، الرمل الجبسي، الطرق، هيكل الطريق.

Abstract

Deserts are characterized by extreme temperatures, strong winds, low rainfall, and often unstable soils. These characteristics can pose significant challenges for the construction and maintenance of roads.

In this context, our thesis presents a comparative study between two methods of designing road structures applied to two different cases. The first structure is based on the use of reddish sand, while the second structure uses tuff as the reference material.

Calculating deformations in the supporting soil is crucial in the design of roads and highway structures as it allows us to assess the road's capacity to withstand traffic loads and resist deformations induced by these loads.

Therefore, we conclude that we can subject reddish sand to various calculation methods, enabling us to select the best structure based primarily on technical and economic standards.

Keywords : Reddish sand, tuff, roads, road structures.