

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1

Faculté de Technologie



Département de Génie Civil

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Géotechnique

Étude de dédoublement de la RN°: 01, reliant Djelfa et
Laghouat du (PK 294 au PK 351+500), calcul de la
chaussée et comparaison entre trois méthodes

Par

HOUARI ISLAM

Devant le jury composé de :

Dr.ABDESSEMED

U. Saad Dahleb-Blida

President

Dr.ADJLANE

U. Saad Dahleb-Blida

Examineur

Dr.Kerfouf

U. Saad Dahleb-Blida

Promoteur

ملخص

يتعلق العمل المنجز بدراسة وتصميم هيكل طريق بطول 70 كم يربط ولاية الجلفة بولاية الأغواط وهذا باستخدام ثلاث طرق مختلفة مع المقارنة بين نتائجها.

1. طريقة فهرس الطرق الجديدة "CTTP"

2. طريقة CBR

3. طريقة فهرس الهياكل "سيترا"

بناءً على النتائج ، تم تحديد هيكل الرصف المعتمد بطبقة سطحية 8 سم (BB) ، وطبقة أساسية 12 سم (جيجابايت) ، وطبقة أساسية فرعية 13 سم (GB) ، وطبقة تغطية 35 سم (GNT).

الكلمات المفتاحية: تعيين التربة، تصنيف التربة ، طريقة CBR ، النمذجة الرقمية

Abstract

The project deals with a pavement design of a road duplication (70km) connecting the wilaya of Djelfa to Laghouat in three methods and comparing between them.

1. The method of the catalog of New Roads "CTTP"
2. The CBR method
3. Method of the catalog of structures "SETRA"

Based upon the results, the pavement structure adopted is defined by a surface layer of 8 cm (BB), a base layer of 12 cm (GB), a sub-base layer of 13 cm (GB), and a capping layer of 35 cm (GNT).

Key words: Identification, Classification, conception of a road, Alize, Modelization

Résumé

Le travail réalisé concerne l'étude et le dimensionnement du corps de chaussée d'un dédoublement routier de 70 Km, reliant Djelfa à Laghouat, utilisant Trois méthodes :

1. La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP »
2. la méthode CBR
3. Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA»

Les résultats de la conception donnent plusieurs modèles de corps de chaussée. Celui adopté est constitué d'une couche de roulement en (BB) de 8cm, une couche de base en (GB) de 12 cm et une couche de fondation en (GB) de 13 cm et d'une couche de forme de 35 cm (en 2 couches de GNT).

Mots clés: Identification, Classification, corps de chaussée, la méthode CBR, Modélisation

REMERCIEMENTS

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

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

Nous tenons à remercier notre **promoteur professeure Kerfouf** 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 remercions les membres de jury qui nous font l'honneur d'avoir acceptés de lire et examinés ce modeste travail.

Nos remercions aussi nos amis et nous collègues de la section de géotechniques **promo 2020-2021**, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire



Dédicace

Au nom d'Allah le Clément le Miséricorde

Tout d'abord je remercie le dieu qui m'a donné

Le courage pour arriver à ce stade de fin

d'études

Je dédie ce modeste travail

A mes Parents,

et mes Frères et ma Sœur,

A toute la promotion géotechniques 2021.

. A tous mes Amis, et ma famille.

HOUARI Islam

TABLE DES MATIERES

Résumé	3
REMERCIEMENTS	4
Dédicace	5
LISTE DES FIGURES :	9
Introduction générale	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes	20
1.2 La chaussée :	20
1.2.1 Structure de la chaussée :	20
1.2.1.1 La plate-forme support de chaussée :	22
1.2.1.2 La couche d'assise :	22
1.2.1.3 La couche de surface :	22
1.3 Types de structures de chaussée et constitution de leurs couches :	22
1.3.1 les Chaussées souples:	23
1.3.2 les Chaussées semi-rigides:	23
1.3.3 les Chaussées rigides:	23
1.4 Dimensionnement du corps de chaussées :	24
1.4.1 Paramètres à considérer dans le dimensionnement	24
1.4.1.1 Le trafic :	24
1.4.1.2 Le sol support :	25
1.4.1.3 Les matériaux :	25
1.4.1.4 Données climatiques :	25
1.4.1.5 La durée de vie :	25

TABLE DES MATIERES

1.4.2	Méthodes de dimensionnement des chaussées :.....	25
1.4.2.1	Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTT »:	26
1.4.2.2	Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	31
1.4.2.3	Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA» :.....	33
Chapitre 2: Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité		37
2.1	Introduction :	37
2.2	Situation géographique :.....	37
2.3	Climat :.....	38
2.4	Géologie et Hydrogéologie	39
2.5	Sismicité :	42
2.6	Conclusion :.....	44
Chapitre 3: Synthèse géotechnique		45
3.1	Introduction :.....	45
3.2	Compagne de reconnaissance in-situ :.....	45
3.3	Compagne de reconnaissance en laboratoire :.....	47
3.4	Conclusion :.....	56
Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée.....		57
4.1	Introduction :.....	57
4.2.	Dimensionnement de corps de chaussée :.....	57
4.2.1.	Méthode de catalogue de dimensionnement de la chaussée neuve (CTTP)	58
4.2.2.	La Méthode de dimensionnement « CBR » :	68
4.2.3.	Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA» :.....	74

TABLE DES MATIERES

4.3. Modélisation des structures type et calcul des déformations :	77
4.3.1. Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t,adm}$ pour les matériaux traités au bitume :	77
4.3.2. calcul de la déformation admissible sur le sol support ($\xi_{z,adm}$) :	80
4.3.3. Modélisation des structures types sur le logiciel ALIZE III :	80
CONCLUSIONS GEGENRAL :	94

LISTE DES FIGURES :

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

Figure 1. 1 Coupe d'une structure de chaussée revêtue	21
Figure 1. 2 Coupe d'une structure de chaussée non revêtue	21
Figure 1. 3 chaussée souple.....	23
Figure 1. 4: Chaussée semi-rigide.....	23
Figure 1. 5: Chaussée rigide.....	24
Figure 1. 6: Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	26
Figure 1. 7 : Classe de trafic	28
Figure 1. 8 : Détermination de la classe de portance de sol-support	31

Chapitre 2 : Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité

Figure 2.1 : Extrait d'un Plan synoptique du l'axe d'étude de dédoublement de RN° 1...37	
Figure 2. 2 : Evolution de l'humidité relative moyenne mensuelle durant la période de 1995-2004 (ANRH).	39
Figure 2. 3 : montre la litho-stratigraphie des formations géologiques de la région Djelfa41	
Figure 2. 4 : Carte d'intensités sismiques maximales observées1 dans le nord de l'Algérie	43
Figure 2. 5 : Carte de zonage sismique de l'Algérie. (Réf : RPA 99 version 2003).....	43

Chapitre 4 : Dimensionnement du corps de chaussée

Figure 4. 1 : épaisseurs des couches de la structure de chaussée (LCPC)	81
Figure 4. 2 : données de la structure déterminées par la méthode CTTTP	82
Figure 4. 3: les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode CTTTP.....	83
Figure 4. 4 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode CBR) pour	

LISTE DES FIGURES

tronçon 1.	84
Figure 4. 5: données de la structure déterminées par la (méthode CBR) pour tronçon 1...	85
Figure 4. 6 : les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode CBR pour tronçon 1.	86
Figure 4. 7 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode CBR) pour tronçon 2.	87
Figure 4. 8: données de la structure déterminées par la méthode CBR pour tronçon 2.....	88
Figure 4. 9: les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel parla méthode CBR pour tronçon 2.	89
Figure 4. 10 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode de SETRA).	90
Figure 4. 11: données de la structure déterminées par la (méthode de SETRA).	91
Figure 4. 12 : les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode de SETRA	92

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes

Tableau 1. 1: structures disponibles dans le catalogue	27
Tableau 1. 2: classe de portance des sols Si	28
Tableau 1. 3: Plages probables de portance des sols	29
Tableau 1. 4 : classe portance de sol en fonction de la flexion.	30
Tableau 1. 5 : Classe de sol en fonction de portance de sol	31
Tableau 1. 8 Coefficient d'équivalences des différents matériaux utilisés en structure de chaussée.	32
Tableau 1.9 Coefficient d'équivalences des différents matériaux utilisés en structure de chaussée.	34

Chapitre 2 : Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité

Tableau 2. 1 : coefficient d'accélération.....	42
---	----

Chapitre 3 : Synthèse géotechnique

Tableau 3. 1 : Implantation des puits de reconnaissance	46
Tableau 3. 2 : Nature des sols recoupés par les puits de reconnaissance.	47
Tableau 3. 3 : résultats de l'analyse granulométrique et limites d'Atterberg	48
Tableau 3. 4 : résultats des essais Proctor modifié et CBR	55

Chapitre 4 : Dimensionnement du corps de chaussée

Tableau 4. 1 : Donnée de projet.....	57
Tableau 4. 2: valeur de coefficient d'agressivité A	59
Tableau 4. 3: Structure disponible dans le catalogue	60
Tableau 4. 4: classes de portance des sols	61
Tableau 4. 5: Classes de portance des sols supports.....	62
Tableau 4. 6: Classe de sol en fonction de portance de sol	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4. 7 : zone climatique de pluviométrie.....	63
Tableau 4. 8: Choix des températures équivalents	64
Tableau 4. 9: durée de vie adoptée	64
Tableau 4. 10: risques adoptés pour réseau RP1	65
Tableau 4. 11: Représentation des résultats obtenus	70
Tableau 4. 12: Représente la construction de la chaussée.....	71
Tableau 4. 13: Tableau représente les épaisseurs calculées	72
Tableau 4. 14 : Tableau représente les épaisseurs calculées	73
Tableau 4. 15: valeur de coefficient d'agressivité A	75
Tableau 4. 16 : valeur de $t=f(r\%)$	78
Tableau 4. 17: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	79
Tableau 4. 18: données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode CTTP)...	80
Tableau 4. 19 : représentations des résultats des déformations admissibles et calculée	83
Tableau 4. 20 : données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode CBR)....	84
Tableau 4. 21: représentations des résultats des déformations admissibles et calculées (méthode CBR)	86
Tableau 4. 22: représentations des résultats des déformations admissibles et calculée	89
Tableau 4. 23: données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode de SETRA)	90
Tableau 4. 24: représentations des résultats des déformations admissibles et calculées (méthode de SETRA).....	92

LISTE DES SYMBOLES

Symboles	Significations	Unités
IP	indice de plasticité	(%)
VBS	valeur au bleu de méthylène	(%)
FS	friabilité des sables	(%)
Ic	indice de consistance	-
IPI	indice de portance immédiat	-
W_n	teneur en eau naturelle	(%)
W_{opn}	teneur en eau optimum proctor normal.	(%)
Wl	limite de liquidité	(%)
D_{max}	diamètre de plus gros granulat.	M
ρ_d	masse volumique (densité).	Kg/m ³
T_{éq}	trafic équivalent	
e	épaisseur équivalente	Cm
ICBR	indice CBR	-
P	charge par roue égale à 6.5t (essieu 13t)	t
Log	logarithme décimale	-
N	nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon	Pl/jr/sens
T_{jMA}	trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans	V/jr/sens
n	année de prévision	Ans
PL	pourcentage des poids lourds	(%)
K_d	facteur lié aux effets des discontinuités (fissures) et gradient thermique	-
E	module de Young	MPa
σ(t,adm)	contrainte admissible de traction	KPa
σ_t	contrainte de traction	KPa

LISTE DES SYMBOLES

ϵt	déformation horizontale (traction)	-
ϵz	déformation verticale (compression)	-
FR	Coefficient de fragmentation	-
C	la cohésion	KPa
φ	angle de frottement	°
U	pression interstielle d'eau	KPa
Sr	degré de saturation	(%)
q0	contrainte verticale initiale à la base de la fondation après travaux de fondation	KPa
Kp	facteur de portance pressiométrique, fonction de la nature du sol juste sous la base de la fondation, et des dimensions de la fondation	-
V0	tassement en tête du pieu	Cm
Q	la charge de l'ouvrage appliquée sur le pieu	KN
Iv	facteur de tassement	-
TPLi	classe du trafic	PL/j/sens
i	taux d'accroissement géométrique égal à 0.04	(%)
a1, a2, a3	Coefficients d'équivalence des matériaux des couches de la chaussée	-
e1, e2, e3	les épaisseurs réelles des couches de la chaussée	Cm
A	Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13t	-
Teq	Température équivalente.	°c
r(%)	Pourcentage de risque.	(%)
ϵ_6 (10°C, 25HZ)	déformation limite détenue au bout de 10 ⁶ cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).	-
Kθ	facteur lié à la température	-
Kne	facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés par la chaussée	-

LISTE DES SYMBOLES

Kr	Facteur lié au risque et aux dispersions	-
Kc	Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée	-
(ϵ_t, adm)	Déformation admissible de traction	-
E(D)	Module de Young en tête du pieu	MPa
B	Diamètre du pieu	m
W	Teneur en eau	(%)
wP	Limite de plasticité	-
γ_h	poids volumique humide du sol	KN/m ³
γ_d	poids volumique sec du sol	KN/m ³
CC	coefficient de compressibilité	-
Cg	coefficient de gonflement	-
PC	pression de compressibilité	bars
RC	résistance a la compression	bars
Pl	Pression limite	KPa
Pf	Pression de fluage	KPa
Em	Module pressiométrique	MPa
D	La fiche du pieu	m
γ	Poids volumique du sol	KN/m ³
Θ_{eq}	Température équivalente	°c
CaCo3	Carbonate	(%)
CO2	Anhydride Carbonique	(%)
NaCl	Chlorure	(%)

LISTE DES SYMBOLES

So42H2O	Sulfates	(%)
h	ancrage de la fondation dans la couche porteuse	m
TCi	Trafic cumulé	PL/j/sens
TCEi	Trafic cumulé équivalent	essieu13t/ durée vie
γsat	Poids volumique saturé	KN/m ³
B	Largeur de la fondation superficielle	m
Pl*	Pression limite nette	KPa
Ple*	Pression limite équivalente nette	KPa
P0	pression horizontale des terres	KPa
K0	coefficient de pression des terres « au repos » égale=1 pour sol cohérent et 0.5 pour sol pulvérulents	-
Kp¹ et Kp⁰	correspondent respectivement à une semelle carrée et continue, sont donnés par des abaques.	-
ql	Capacité portante de la fondation	KPa
Fs	Coefficient de sécurité	-
QL	Charge limite	Kn
QP	pression vertical de pointe	Kn
QS	Terme de frottement latéral	Kn
qs	la contrainte de frottement latéral limite	KPa
De	fiche équivalente du pieu	m
v	Coefficient de Poisson d'un sol	-
Ep	module de Young du pieu en béton armé	MPa
Eéq	Module de Young équivalent d'un pieu	MPa

LISTE DES ABREVIATIONS

- BB** : Béton bitumineux
- GB** : Grave bitumineux
- SB** : Sable bitumineux
- BBUM** : Béton bitumineux ultra mince
- BBTM** : Béton bitumineux très mince
- BBM** : Béton bitumineux mince
- BBSG**: Béton bitumineux semi-grenu
- GC**: Grave ciment.
- GL** : Grave laitier.
- CBR** : California Bearing Ratio
- CTTP** : Contrôle technique
- GNT** : Granulats non-traités.
- GTR** : Guide de terrassement routier
- LCPC** : Laboratoire central des ponts et des chaussées.
- SETRA** : Service d'étude technique des routes et autoroutes.
- TVO** : Tous venant de l'oued
- RPi** : Niveau de réseau principal
- RP1** : Réseau principal niveau 1
- RP2** : Réseau principal niveau 2
- CW** : Chemin de Wilaya.
- TPLi** : Classe du trafic.
- TCEi** : Trafic cumulé équivalent.
- PMT** : Essai pressiométrique de Ménard.
- RPA**: règlement parasismique Algérien
- SC**: sondage carotté
- PS**: sondage pressiométrique
- PK** : point kilométrique.
- CU** : consolidé non drainé.
- PU** : puits de reconnaissance.
- MNT** : Matériaux non traités.
- MTB** : matériaux traités au bitume.
- MTLH** : matériaux traité au liant hydraulique.
- OPN** : essai de Proctor Normal.

LISTE DES ABREVIATIONS

OPM : essais de Proctor Modifié.

AG : arène granitique.

BCg : béton de ciment.

SG : sable gypseux.

TUF : tuf calcaire.

Zu : zone utile.

Nfond : nombre de pieu fondamental.

Nacc : nombre de pieu accidentel.

Nrare : nombre de pieu rare

INTRODUCTION GEGENRAL

Introduction générale

Les routes assurent les meilleures conditions de déplacement au sein du périmètre urbain ou régional d'une ville. Ces éléments de communications sont d'une grande importance sociale et économique pour un pays.

Aujourd'hui les nations portent toujours à la route l'intérêt que demande un tel ouvrage. Cet intérêt est illustré par les grands progrès réalisés dans le domaine des techniques de conception et de construction des routes.

En effet, les performances du réseau routier d'un pays sont la vitrine de sa prospérité et le témoignage d'un développement harmonieux et judicieux.

Le travail que nous allons présenter dans ce mémoire a pour objet après analyse des données obtenus de l'étude géotechnique, l'étude et la conception du corps de chaussée d'un tronçon routier de 70 Km, reliant Djelfa à Laghouat, Pour ce faire et afin d'atteindre le but visé, notre mémoire suivra le plan présenté ci-dessous :

Introduction générale

Chapitre 1 : concerné par la synthèse bibliographique sur les routes

Chapitre 2 : Renfermant la localisation du projet et donnant un aperçu sur le contexte, climatique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique, et sismique du site.

Chapitre 3 : Renfermant l'ensembles de essais réalisés au cours de la campagne de reconnaissance géotechnique in situ et au laboratoire, pour l'identification et la détermination

des propriétés, physiques, chimiques et mécaniques des différents terrains.

Chapitre 4 : Concerné par, le dimensionnement du corps de chaussée utilisant les trois méthodes, CTPP et CBR et SETRA .

Conclusion général

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes

1.1 Introduction :

La route comprend l'ensemble des éléments incluant la chaussée, les accotements, les bernes engazonnées, les fossés et les dépendances. Elle est placée directement sur le terrain naturel,

Ce chapitre représente les chaussées (structure, dimensionnement), et leur Méthodes de dimensionnement.

1.2 La chaussée :

On appelle chaussée toute partie d'une route aménagée pour la circulation.

La chaussée peut être définie aussi comme ensemble des couches de matériaux rapportées sur un terrain naturel pour permettre la circulation de véhicules.

1.2.1 Structure de la chaussée :

Une chaussée routière est une structure composite réalisée par empilements successifs de couches de matériaux granulaires, le tout reposant sur un sol support.

Les figures (1.1) et (1.2) ci-après présentent respectivement une coupe de chaussée revêtue du type chaussée permanente et une coupe de chaussée non revêtue du type chaussée provisoire ou piste d'accès.

La structure d'une chaussée non revêtue est constituée généralement de deux groupes de couches, superposées du bas vers le haut : la plate-forme support et les couches d'assise.

Dans le cas d'une chaussée revêtue les deux groupes précédents sont surmontés par la couche de surface.

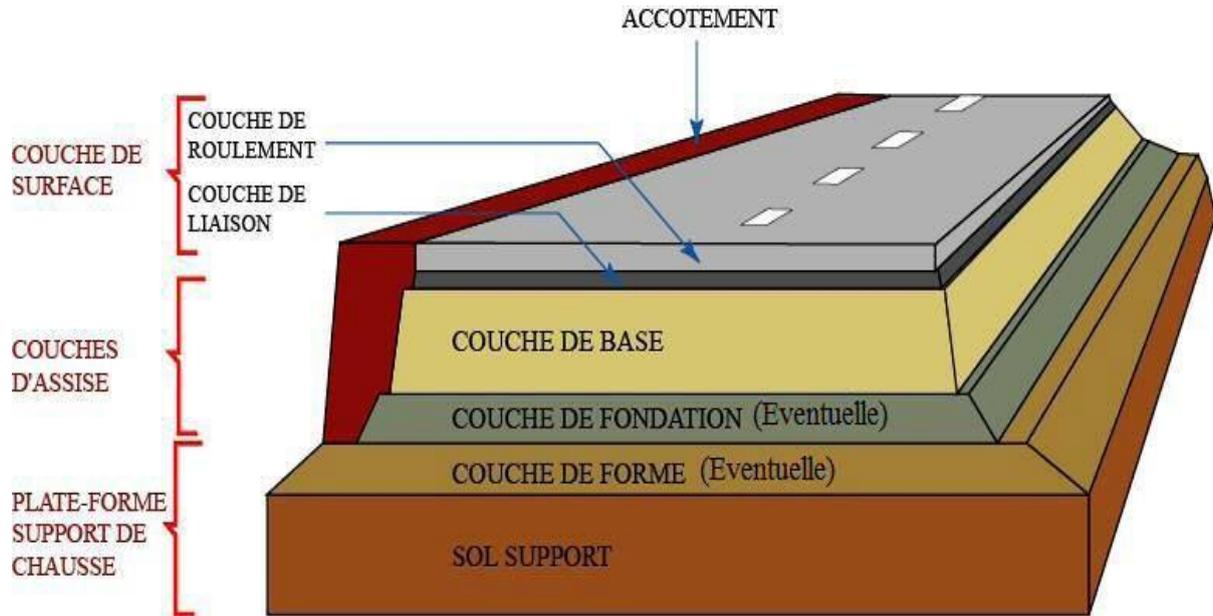


Figure 1. 1 Coupe d'une structure de chaussée revêtue

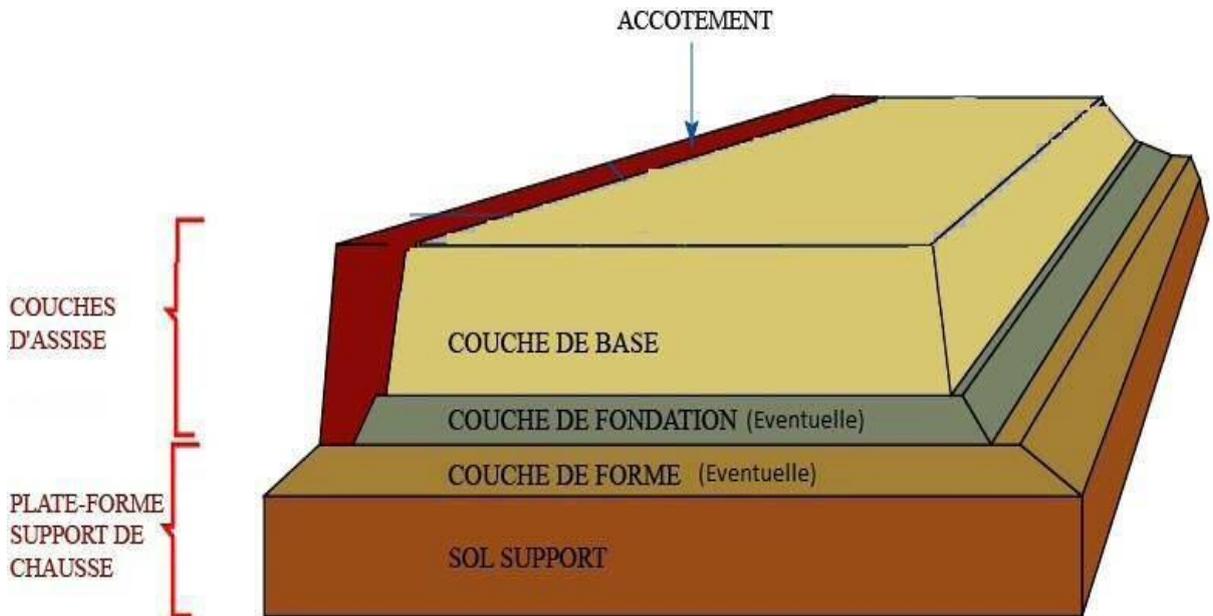


Figure 1. 2 Coupe d'une structure de chaussée non revêtue

1.2.1.1 La plate-forme support de chaussée :

La plate-forme support de chaussée comme son nom l'indique, sert de support au corps de chaussée.

Une plate-forme support de chaussée est composée de :

- un sol support (d'origine ou issu d'un remblai) ;
- une couche de forme éventuelle.

La Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T) :

Elle est constituée par le(s) matériau(x) situé(s) à environ 1 m en dessous de la couche de forme (ou en dessous de la couche de fondation en l'absence de couche de forme)

Une couche de forme :

La couche de forme est une couche particulière de la chaussée située entre la Partie Supérieure du Terrassement (PST) et la couche d'assise.

Elle permet notamment d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux qui constituent la PST (en remblai ou en du terrain en place) aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception de la structure de chaussée.

1.2.1.2 La couche d'assise :

La couche d'assise est généralement constituée d'une couche de fondation surmontée d'une couche de base.

Elles apportent à la structure de chaussée l'essentiel de sa rigidité et repartie (par diffusion latérale) les sollicitations induites par le trafic, sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

1.2.1.3 La couche de surface :

La couche de surface est formée d'une couche de roulement surmontant éventuellement une couche de liaison intermédiaire entre la couche de roulement et les couches d'assise. La couche de roulement, qui subit directement les actions agressives dues au trafic et au climat, assure la fonction d'étanchéité des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations d'eau et des sels de déverglaçage (fusion du verglas), et à travers ses caractéristiques de surface, elle garantit la sécurité et le confort des usagers. La couche de liaison assure l'adhérence entre la couche de roulement et la couche de base.

1.3 Types de structures de chaussée et constitution de leurs couches :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les

trois différents types de structures suivants :

- Chaussées souples ;
- Chaussées semi-rigides ;
- Chaussées rigides.

1.3.1 les Chaussées souples:

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent sont traitées aux liants hydrocarbonés.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée. ,(figure 1.3).

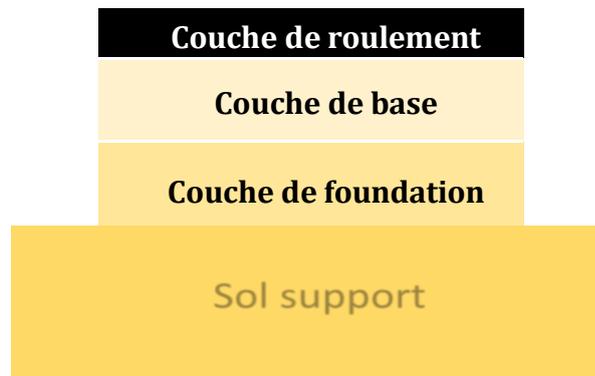


Figure 1. 3 chaussée souple

1.3.2 les Chaussées 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). (figure1.4).

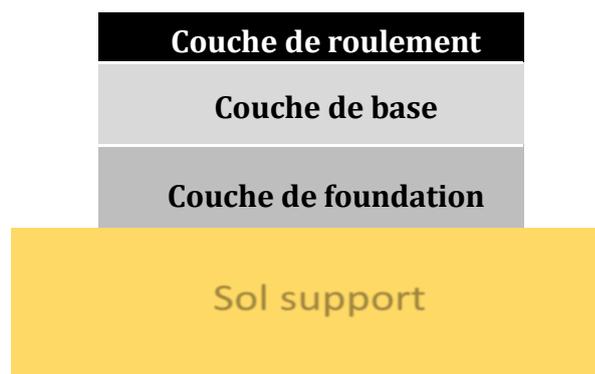


Figure 1. 4: Chaussée semi-rigide

1.3.3 les Chaussées rigides:

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide.

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol support, les couches

suivantes (figure1.5):

- Une couche de forme,
- Une couche de fondation,
- Une couche de roulement en béton de ciment.



Figure 1. 5: Chaussée rigide

1.4 Dimensionnement du corps de chaussées :

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on intéresse aux méthodes empiriques les plus utilisées.

1.4.1 Paramètres à considérer dans le dimensionnement

Chaque méthode de dimensionnement est basée sur la connaissance des certains paramètres indispensables qui sont :

1.4.1.1 Le trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit. Trafic « poids lourd » comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes.

1.4.1.2 Le sol support :

C'est la partie sur laquelle repose la structure de chaussée, elle est généralement constituée du sol naturel terrassé, ou en cas de besoin (mauvaise portance du sol support) surmonté d'une couche de forme.

1.4.1.3 Les matériaux :

Les matériaux utilisés en corps de chaussées doivent avoir des performances mécaniques élevées pour résister aux sollicitations appliquées par les véhicules spécialement ceux des (poids lourds) .

1.4.1.4 Données climatiques :

Les données climatiques directement utilisées dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent à l'état hydrique du sol support et aux cycles saisonniers de température

1.4.1.5 La durée de vie :

Elle correspond à un investissement initial moyen à élève est des durées de vie allant de 15 à 25ans en fonction de niveau de réseau principal considéré. Le choix de la durée de vie est fixé par le niveau de réseaux principal et des types matériaux .

1.4.2 Méthodes de dimensionnement des chaussées :

Pour dimensionner une chaussée et déterminer l'épaisseur de différentes couches formant le corps de chaussée ,on dispose de différentes méthodes dont les principaux sont donnés dans cequi suit :

- Méthode du catalogue de dimensionnement de chaussées neuves (CTTP)
- Méthode CBR (California Bearing Ratio)
- Méthode LCPC (Laboratoire Central Des Ponts et de Chaussées)
- Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA »

1.4.2.1 Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTP »:

Cette méthode proposée par l'organisme Algérien de Contrôle Technique des Travaux Publics CTTP, Novembre 2001

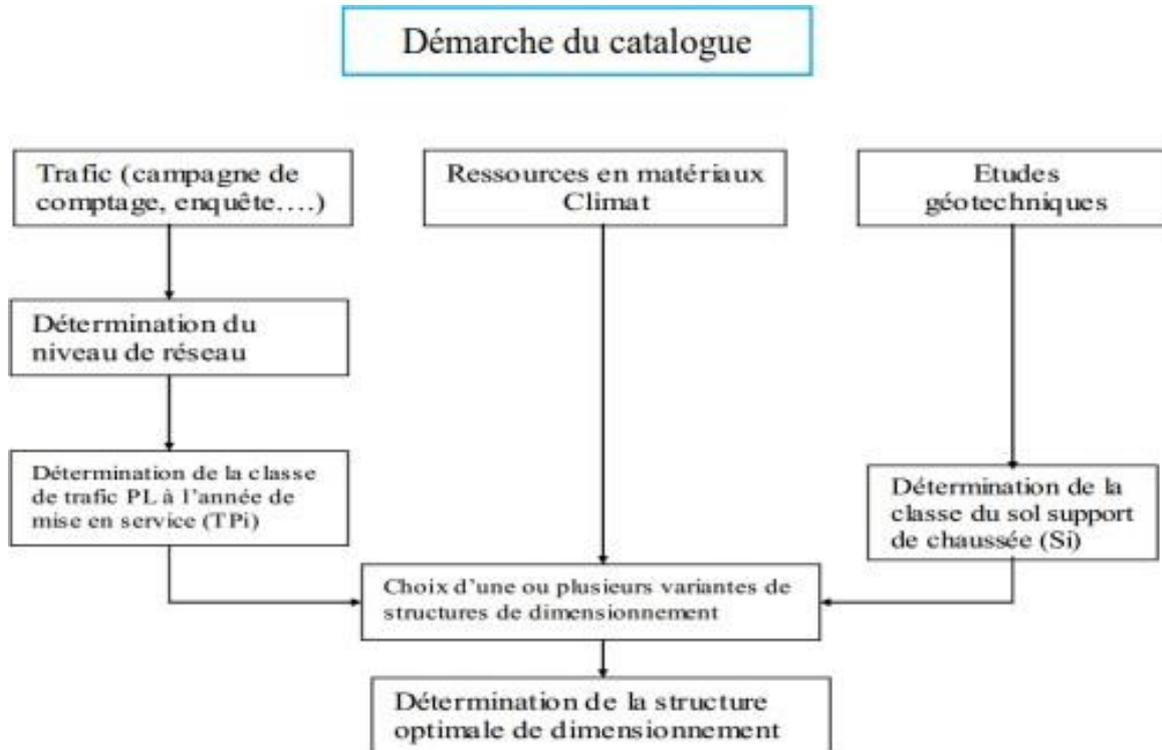


Figure 1. 6: Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

a) Détermination du type de réseau :

Le catalogue définit deux catégories de réseaux de chaussées : l'une relative au réseau principale de niveau 1 RP1 et l'autre relative au réseau principale de niveau 2 RP2

➤ Le réseau principale de niveau 1 (RP1) :

Il comporte des :

- Liaison supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour.
- Liaison reliant deux chefs-lieu de wilaya.
- Liaison présentant un intérêt économique et/ou stratégique

Il s'agit essentiellement d'un réseau composé de routes nationales (RN).

➤ Le réseau principale de niveau 2 (RP2):

Liaison comportant un trafic inférieur à 1500 véhicules /jour. Ce réseau est composé de routes nationales (RN) de chemin de wilaya (CW) et liaison reliant l'Algérie au pays riverains.

b) Choix structure type de réseau principale

Ce choix est fait en relation avec le type de réseau retenu (RP1 ou RP2).

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes

Le tableau 1.1 ci-dessous synthétise l'éventail des structure types disponible dans les fiches technique de dimensionnement du catalogue.

Tableau 1.1: structures disponibles dans le catalogue

Niveau de réseau principal (RP)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AB
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, Bcg/GC
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG

c) Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service

➤ Définition d'un poids lourds :

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 35 kN (3,5tonnes) de poids total autorisé en charge (PTAC).

Ces véhicules sont facilement identifiables visuellement sur la route, car ils regroupent tous les véhicules comportant deux essieux et plus, et dont l'essieu arrière est un jumelage.

➤ 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 :

- Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée unidirectionnelle à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelle à 2 voies : 50 % du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelle à 3 voies : 50 % du trafic PL.

➤ **Détermination de la classe de trafic TPLi :**

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service (Figure 1. 7).

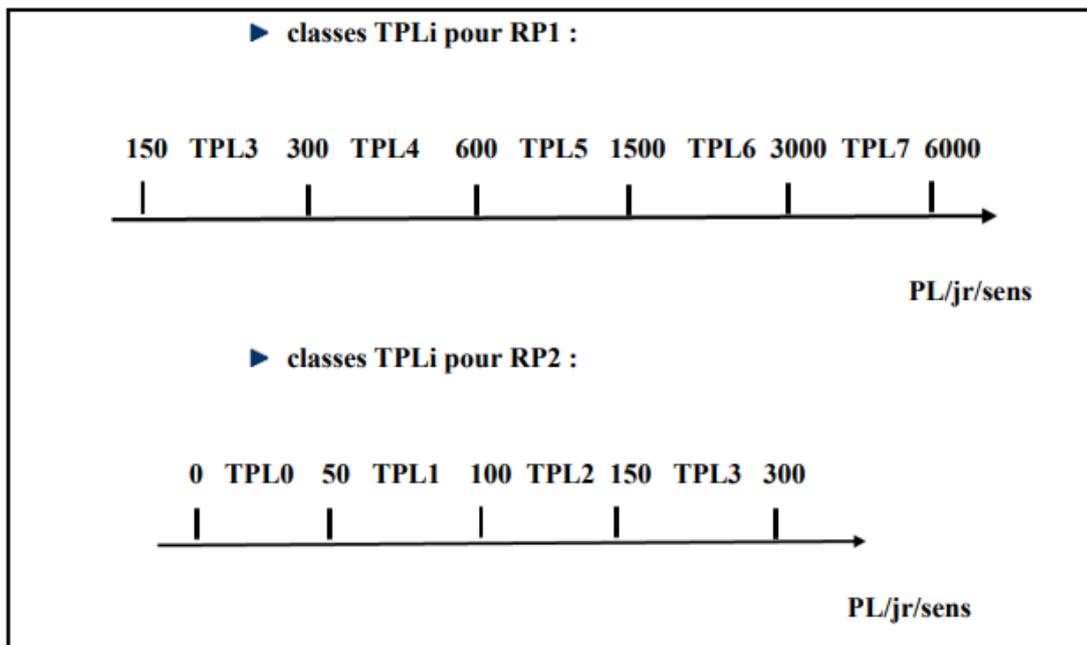


Figure 1. 7 : Classe de trafic

d) Détermination des classes de portance de sol-support de la chaussée :

➤ **Présentation des classes de portance des sols :**

Le tableau 1.2 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau 1. 2: classe de portance des sols Si

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

Le tableau 1.3 donne les classes de sols et les plages de portance probables.

Tableau 1. 3: Plages probables de portance des sols

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

➤ **Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée**

Les structures de chaussées sont construites sur le sol-support; généralement constitué de sol tassé, ou en cas de besoin (mauvaise portance) surmonté d'une couche de forme. La portance de sol-support est fonction de celle du sol tassé (déblai ou remblai), et éventuellement de l'apport de la couche de forme.

Elle est considérée sous deux aspects :

- **à court terme** (pendant les travaux), le sol-support doit remplir l'un des deux critères de constructibilité (compactage, trafic de chantier): -
 - déflexion sous essieu à 13 tonnes < 2 mm.
 - module à la plaque EV2 > 50 MPa.
- **à long terme** (chaussée en service); cette portance sera prise en considération dans le dimensionnement des structures de chaussées.

➤ **Portance des sols tassés :**

L'étude géotechnique est nécessaire, car elle permettra d'identifier et de classer les sols.

Cas des sols sensibles à l'eau :

La portance du sol support est déterminée par :

- L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II .

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes

- L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV

Cas des sols insensibles à l'eau :

Sols grossiers contenant plus de 25 % d'éléments supérieures à 20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions à condition que l'état hydrique au moment de l'essai soit représentatif (c'est-à-dire: $W_{nat} \geq W_{opm}$).

Le module de sol EV_2 et la déflexion caractéristique de sont reliés par la relation empirique suivante : $EV_2 \text{ (MPa)} \times d_c = 10340$, avec EV_2 en MPa et de 1/100 mm

➤ Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de portance de sols supports à savoir : S3; S2; S1 et S0. (Tableau 1. 4).

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

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

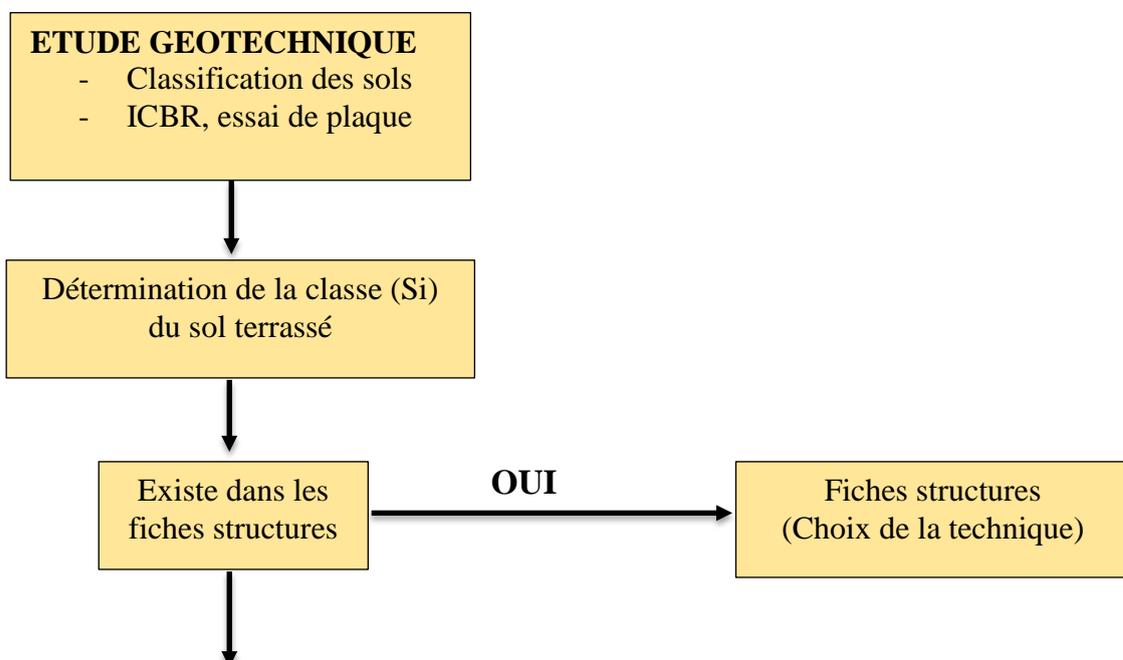
Tableau 1. 4 :
sol en fonction de

Classe	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
E(MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

classe portance de la flexion.

➤ Sur classement des sols supports de chaussées :

Lorsque des cas de sols de faible portance (< S4 en RP2, < S4 et S3 en RP 1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables. L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels sélectionnés ou traités, permet un sur classement de portance du sol terrassé (Figure 1. 8).



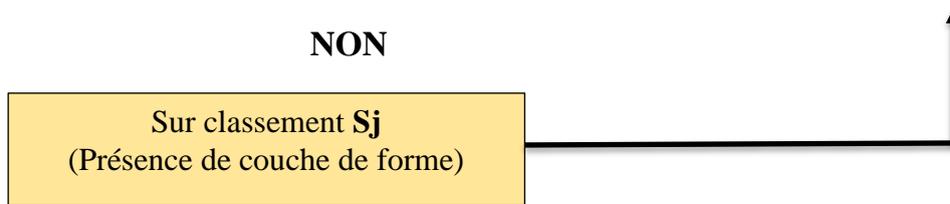


Figure 1. 8 : Détermination de la classe de portance de sol-support

Selon les cas de chantiers (trafic, nature des sols, zones climatiques), la couche de forme sera différents types. Elle peut être en une ou plusieurs couches suivant le cas de portance du sol terrassé (S_i) et la classe de sol-support visée (S_j).

Dans le cas de surclassement de sols supports, le tableau 1.5 donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

Tableau 1. 5 : Classe de sol en fonction de portance de sol

Classe portance du sol terrassé (S_i)	Matériaux de CF	Épaisseur de CF	Classe Portance du sol support visée (S_j)
$< S_4$	Matériau non traité	50cm (en 2c)	S_3
S_4	Matériau non traité	35cm	S_3
S_4	Matériau non traité	60cm (en 2c)	S_2
S_4	Matériau non traité	40cm (en 2c)	S_2
S_4	Matériau non traité	70cm (en 2c)	S_2

e) Choix de la couche de roulement :

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.

1.4.2.2 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.

Pour que la chaussée résiste, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

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:

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left(75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right) \right)}{I_{\text{CBR}} + 5} \quad (1.1)$$

Avec :

e : épaisseur équivalente de la couche (m)

I_{CBR} : indice CBR de sol support

N : Nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon.

P : charge par roue. On prend P = 6.5t (essieu de 13 tonnes)

log : logarithme décimal.

• L'épaisseur équivalente :

C'est un paramètre qui tient compte des qualités mécaniques différentes des couches.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = \sum e_{réelle} \times a = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3 \quad (1.2)$$

Où :

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence des matériaux des couches de la chaussée ;

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Les épaisseurs et les coefficients d'équivalence utilisés généralement sont regroupés dans le tableau 1.1 ci-contre :

Tableau 1. 6 Coefficient d'équivalences des différents matériaux utilisés en structure de chaussée.

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	0.80 à 0.9

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe «e1» et «e2» et on calcule « e3 », généralement les épaisseurs adoptées sont : BB =6 - 8 cm; GB= 10 - 20 cm; GC =15 - 25 cm; TVO= 25cm.

1.4.2.3 Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA» :

➤ Détermination de la catégorie de la voie

Le catalogue des structures types de chaussées neuves différencie, vis-à-vis du dimensionnement, deux catégories de voies. Pour chaque structure de chaussée, il existe donc deux types de fiches.

L'un est relatif aux voies du réseau structurant et l'autre aux voies du réseau non structurant.

La détermination de la catégorie de la voie se fait à partir du Catalogue des types de route en milieu interurbain :

les types 1 et 2 de ce catalogue (autoroutes et routes express à une chaussée) sont considérées comme des voies du réseau structurant, notées VRS

Les VRS comprennent donc :

- VRU Voies Rapides Urbaines
- ARNC Autoroutes Non Concédés
- LACRA Liaisons Assurant la Continuité du Réseau Autoroutier
- GLAT certaines Grandes Liaisons d'Aménagement du Territoire

les types 3 et 4 (artères interurbaines et autres routes) sont considérées comme les voies du réseau non structurant, notées VRNS.

Les VRNS comprennent donc :

Les autres **GLAT** et **les routes nationales** qui n'entrent pas dans les catégories précédentes

- Détermination de la classe de trafic
- Donnée d'entrée trafic

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur les routes

Dans les fiches de structures, la donnée de trafic prise en compte est une classe de trafic poids lourds cumulé. La définition du poids lourd est la suivante : Véhicule de plus de 35 kN de poids total autorisé en charge (PTAC)

Les classes de trafic poids lourds cumulé sont définies par leur borne supérieure.

Le trafic pris en compte est le nombre de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée, cumulé sur la durée de dimensionnement de la chaussée.

Le tableau suivant définit deux séries de huit classes de trafic cumulé :

- une pour les **VRS** notée T_{ci30} ($i^{\text{ème}}$ classe de trafic cumulé sur 30 ans),
- une pour les **VRNS** notée T_{ci20} ($i^{\text{ème}}$ classe de trafic cumulé sur 20 ans).

L'ingénieur responsable du projet après avoir déterminé la catégorie de la voie projetée, se reportera aux fiches de structures correspondantes. La différence de dimensionnement des structures de chaussées de ces deux catégories de voies résulte d'hypothèses de calculs différentes (durée de dimensionnement initiale de 30 ans pour les VRS et de 20 ans pour les VRNS, agressivité, ...). Ces données sont détaillées dans le fascicule Hypothèses et données de calcul au quel l'ingénieur peut se reporter pour une plus ample information.

Les bornes supérieures des classes de trafic cumulé figurent sur chaque fiche de structure. Ces classes T_{Ci} sont relatives au trafic cumulé, utilisé pour le dimensionnement des structures. Elles se distinguent des classes T_i , relatives au débit journalier, et utilisées pour les spécifications d'usage des matériaux (normes, documents d'application des normes).

Répartition du trafic poids lourd par voie de circulation

En l'absence de données précises sur la répartition des poids lourds entre les différentes voies de la chaussée, on adoptera les valeurs suivantes :

- chaussée unidirectionnelle à 2 voies : **90%** du trafic poids lourd sur la voie de droite
- chaussée unidirectionnelle à 3 voies : **80%** du trafic poids lourd sur la voie de droite et **20%** sur la voie médiane.

Ces valeurs sont relatives aux sections courantes en rase campagne. Dans tous les autres cas une étude particulière devra être conduite.

Tableau 1.7 Coefficient d'équivalences des différents matériaux utilisés en structure de chaussée.

Tableau 1 - Bornes supérieures des classes de trafic cumulé pour les VRS et les VRNS (exprimées en millions de poids lourds)

VRS	$TC1_{30}$	$TC2_{30}$	$TC3_{30}$	$TC4_{30}$	$TC5_{30}$	$TC6_{30}$	$TC7_{30}$	$TC8_{30}$
	0,5	1	3	6	14	38	94	
VRNS	$TC1_{20}$	$TC2_{20}$	$TC3_{20}$	$TC4_{20}$	$TC5_{20}$	$TC6_{20}$	$TC7_{20}$	$TC8_{20}$
	0,2	0,5	1,5	2,5	6,5	17,5	43,5	

➤ Calcul du nombre cumulé de poids lourds sur la voie la plus chargée

Le calcul du nombre de poids lourds cumulé **Tci 20 ou 30** se fait à l'aide de la relation suivante :

$$\mathbf{Tci\ 20\ ou\ 30 = 365 \times T \times C} \quad (1.3)$$

avec:

T : trafic poids lourd MJA (moyenne journalière annuelle) à l'année de mise en service sur la voie la plus chargée

$$\mathbf{C = d + t \times d \times \frac{d-1}{2}} \quad (1.4)$$

avec

d : durée de dimensionnement initiale de la chaussée

t : taux de croissance linéaire annuelle du trafic lourd/100

t = 5 % pour VRS

t = 2 % pour VRNS

Cette formule est valable seulement dans le cas où les hypothèses de croissance du trafic lourd se réduisent à un seul taux de croissance annuelle se rapportant à l'année de mise en service .

Dans les autres cas plus complexes , l'ingénieur se reportera aux exemples d'utilisation pour savoir comment calculer le nombre de poids lourds cumulé. Dans tous les cas une étude préalable de trafic sera faite pour définir le taux de croissance linéaire annuel (t) à retenir pour le projet et le trafic poids lourds MJA (T) attendu à la mise en service sur la voie la plus chargée.

1.4.2.4 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

La méthode L.C.P.C est une méthode française de dimensionnement des chaussées, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent en fonction de la température équivalente (T_{eq}), et l'indice CBR (ICBR), à partir de l'abaque (L.C.P.C), Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression suivante :

$$\mathbf{T_{ea} = \frac{TMGA. a. [(1 + r)^n - 1]. 0,7. p. 365}{(1 + r) - 1}} \quad (1.5)$$

Avec :

Teq : trafic équivalent par essieu de 13t.

TMGA : trafic à la mise en service de la route.

a : coefficient qui dépend du nombre de voies.

r : taux d'accroissement annuel.

n : durée de vie de la route.

p : pourcentage de poids lourds

Une fois que la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de Teq , ICBR) est déterminée à partir de l'abaque L.C.P.C.

1.4.2.5 Conclusion :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants : chaussées souples ; chaussées semi-rigides ; chaussées rigides.

Pour dimensionner une chaussée et déterminer l'épaisseur de différentes couches formant le corps de chaussée ,on dispose de différentes méthodes dont les principaux sont donnés dans ce qui suit :

- Méthode du catalogue de dimensionnement de chaussées neuves (CTTP)
- Méthode CBR (California Bearing Ratio)
- Méthode LCPC (Laboratoire Central Des Ponts et de Chaussées)
- Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA »

Chapitre 2: Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité

2.1 Introduction :

L'identification du climat, la géomorphologie, la Géologie, l'hydrogéologie et la sismicité de la région renfermant le tracé routier est une opération très importante l'or de la réalisation d'un projet routier. Au cours de ce chapitre, la localisation du projet et un aperçue sur le contexte, climatique, géomorphologique, géologique, hydrogéologique, et sismique du site sont présentés.

2.2 Situation géographique :

Le tracé du projet concerné par cette étude s'étend sur une longueur de 70 km. Il commence à partir de la ville de Djelfa, se développe sur les monts de Ouled Nail, passe sur un vaste plateau et se termine au sud dans la ville de Laghouat, début de la plate-forme Saharienne. Le tronçon routier étudié faisant partie du tracé débute du PK 294+00 et finit au PK 351+500, (figure 2.1).

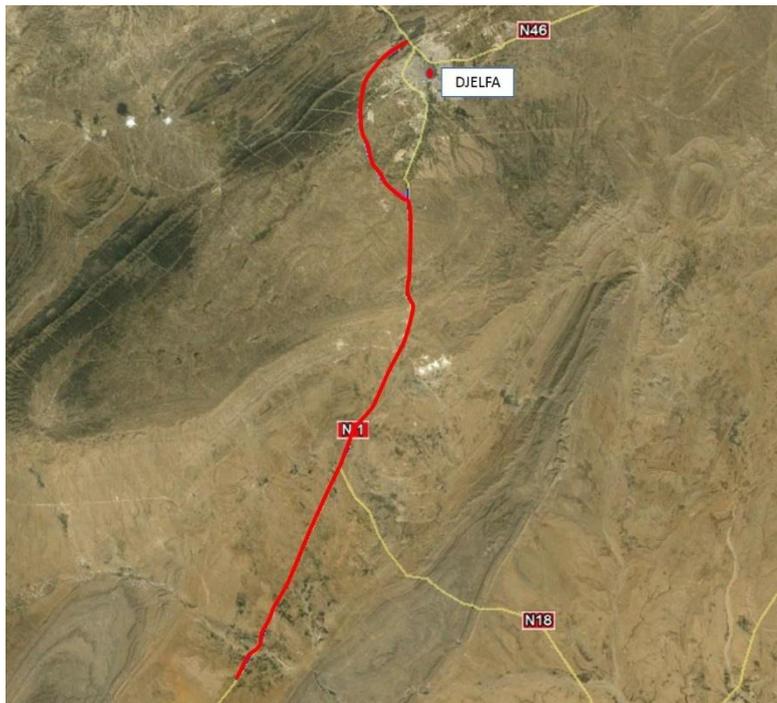


Figure 2.1: Extrait d'un Plan synoptique de l'axe d'étude de dédoublement de RN° 1.

2.3 Climat :

Nous essayons de synchroniser les éléments du bilan d'eau dans le secteur d'étude, en utilisant les données d'une période récente. Les facteurs mesurés (pluviométrie, température) sont indispensables et leur connaissance permet de quantifier la ressource en eau et de déduire la fraction d'eau infiltrée qui conditionne la recharge des nappes souterraines.

D'une manière générale, le climat est conditionné par :

La température de l'air ($T^{\circ}\text{C}$), les précipitations (P mm), l'éloignement de la mer et la présence du relief. Nous tenterons dans ce chapitre de déterminer ces paramètres hydro climatologiques en se basant sur les données des deux stations météorologiques.

a) Les précipitations

Nous constatons que la répartition mensuelle des précipitations (Répartition des pluies moyenne mensuelle des deux stations pluviométrique période 1969-2007/ANRH) des deux postes pluviométriques, montre que la période pluvieuse s'étale sur les mois suivants :

- Septembre, Octobre et Novembre avec une période humide.
- Mars, Avril et Mai avec une période à pluviosité moyenne.
- Décembre, Janvier, Février, Juin, Juillet, et Août avec une période sèche.

b) L'humidité relative

La variation saisonnière de l'humidité relative est représentée sur la figure I.5. Il apparaît que la saison froide présente une humidité relative, élevée avec un maximum de (78.2%), obtenu au mois de janvier, d'autre part, l'humidité relative ne dépasse pas (50%) durant la saison sèche (juin- août), avec un minimum pouvant atteindre (35.1%) au mois de juin, (figure 2.2).

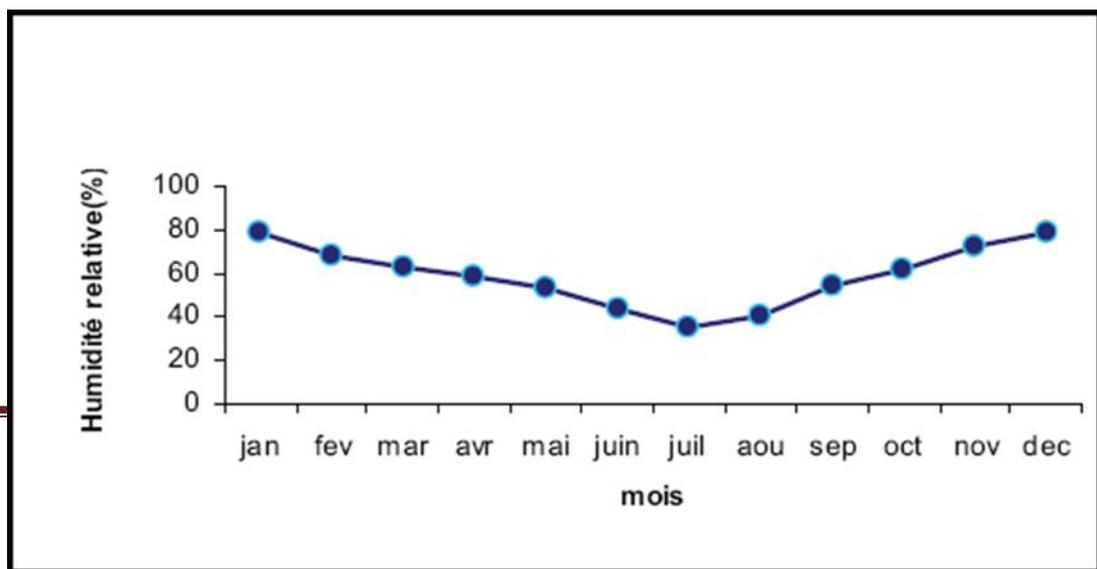


Figure 2. 2: Evolution de l'humidité relative moyenne mensuelle durant la période de 1995-2004 (ANRH).

c) Les vents

Le vent est un facteur climatique, d'une importance primordiale contribuant aux façonnages arides et désertiques. En jouant le rôle d'un agent d'érosion, de transport et d'accumulation, ce facteur est susceptible d'influencer les processus d'évaporation et d'évapotranspiration.

La figure I.6 montre que la variation saisonnière de la vitesse du vent durant la période, d'observation reste quasi constante. D'autre part, la valeur maximale de la vitesse du vent ne dépasse pas 4.83 m/s (avril) ; tandis que la valeur minimale (3.48 m/s) est observée au mois de septembre.

d) La végétation

La végétation naturelle est très pauvre, elle se borne à quelques repousses de pâturage broutées par les troupeaux de chameaux et de moutons, Les principales formations végétales sont :

Le matorral : formation d'origine forestière, où subsiste des arbustes (romarin, cistes...etc.), il peut y avoir aussi quelques pins d'Alep (matorral arboré).

L'Alfa envahit à peu le matorral au fur et à mesure que disparaissent les espaces reliques forestiers et l'on passe à la Steppe.

La Steppe : formation basse et discontinue avec des graminées vivaces (Alfa, Sparte...etc.).

2.4 Géologie et Hydrogéologie

Géologie locale :

La description géologique est basée sur la documentation existante et sur les cartes géologiques disponibles pour la zone d'étude :

Livret des substances utiles de la Wilaya de Laghouat ; Livret des substances utiles de la Wilaya de Djelfa ;

- ❖ Notice Carte géologique de Laghouat, échelle 1/50 000.
- ❖ Notice Carte géologique de Djelfa, échelle 1/50 000.
- ❖ Carte géologiques de Laghouat, échelle : 1/200.000.
- ❖ Carte géologiques de Laghouat, échelle : 1/200.000.
- ❖ Carte géologique de l'Algérie, échelle : 1/500.000.

Chapitre 2: Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité

Le tracé étudié se situe dans le domaine de l'Atlas Saharien et fait transition entre les domaines des formes Sahariennes. Hauts plateaux au Nord et la plateforme Saharienne au Sud.

Le début du tracé commence à partir de la ville de Djelfa, se développe sur les monts de Ouled Nail, passe sur un vaste plateau et se termine au sud dans la ville de Laghouat, début de la plate-forme Saharienne.

Sur le plan structural, le projet se développe entre deux unités tectoniques majeures, séparées par la faille Sud-Atlasique :

Le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine ;

La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Les grands ensembles lithostratigraphiques dans le secteur étudié, sont représentés par le Crétacé, le Mio-Pliocène et le Quaternaire.

Les dépôts du Crétacé sont représentés par des faciès continentaux, lagunaires et marins ; Les dépôts du Mio-Pliocène sont composés de formations continentales ; Le Quaternaire est composé de formations continentales.

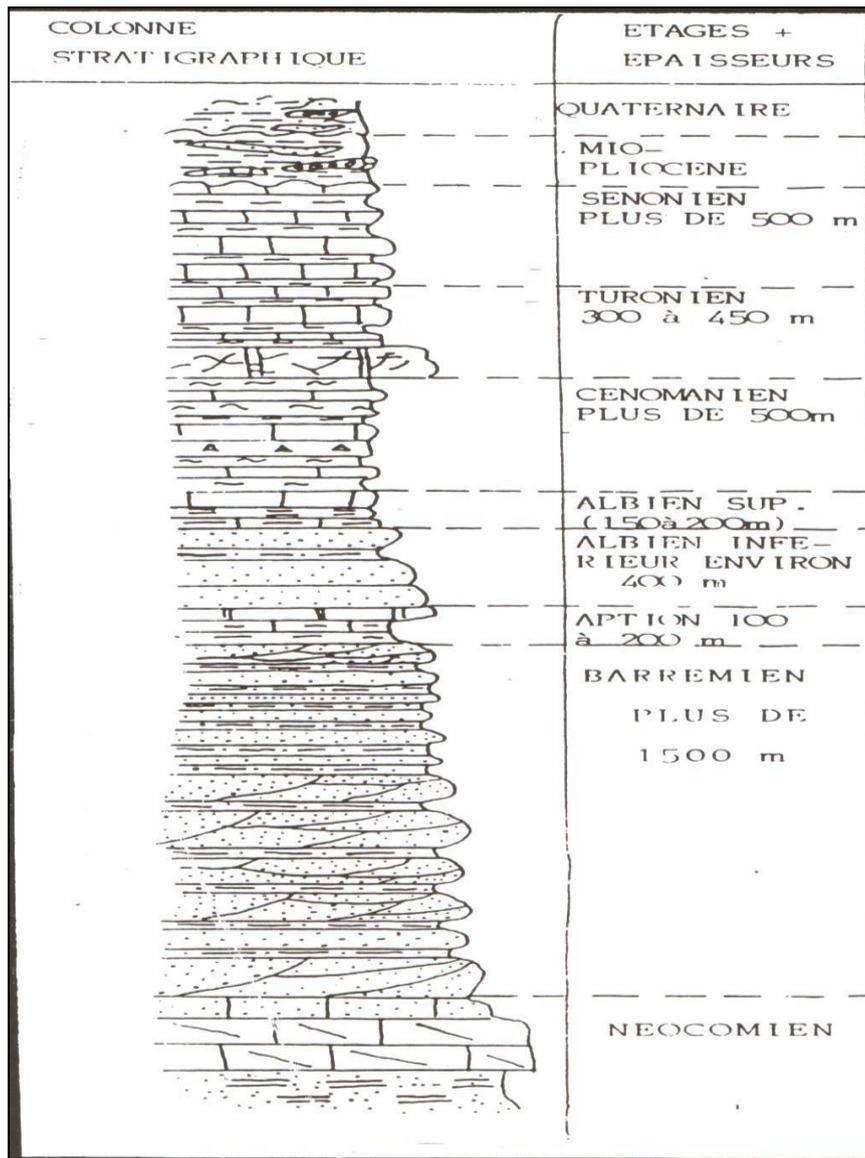


Figure 2. 3 : montre la litho-stratigraphie des formations géologiques de la région Djelfa

Hydrogéologie de la région

La région caractérisée par l'existence de larges plaines alternant de crêtes montagneuses linéaires en direction Nord-Est, le réseau fluvial, peu développé, est représenté par des oueds qui se dessèchent pendant la période estivale.

La plus grande rivière, qui ne dessèche pas, est celle de Melah ou le débit d'eau baisse d'une manière brusque en période estivale.

Le climat continental avec un été torride, sec et un hiver froid et pluvieux

2.5 Sismicité :

Sismicité de la région

D'après le règlement parasismique algérien (RPA 99 / version 2003), les wilayas de Djelfa et Laghouat sont classées zone à sismicité faible « Zone I ». Le document technique réglementaire, divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

- Zone 0 : Sismicité négligeable ;
- Zone I : Sismicité faible ;
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne ;
- Zone III : Sismicité élevée.

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

- Ouvrages d'importance vitale : **Groupe 1A**
- Ouvrages de grande importance : **Groupe 1B**
- Ouvrages courants ou d'importance moyenne : **Groupe 2**
- Ouvrages de faible importance : **Groupe 3.**

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 2. 1 : coefficient d'accélération

ZONE				
Groupe	I	IIa	IIb	III
1A	0,15	0,25	0,30	0,40
1B	0,12	0,20	0,25	0,30
2	0,10	0,15	0,20	0,25
3	0,07	0,10	0,14	0,18

Pour la catégorie de l'ouvrage, le coefficient d'accélération à prendre pour la conception de l'ouvrage est égale à 0.12

Chapitre 2: Présentation du projet, géologie, hydrogéologie et sismicité

Sur la base des considérations précitées, il ressort que la zone d'étude est située dans un



secteur caractérisé par une sismicité faible de classe I, selon le PRPOA (2003).

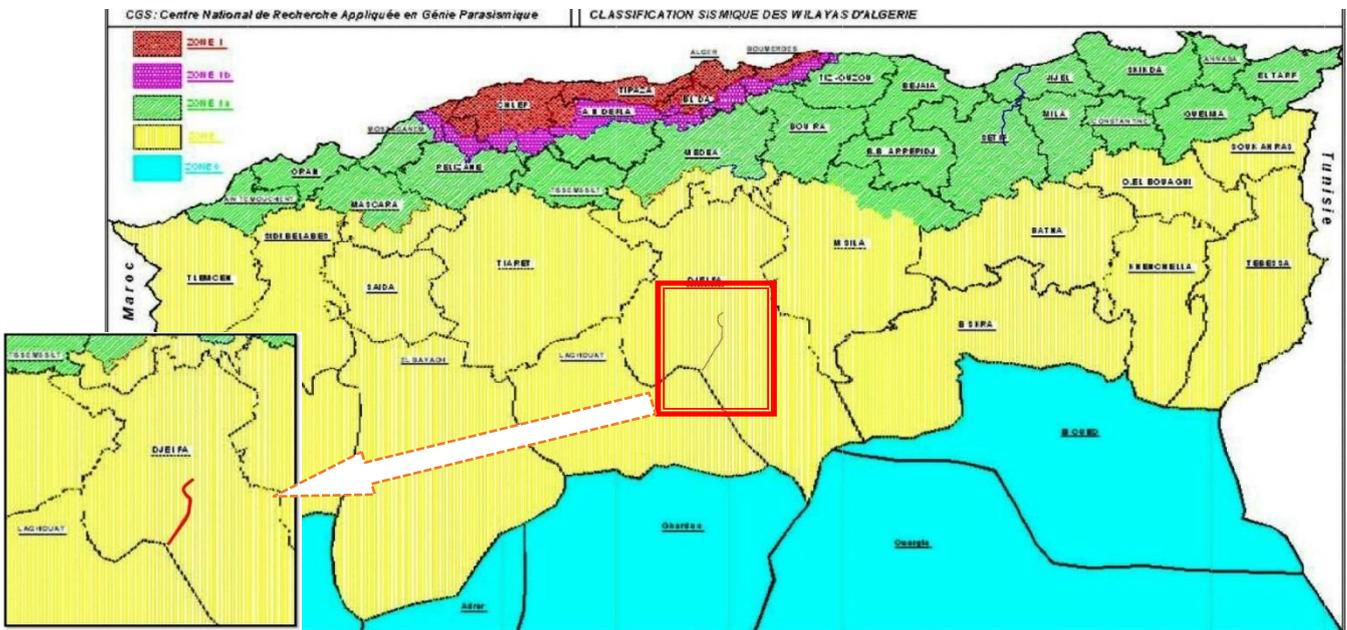


Figure 2. 4 : Carte d'intensités sismiques maximales observées1 dans le nord de l'Algérie

Figure 2. 5: Carte de zonage sismique de l'Algérie. (Réf : RPA 99 version 2003)

2.6 Conclusion :

Les conclusions qui peuvent être tirées suite aux différents résultats des études présentées ci-dessous, sont comme suit :

- Le climat de la région de djelfa est doté d'un climat désertique.
- La zone d'étude est classée zone I, zone à sismicité faible selon le règlement parasismique Algérien. Pour la catégorie de l'ouvrage, le coefficient d'accélération a prendre pour la conception de l'ouvrage est égale à 0.12

Chapitre 3: Synthèse géotechnique

3.1 Introduction :

Au cours de ce chapitre, l'ensembles de essais réalisés au cour de la campagne de reconnaissance géotechnique in situ et au laboratoire, pour l'identification et la détermination des propriétés physiques, chimiques et mécaniques des différents terrains rencontrés le long du tracé ainsi que ceux effectué sur les matériaux provenant des carrières et des zones d'emprunt aux alentours du site seront présenté et analysées.

3.2 Campagne de reconnaissance in-situ :

Les investigations in situ réalisées, dans le cadre de cette phase d'APD, comprennent 34 puits de reconnaissances dont la profondeur varie de 1.0 à 2.5m, selon la nature du sol support rencontré.

En générale, ces terrains de surface sont de nature limoneux sableuses, généralement peu plastiques, devenant brun-jaunâtre et carbonatée par endroits.

Les puits réalisés, au nombre de (33), ont été répartis suivant l'axe du tracé et au droit des ouvrages

Tableau 3. 1 Implantation des puits de reconnaissance

Sondage	Profondeur(m)	CoordonnéeEst	CoordonnéeNord	Chaînage
PU-02	2,2	521886	3824906	PK (18+225)
PU-03	1.5	521982	3822883	PK (20+325)
PU-04	2	521956	3820892	PK (22+205)
PU-05	1.4	521812	3818949	PK (24+155)
PU-06	2	521883	3815148	PK (28+160)
PU-07	1.4	520670	3812379	PK (31+225)
PU-08	1.8	519870	3810583	PK (33+265)
PU-09	1.2	519053	3808781	PK (35+100)
PU-10	2	517649	3807085	PK (37+425)
PU-11	2	516993	3805443	PK (39+285)
PU-12	1.3	515395	3801797	PK (43+265)
PU-13	1,2	514569	3799974	PK (45+265)
PU-14	1,3	513751	3798139	PK (47+225)
PU-15	2	513009	3796295	PK (49+265)
PU-16	1.6	512167	3794463	PK (51+285)
PU-17	1.6	511305	3792682	PK (53+265)
PU-18	1.4	510332	3790936	PK (55+280)
PU-19	1.5	509715	3788983	PK (57+330)
PU-20	1,5	508666	3787483	PK (59+195)
PU-21	1,3	508106	3786490	PK (60+335)
PU-22	1.7	507541	3785661	PK (61+345)
PU-01-ECH1	1.8	521410	3813986	PK (29+375)
PU-02-ECH1	1.5	521419	3813933	PK (29+325)
PU-01-ECH2	1.4	516173	3803534	PK (41+365)
PU-02-ECH2	1.7	516189	3803496	PK (41+390)
PU-03-ECH3	2.5	509722.67	3789028.4	PK (57+325)
PU-04-ECH3	2.5	509705.07	3789034.68	PK (57+325)
PU-01-Dé	1	522186	3817250	PK (25+980)
PU-02-De	1.3	522253	3817130	PK (26+120)
PU-01-OA1	1.5	509179	3788180	PK (58+320)
PU-02-OA1	1.8	509102	3788112	PK (58+425)
PU-01-OA2	2.5	517623.99	3807049.31	PK (37+540)
PU-02-OA2	2.5	517580.61	3807001.66	PK (37+580)

Les puits, de profondeur 1.0 à 2.5 m, ont mis en évidence les terrains suivants:

Puits	Nature des sols
2- 09, 11, 15, 16, 19, 20, 21,22	Limon sableux, peu humide, brunâtre, plastique avec degraves et de cailloux, blocs d'encroutements calcaires centimétriques durs, traces d'argiles et de concrétions carbonatés
10	Alluvions constituées de sables limoneux, peu plastique, avec de graves et de cailloux, blocs d'encroutements calcaires centimétriques durs, traces d'argiles et de concrétions carbonatés
12-14, 17,18	Encroutement calcaire avec limon sableux, blanchâtre à jaunâtre, très ferme mais parfois lâche dans une matrice carbonatée
OA	Sable Limoneux, avec des passages d'encroutements calcaires.

Tableau 3. 2 Nature des sols recoupés par les puits de reconnaissance.

3.3 Compagne de reconnaissance en laboratoire :

La compagne de reconnaissance au laboratoire a permis de réaliser des essais physiques, chimiques et mécaniques sur les échantillons recueillis des puits et des sondages de reconnaissances réalisées in situ.

Essais physiques :

Analyse granulométrique et limites d'Atterberg :

Les résultats obtenus à partir de l'analyse granulométrique sont regroupés dans le tableau 3.3

Chapitre 3: Synthèse géotechnique

Tableau 3.3 : résultats de l'analyse granulométrique et limites d'Atterberg

N° Puits	Profondeurs (m)	Granulométrie%		Limite D'Atterberg			Classification selon LCPC	Classification selon GTR
		Ø « mm »		Wp (%)	WL (%)	Ip (%)		
		2 mm	0.08 mm					
Pu-2	2.2	57	33	21.52	41.3	19.78	GA	B6
Pu-3	1.5	78	62	25.15	52.62	27.47	At	A3
Pu-4	2	100	100	20.06	36.4	16.34	Ap	A2
Pu-5	1.4	45	24	18.58	31.34	12.76	GA	B6
Pu-6	2	95	60	16.84	25.94	9.1	Ap	A1
Pu-7	1.4	55	36	22.62	45.25	22.63	GA	A2
Pu-8	1.8	97	97	16.95	26.07	9.12	Ap	A1
Pu-9	1.2	92	38	14.64	18.6	3.96	SA	A1
Pu-10	2	80	22	14.45	18.43	3.98	SA	B5
Pu-11	2	90	77	17.34	27.4	10.06	Ap	A1
Pu-12	1.3	41	18	22.14	42.64	20.5	SA	B6
Pu-13	1.2	68	20	NM	NM	NM	-	-
Pu-14	1.3	51	19	15.48	21.49	6.01	GA	B5
Pu-15	2	98	65	18.17	30.22	12.05	Ap	A2
Pu-16	1.6	91	17	-	-	-	-	-
Pu-17	1.6	72	38	15.57	21.33	5.76	SA	A1
Pu-18	1.4	77	12	13.44	14.62	1.18	SA	B4
Pu-19	1.5	89	43	-	44.23	-	-	-
Pu-20	1.5	85	43	14.93	19.5	4.57	SA	A1
Pu-21	1.3	86	86	22.4	44.23	21.83	Ap	A2
Pu-22	1.7	83	22	NM	NM	NM	-	-

Classification selon L.C.P.C :

D'après les résultats de tableau ci-dessus on obtient :

Pu-02 :

- 1) 33% des éléments sont <0.008mm → sol grossier
- 2) 24 % du sable et 43% du gravier donc le sol est un gravier.
- 3) 33% >12% : on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est un **grave argileux GA**

Pu-03 :

- 1) 62% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L > 50\%$

Donc le sol est **argile très plastique At**

Pu-04 :

- 1) 100% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$

Donc le sol est **argile peu plastique Ap**.

Pu-05 :

- 1) 24% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 21 % du sable et 55% du gravier donc le sol est un gravier.
- 3) 24% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un grave argileux GA**

Pu-06 :

- 1) 60% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$
 - Donc le sol est **argile peu plastique Ap**

Pu-07 :

- 1) 36% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 19 % du sable et 45% du gravier donc le sol est un gravier.
- 3) 36% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un grave argileux GA**

Pu-08 :

- 1) 97% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$

Donc le sol est **argile peu plastique Ap**

Pu-09 :

- 1) 38% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 54 % du sable et 8% du gravier donc le sol est un sable.
- 3) 38% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un sable argileux SA**

Pu-10 :

- 1) 22% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 58 % du sable et 20% du gravier donc le sol est un sable.
- 3) 22% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un sable argileux SA**

Pu-11 :

- 1) 77% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$

Donc le sol est **argile peu plastique Ap.**

Pu-12 :

- 1) 18% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 24 % du sable et 43% du gravier donc le sol est un gravier.
- 3) 33% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un grave argileux GA**

Pu-14 :

- 1) 19% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 32 % du sable et 41% du gravier donc le sol est un gravier.
- 3) 19% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un grave argileux GA**

Pu-15 :

- 1) 65% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
- 2) on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$

Donc le sol est **argile peu plastique Ap.**

Pu-17 :

- 1) 38% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 34 % du sable et 28% du gravier donc le sol est un sable.
- 3) 38% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un sable argileux SA**

Pu-18 :

- 1) 12% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 65 % du sable et 23% du gravier donc le sol est sable.
- 3) 12% $=12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est **un sable argileux SA**

Pu-20 :

- 1) 43% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol grossier
- 2) 42 % du sable et 15% du gravier donc le sol est un sable.
- 3) 43% $>12\%$: on passe à l'étude de limite d'Atterberg :
 - On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.

Chapitre 3: Synthèse géotechnique

- on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique

Donc le sol est un sable argileux SA

Pu-21 :

- 1) 86% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → sol fin
 - 2) On passe à l'étude de limite d'Atterberg :
- On projette la valeur W_L et I_p dans le diagramme de Casgrande.
 - on tombe sur la partie supérieure de la courbe argile peu plastique avec $W_L < 50\%$

Donc le sol est argile peu plastique Ap.

Classification selon GTR :

Les caractéristiques permettant la classification GTR sont les paramètres de nature, les paramètres de comportement mécanique, et les paramètres d'état.

D'après les résultats obtenus des essais mentionnés dans les tableaux ci-dessus, on peut classer les matériaux en :

- 1) Classe « A » (les sols fins).
- 2) Classe « B » (Sols sableux et graveleux avec fines).
- 3) Classe « C » (sols comportant des fines et des gros éléments).

Pu-02 :

- 1) 33% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à 0.008mm : $12\% < 33\% < 35\%$
- 3) $I_p = 19.78\% > 12\%$

Le sol est de classe : **B6**

Pu-03 :

- 1) 62% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité I_p : 27.47%
 $25 < I_p < 40$

Le sol est de classe : **A3**

Pu-04 :

- 1) 100% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité I_p : 16.34%
 $12 < I_p < 25$

Le sol est de classe : **A2**

Pu-05 :

- 1) 24% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à 0.008mm : $12\% < 24\% < 35\%$
- 3) $I_p = 12.76\% > 12\%$

Le sol est de classe : **B6**

Pu-06 :

- 1) 60% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité I_p : 9.1%

$$I_p < 12\%$$

Le sol est de classe : **A1**

Pu-07 :

- 1) 36% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité $I_p : 22.63\%$
 $12 < I_p < 25$

Le sol est de classe : **A2**

Pu-08 :

- 1) 97% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité $I_p : 9.12\%$
 $I_p < 12\%$

Le sol est de classe : **A1**

Pu-09 :

- 1) 38% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité $I_p : 3.96\%$
 $I_p < 12\%$

Le sol est de classe : **A1**

Pu-10 :

- 1) 22% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à $0.008\text{mm} : 12\% < 22\% < 35\%$
- 3) $I_p = 3.98\% < 12\%$

Le sol est de classe : **B5**

Pu-11 :

- 1) 77% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité $I_p : 10.06$
 $I_p < 12\%$

Le sol est de classe : **A1**

Pu-12 :

- 1) 18% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à $0.008\text{mm} : 12\% < 18\% < 35\%$
- 3) $I_p = 20.5\% > 12\%$

Le sol est de classe : **B6**

Pu-14 :

- 1) 19% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à $0.008\text{mm} : 12\% < 19\% < 35\%$
- 3) $I_p = 6.01\% < 12\%$

Le sol est de classe : **B5**

Pu-15 :

- 1) 65% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité $I_p : 12.05$
 $12\% < I_p < 25\%$

Le sol est de classe : **A2**

Pu-17 :

- 1) 38% des éléments sont $< 0.008\text{mm}$ → classe A

- 2) Selon l'indice de plasticité I_p :5.76
 $I_p < 12\%$
Le sol est de classe : **A1**

Pu-18 :

- 1) 12% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe B
- 2) Tamisat à 0.008mm :12% =12%
- 3) $I_p = 1.18\% < 12\%$

Le sol est de classe : **B4**

Pu-20 :

- 1) 43% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité I_p :4.57
 $I_p < 12\%$
Le sol est de classe : **A1**

Pu-21 :

- 1) 86% des éléments sont $<0.008\text{mm}$ → classe A
- 2) Selon l'indice de plasticité I_p :21.83
 $12\% < I_p < 25\%$
Le sol est de classe : **A2**

Essais mécaniques:

Proctor modifié et CBR:

Les résultats obtenus des essais Proctor modifié et CBR sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3. 4 : résultats des essais Proctor modifié et CBR

Puits	Profondeur (m)	PROCTOR Modifié		CBR	Classification Selon CBR
		γ_{dmax} (t/m ³)	W_{opm} (%)		
Pu-2	2.2	1.62	10.5	2.26	S4
Pu-3	1.5	1.66	18.3	2.13	S4
Pu-4	2	1.57	16.3	2.69	S4
Pu-5	1.4	1.8	14.4	15.44	S2
Pu-6	2	1.86	12.8	8.97	S3
Pu-7	1.4	1.83	14.2	8.64	S3
Pu-8	1.8	1.77	14.5	4.26	S4
Pu-9	1.2	1.98	8.3	13.84	S2
Pu-10	2	1.97	10.4	13.38	S2
Pu-11	2	1.95	10.5	12.39	S2
Pu-12	1.3	1.82	14.4	9.08	S3
Pu-13	1.2	1.86	10.7	18.03	S2
Pu-14	1.3	1.91	6.7	5.26	S3
Pu-15	2	1.96	10.4	15.82	S2
Pu-16	1.6	1.89	6.2	11.95	S2
Pu-17	1.6	1.89	12.3	13.65	S2
Pu-18	1.4	1.9	6.4	8.84	S3
Pu-19	1.5	1.91	6.5	9.18	S3
Pu-20	1.5	1.96	10.7	14.67	S2
Pu-21	1.3	1.89	12.7	5.59	S3
Pu-22	1.7	1.82	8.1	16.36	S2

D'après les résultats obtenus des essais Proctor modifié et CBR mentionnés dans le tableau ci-dessus, on retient que les valeurs de densité sèche maximales de 1.97 t/m³ et la valeur de la teneur en eau optimale est 14.5 %. Pour l'essai CBR après immersion de 4 jours, on remarque que les indices CBR au niveau du puits de reconnaissance de (PU2) à (PU6) est

varié de 2.13 à 15.14, c'est pourquoi nous avons pris la valeur minimale pour cette tronçon ICBR=2.13. le sol est de très mauvaise Portance . (Voir annexe A, tableau A.10) .

Et pour le tronçon 2 de (PU6) à (PU22), on remarque que les indices CBR est varié de 4.26 à 18.03, c'est pourquoi nous avons pris la valeur minimale pour cette tronçon ICBR=9. (Nous avons considéré les nombres inférieurs à 9 comme des valeurs aberrantes) donc le sol est de mauvaise portance. (Voir annexe A, tableau A.10) .

3.4 Conclusion :

Après avoir analysé et interprété les résultats des différents essais effectués sur les puits de reconnaissances Pu-02 jusqu'à Pu-22, on conclure :

- Les sols rencontrés le long du tronçon étudié tombent dans les classes A et B selon la classification GTR, comme étant des sols fins et des sols sableux et graveleux avec fins.
- Les sols de classe A sont classés dans les sous classes : A1,A2 et A3. comme étant des limons, argile et marne de faible plasticité, ou bien argile très plastique.
- Les sols de classe B sont classés dans les sous classe B4, B5 et B6. comme étant des sables et graves très silteux, argileux à très argileux.

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

4.1 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 et des fondations constituent 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.

Au cours de ce chapitre, le dimensionnement du corps de chaussée du tronçon routier étudié utilisant les trois méthodes, CTTP et CBR et Setra.

4.2. Dimensionnement de corps de chaussée :

On présente les données de projet dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4. 1 : Données de projet

Données	Les valeurs
Trafic journalier à l'année comptage (2012)	TJMA 2012=11202v/j/2senss = 5701 v/j/sens
Le taux d'accroissement annuel du trafic	4%
Le pourcentage de poids lourds	35%
La durée de vie	20 ans
Indice CBR de tronçon 1	2.13
Indice CBR de tronçon 2	9

Dans ce chapitre on utilise 3 méthodes pour le dimensionnement qui sont : la méthode CTTP et CBR et Setra.

4.2.1. Méthode de catalogue de dimensionnement de la chaussée neuve (CTTP) :

1. Le trafic :

➤ Détermination de la classe du trafic TPL_i :

$$TPL_i2021 = TJMA2012 \times 0.9 \times pl \times (1 + i)^n \quad (4.1)$$

Avec :

i : taux d'accroissement géométrique égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement.

pl (%) : Le pourcentage des poids lourds.

TJMA 2012 : trafic journalier par sens à l'année comptage.

0.9 : Répartition transversale du trafic (90% du Pl sur la voie lente de droite).

Application au projet :

$$TPL_i2021 = 5701 \times 0.35 \times (1 + 0.04)^9 \times 0.9$$

$$TPL_i2021 = 2556 \text{ PL/j/sens}$$

D'après le catalogue de dimensionnement de chaussée neuve, notre trafic est de classe TPL_6

1500 < 2556 < 3000



Classe TPL_6

➤ **Détermination de trafic cumulé de pl :**

(TC_i) Le (TC_i) est le trafic cumulé de poids lourd (PL) sur une période considérée pour le dimensionnement (durée de vie).

Il est donné par la formulation suivante :

$$Tc_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (4.2)$$

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Application au projet

Pour une période de dimensionnement égale à 20 ans, le trafic cumulé est donné comme suit :

$$T_{ci} = 2556 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04}$$
$$T_{ci} = 27.78 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

➤ Détermination de trafic cumulé équivalent TCEi :

Ce paramètre représente le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement. Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée de l'ouvrage. Le trafic cumulé équivalent met en évidence l'agressivité des poids lourds par le biais d'un noté A. Il est donné par la formule suivant :

$$TCEi = T_{ci} \times A \quad (4.3)$$

Les valeurs de A donné par le catalogue de CTTP, sont donné dans le tableau qui suit :

Tableau 4. 2: valeur de coefficient d'agressivité A

Niveau de réseau principal	Type des matériaux et structure	Valeur de A
RP1	Chaussée a matériaux traités au bitume BB/BB ; BB/TUF	0.6
	Chaussée à matériaux traité au liant hydraulique GL/GL	1

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Application au projet

Etant donné que le tronçon routier considéré dans notre projet tombe dans des niveaux de réseau principale (RP1), avec un type de matériau choisi pour la réalisation de la chaussée comme étant un matériau traité au bitume, la valeur adoptée au coefficient d'agressivité A est de 0.6 comme indiquée dans le tableau ci-dessus.

Donc pour un coefficient d'agressivité égale à : A=0.6 le trafic cumulé équivalente est calculé comme suit :

$$TCEi = TCi2041 \times A = 27.781160 \times 10^6 \times 0.6 \quad (4.4)$$

$$TCEi = 16.67 \times 10^6 \text{ essieu } 13t / \text{durée vie}$$

➤ **Détermination de la structure type du corps de chaussée par niveau de réseau principal :**

Le choix de la structure type est en fonction du niveau de réseau principal RP1 ou RP2. Le choix des structures types sont mentionnées dans le tableau donné par le catalogue CTPP danssuivant :

Tableau 4. 3: Structure disponible dans le catalogue

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, Bcg/GC
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Le réseau principal est de niveau 1 (RP1), donc d'après les structures disponibles dans le catalogue du CTTTP, on choisit la structure de type : GB/ GB selon la nature des matériaux disponible.

➤ **Détermination de la portance du sol support de chaussée :**

La structure de la chaussée est construite sur un sol support, donc la détermination de sa portance est nécessaire. Cette portance est en fonction de l'indice CBR, Elle est répertoriée dans le tableau suivant :

Tableau 4. 4: classes de portance des sols

Portance (Si)	CBR	Interprétation
S4	<5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	>40	Très bonne portance

La valeur obtenue de l'indice CBR de tronçon 1 est égale à 2.13 Cette valeur est inférieure à 5 donc on a classé le sol comme étant un sol de Très mauvaise portance.

Et pour le tronçon 2, l'indice CBR est égale à 9 Cette valeur est entre 5-10 donc on a classé le sol comme étant un sol de Mauvaise portance.

$$E(MPA)=5 \times ICBR \quad (4.5)$$

Tableau 4. 5: Classes de portance des sols supports

Classe de sols-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	> 200

Application au projet :

- **Pour de tronçon 1 :**

$$E(\text{MPa}) = 2.13 \times 5 = 10.65 \text{ MPa}$$

Notre sol ne tombe pas dans aucune classe donc est de S4 ,

Pour de tronçon 2 :

$$E(\text{MPa}) = 9 \times 5 = 45 \text{ MPa}$$

Notre sol tombe dans la **classe S3**, car le module de déformation est inférieur à 25 à 50 MPa

Donc notre sol est de faible portance (< S4 et S3 en RP 1) le recours d'une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

Tableau 4. 6: Classe de sol en fonction de portance de sol

Classe portance du sol terrassé (S _i)	Matériaux de CF	Épaisseur de CF	Classe Portance du sol support visée (S _j)
< S ₄	Matériau non traité	50cm (en 2c)	S ₃
S ₄	Matériau non traité	35cm	S ₃
S ₄	Matériau non traité	60cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau non traité	40cm (en 2c)	S ₂
S ₃	Matériau non traité	70cm (en 2c)	S ₂

On doit ajout une couche de forme de 60cm (en 2 couches) en matériau non traité pour le tronçon 1 et une couche de forme de 40cm (en 2 couches) en matériau non traité pour tronçon 2

2. La zone climatique :

La région de Djelfa est située dans le Hauts Plateaux de l'Algérie avec une pluviométrie de 290.1 mm/an, d'après le tableau suivant donnant la classe des zones climatiques région d'étude appartient à : la Zone climatique **III**.

Tableau 4. 7 : zone climatique de pluviométrie

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

3. La température équivalente :

Les valeurs de la température équivalente en fonction des zones climatiques données par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves sont reportées dans (Tableau 4.8)

Tableau 4. 8: Choix des températures équivalents

Températures équivalentes (Θéd) en (C °)	Zones climatiques		
	I/II	III	IV
	20	25	30

Etant donné que notre zone d'étude appartient à la zone climatique III, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves lui profère une température équivalente de l'ordre de $T_{eq} = 25^{\circ}c$.

4. La durée de vie :

La durée de vie est choisie selon le réseau principal et le type de matériaux constituant la structure de chaussée. Le tableau ci-après représente les durées de vie des différentes structuresde chaussées :

Tableau 4. 9: durée de vie adoptée

Niveau de réseau principal (RP)	Matériaux types	Structures	Duré de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traité au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AB	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, Bcg/GC	20
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT ,TUF/TUF , AG/AG ;SG/SG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Les matériaux choisis dans notre cas sont du type GB/ GB préférant une durée de vie par référence au tableau ci-dessus de 20 ans .

5. Risque de calcul :

Dans le tableau qui suit, le risque de calcul en fonction des classes de trafic et le type de structures adoptées

Tableau 4. 10: risques adoptés pour réseau RP1

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

Avec une classe de trafic de TPL6, un réseau principal RP1, et une structure de type GB/GB,risque de calcul donné est égale à $R= 5\%$.

6. Structure finale :

D'après les minimums et les maximums des épaisseurs des différentes couches constituant la chaussée proposée par le catalogue Algérien de dimensionnement de chaussée (fascicule 3).

BB : min 6cm, max 8cm ;

GB : min 10cm, max 15cm ;

La structure finale proposée Pour de tronçon 1 est la suivante :

8 BB
12 GB
13 GB
60 TUF

Donc la structure obtenue est composée de :

- Couche de roulement en BB de 6cm ;
- Couche en GB de 15 cm ;
- Couche en GB de 13 cm
- Couche de forme de 60 cm (en deux couches de TUF) ;

La structure finale proposée de tronçon de 2 est la suivante :

8 BB
12 GB
13 GB
40 TUF

Donc la structure obtenue est composée de :

- Couche de roulement en BB de 8cm ;
- Couche en GB de 12 cm ;
- Couche en GB de 13 cm
- Couche de forme de 40 cm (en deux couches de TUF) ;

4.2.2. La Méthode de dimensionnement « CBR » :

L'épaisseur équivalente du corps de chaussée est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (4.6)$$

Avec :

e : épaisseur équivalente

I_{CBR} : indice CBR (sol support)

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

Log : logarithme décimale

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

Pour déterminer l'épaisseur équivalente on va suivre les étapes suivantes :

1. Le trafic de l'année de mise en service 2021 est donné par la formule ci-contre :

$$TJMA_{2021} = TJMA_{2012} \times (1 + i)^n \quad (4.7)$$

Avec :

TJMA₂₀₂₁ : trafic journalier de l'année de mise en service.

i: taux d'accroissement géométrique égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement.

n: la différence entre l'année de mise en service 2021 et l'année 2012

Application au projet :

$$TJMA_{2021} = 5701 \times (1 + 0.04)^9$$

Donc : $TJMA_{2021} = 8114.30$ v/j/sens .

2. Le trafic à l'année horizon c'est à dire à 20ème année d'exploitation avec n=20ans et i=4 % est donnée par la formule suivante :

$$TJMA_{2041} = TJMA_{2021} \times (1 + i)^n \quad (4.8)$$

Application au projet :

$$TJMA_{2041} = 8114.30 \times (1 + 0.04)^{20}$$

Donc : $TJMA_{2041} = 17778.77$ v/j/sens

3. Le trafic du poids lourds par jour par sens à année horizon est calculé par la formule suivante :

$$N = TJMA_{2041} \times PL\% \quad (4.9)$$

Avec :

TJMA : trafics prévus pour une durée de vie de 20ans

N : année de prévision

PL % : Pourcentage des poids lourd.

Application au projet :

$$N = 17778.77 \times 0.35$$

$$\text{Donc : } N = 6222.57 \text{ PL/j/sens}$$

Alors l'épaisseur équivalente de tronçon de 1 est égale à :

$$Eeq = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times (75 + 50 \times \log(\frac{6222.57}{10}))}{5 + 2.13}$$

$$Eeq = 90.79 \text{ cm} \approx 91 \text{ cm}$$

Alors l'épaisseur équivalente de tronçon 2 est égale à :

$$Eeq = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times (75 + 50 \times \log(\frac{6222.57}{10}))}{5 + 9}$$

$$Eeq = 55.34 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

Remarque :

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 à 8cm

GB = 10 à 15cm

Les résultats obtenus par la méthode CBR sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 4. 11: Représentation des résultats obtenus

Tronçon	TjMA2041 (v/j/sens)	N (PL/j/sens)	Eeq (cm)
1	17778.77	6222.57	91
2	17778.77	6222.57	55

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Puisque notre structure de chaussée est composée de plusieurs matériaux de nature différentes, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau en utilisant la formule ci-après :

$$E_{\text{totale}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 \quad (4.10)$$

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau 1.4 (voir chapitre I).

On va utiliser les matériaux suivants dans le corps de chaussée :

- Couche de roulement (béton bitumineux) avec : $a_1 = 2$
- Couche de base (Grave bitume) avec : $a_2 = a_3 = 1.5$
- Couche de TUF avec : $a_4 = 0.75$

Tableau 4. 12: Représente la construction de la chaussée.

Nom de la couche	Epaisseur de la couche	Coefficients d'équivalences des matériaux
Roulement BB	8	2
GB	12	1.5
GB	13	1.5
TUF	e_4	0.75

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e_4 = \frac{E_{\text{éq}} - (e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2)}{a_3}$$

Pour le tronçon 1 :

$$e_4 = \frac{91 - (8 \times 2 + 1.5 \times 12 + 1.5 \times 13)}{0.75}$$

$$e_4 = 50 \text{ cm}$$

Les résultats des épaisseurs équivalentes et les épaisseurs réelles calculées de la structure sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 4. 13: Tableau représente les épaisseurs calculées

Couches	é réelles (cm)	Ai	Eéq(cm)
BB	8	2	16
GB	12	1.5	18
GB	13	1.5	19.5
TUF	50	0.75	37.5
Total	58		91

4. Structure finale pour le tronçon 1 :

La structure finale simulée à partir de la méthode de dimensionnement CBR pour le tronçon 1 est comme suit :

8 BB
12 GB
13 GB
50 TUF

- Couche de roulement en BB de 8cm ;
- Couche de base en GB de 12cm ;
- Couche de GB de 13 cm ;
- Couche de forme de 50 cm (en 2 couches de TUF);

Pour le tronçon 2 :

$$e_3 = \frac{55 - (8 \times 2 + 1.5 \times 12)}{1.5}$$

$$e_3 = 14 \text{ cm}$$

Les résultats des épaisseurs équivalentes et les épaisseurs réelles calculées de la structure sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 4. 14 : Tableau représente les épaisseurs calculées

Couches	eréelles (cm)	Ai	Eéq(cm)
BB	8	2	16
GB	12	1.5	18
GB	14	1.5	21
Total	34		55

5. Structure finale pour le tronçon 2 :

La structure finale simulée à partir de la méthode de dimensionnement CBR pour le tronçon 2 est comme suit :

8 BB
12 GB
14 GB

- Couche de roulement en BB de 8cm ;
- Couche de GB de 12 cm ;
- Couche de GB de 14cm ;

4.2.3. Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA» :

1. Détermination de la catégorie de la voie :

On a une voie du réseau non structurant VRNS (durée de dimensionnement 20 ans)

2. Détermination de la classe de trafic :

Pour déterminer la classe de trafic on doit calculer le nombre de poids lourds cumulé sur la voie la plus chargée de la chaussée pendant la durée de dimensionnement :

3. Détermination de la classe du trafic TPLi :

$$TPLi_{2021} = TJMA_{2012} \times 0.9 \times pl \times (1 + i)^n \quad (4.11)$$

Avec :

i : taux d'accroissement géométrique égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement.

pl (%) : Le pourcentage des poids lourds.

TJMA 2021 : trafic journalier de l'année de la mise en service.

0.9 : Répartition transversale du trafic (90% du PI sur la voie lente de droite).

Application au projet :

$$TPLi_{2021} = 5701 \times 0.35 \times (1 + 0.04)^9 \times 0.9$$

$$TPLi_{2021} = 2556 \text{ PL/j/sens}$$

4. Détermination de trafic cumulé de pl :

(TCi) Le (TCi) est le trafic cumulé de poids lourd (PL) sur une période considérée pour le dimensionnement (durée de vie).

Il est donné par la formulation suivante :

$$T_{ci} = 365 \times TPLi_{2021} \times \left[d + t \times d \times \frac{(d - 1)}{2} \right] \quad (4.12)$$

Application au projet

Pour une période de dimensionnement égale à 20 ans, le trafic cumulé est donné comme suit :

$$T_{ci} = 365 \times 2556 \times \left[20 + 0.04 \times 20 \times \frac{(20 - 1)}{2} \right]$$

$$T_{ci} = 25749144 \text{ pl}$$

Pour les VRNS ce nombre de poids lourds cumulés correspond à la classe TC7₂₀

5. Détermination de trafic cumulé équivalent TCEi :

Ce paramètre représente le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement. Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée de l'ouvrage. Le trafic cumulé équivalente met en évidence l'agressivité des poids lourds par le biais d'un noté A. Il est donné par la formule suivant :

$$\mathbf{TCEi = TCi \times A} \quad (4.13)$$

Les valeurs de A donné par le catalogue sont données dans le tableau qui suit :

Tableau 4. 15: valeur de coefficient d'agressivité A

Type de structure	Catégorie de voie	
	VRS	VRNS
Bitumineuse épaisse	0.8	0.5
GNT /GNT	1	1
Mixtes	1.2	0.8
Semi-rigides et béton	1.3	0.8

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Application au projet

Etant donné que le tronçon routier considéré dans notre projet tombe dans des niveaux de réseau principale (VRNS), avec un type de matériau choisi pour la réalisation de la chaussée comme étant un matériau traité au bitume, la valeur adoptée au coefficient d'agressivité A est de 0.5 comme indiquée dans le tableau ci-dessus.

Donc pour un coefficient d'agressivité égale à : $A=0.5$

Le trafic cumulé équivalente est calculé comme suit :

$$\text{TCEi} = \text{TCI}_{2041} \times A = 25749144 \times 0.5 \quad (4.14)$$

$$\text{TCEi} = 12874572 \text{ essieu } 13\text{t/ durée vie}$$

6. Classement des plates-formes pour le dimensionnement des structures de chaussée:

Le sol support est un matériau appartenant à la classe A et la sous-classe (A2m) sont définis comme étant des sols ne posant pas de problème de réutilisation en couche de remblai, sauf par pluie forte ou moyenne.

Le fascicule I du GTR (tableau IX) permet de définir le cas de PST n°3 et l'arase est AR1. On envisage l'utilisation en l'état d'une grave propre de bonne résistance mécanique D21. L'épaisseur de couche de forme préconisée (fascicule II du GTR, annexe 3, page 67 ou tableau 2 de la partie 3 du fascicule Annexes) est de 35 cm (sans intercalation d'un géotextile) et conduit à une classe de plate-forme PF3.

7. Choix du type de structure :

On envisage deux possibilités :

- une structure bitumineuse épaisse du type GB3/GB3 avec une grave-bitume de classe 3 et de granularité 0/20,
- une structure à assise traitée au liant hydraulique du type GC/GC avec une grave-ciment de classe 3 et de granularité 0/20.

En se reportant aux fiches correspondantes, pour un couple $TC_{7_{20}}$ /PF3 sur une VNRS, les structures nominales au bord droit de la voie la plus chargés sont les suivantes :

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

8. Structure finale :

8 BB
12 GB
13 GB
35 GNT

- Couche de roulement en BB de 8 cm ;
- Couche de base en GB3 de 12 cm ;
- Couche de fondation en GB3 de 13cm ;
- Couche de forme de 35 cm (en 2 couches de GNT);

4.3. Modélisation des structures type et calcul des déformations :

La modélisation des structures types et le calcul des déformations est faite par le logiciel ALIZE III, Il faut vérifier que ϵz et ϵt calculées à l'aide du logiciel sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées $\epsilon z, adm$ et $\epsilon t, ad$.

4.3.1. Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon t, adm$ pour les matériaux traités au bitume :

D'après le catalogue CTTTP, le calcul de déformation admissible de traction est donné par la formule suivante :

$$\epsilon t, adm = \epsilon 6 (10^{\circ}C, 25 \text{ HZ}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c \quad (4.15)$$

Avec :

$\epsilon 6 (10^{\circ}c, 25\text{HZ})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à $10^{\circ}C$ et 25Hz (essai de fatigue) .

K_{θ} : facteur lie à la température.

K_{ne} : facteur lie au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.

K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.

K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée. Tels que :

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

$$\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$$

$$\triangleright k_c = 1.3$$

$$k_{ne} = \left(\frac{10^6}{T_{cei}}\right)^b = \left(\frac{10^6}{27.78 \times 10^6}\right)^{-0.146} \quad (4.16)$$

$$\triangleright k_{ne} = 1.625$$

$$k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{5500}} \quad (4.17)$$

$$\triangleright k_\theta = 1.507$$

$$k_r = 10^{tb\delta} = 10^{-(-1.645 \times 0.146 \times 0.609)} \quad (4.18)$$

$$\triangleright k_r = 0.714$$

Les valeurs de t en fonction du risque r% sont représentées dans le tableau ci-contre :

Tableau 4. 16 : valeur de t=f(r%)

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

Le risque de calcul R= 5% donc d'après le catalogue de dimensionnement on a t=-1.645.

ET:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}SH\right)^2} = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} \Rightarrow \delta = 0.609 \text{ cm}^2 \quad (4.19)$$

Les performances du matériau bitumineux GB sont données dans le tableau suivant :

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

Tableau 4. 17: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Matériau	E (25°,10Hz) (MPa)	E (10°,10Hz) (MPa)	E (10°,25Hz) (MPa)	-1/b	SN	Sh (cm)	Kc
Grave bitume (GB)	5500	12500	100	6.84	0.45	3	1.3

donc : $\epsilon_{t,ad}=231 \times 10^{-6}$

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

4.3.2. calcul de la déformation admissible sur le sol support ($\varepsilon_{z,adm}$) :

D'après le catalogue de dimensionnement, la déformation admissible est donnée par la formule suivante :

$$\varepsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (27.78 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\text{Donc : } \varepsilon_{z, adm} = 391.9 \times 10^{-6}$$

4.3.3. Modélisation des structures types sur le logiciel ALIZE III :

1. Présentation de logiciel ALIZE III :

C'est un logiciel de dimensionnement et d'expertise du comportement mécanique des chaussées, développé par laboratoire centrale des ponts et chaussée (LCPC), il est basé sur la méthode rationnelle. Ces domaines d'application couvrent les chaussées routières, les plates-formes logistiques, et les chaussées aéronautiques.

2. Méthode de catalogue CTTTP :

Dans un premier lieu on insère les données de la structure de chaussée qui sont : (TJMA, taux d'accroissement, la durée de vie ou pourcentage du poids lourd et enfin les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la structure).

Les données insérer dans le logiciel dans notre cas d'études ont regroupés le tableau suivant:

Tableau 4. 18: données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode CTTTP).

MJA (Pl/j/sens)	Taux d'accroissement (%)	Durée de vie (années)
2556	4	20

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

a) Les étapes de calcul pour les tronçons 1 et 2 :

- **Etape 1** : faire rentrer les différentes épaisseurs de la structure ainsi que les modules et les coefficients de Poissons de chaque couche et les conditions d'interfaces. (figure 4.1).

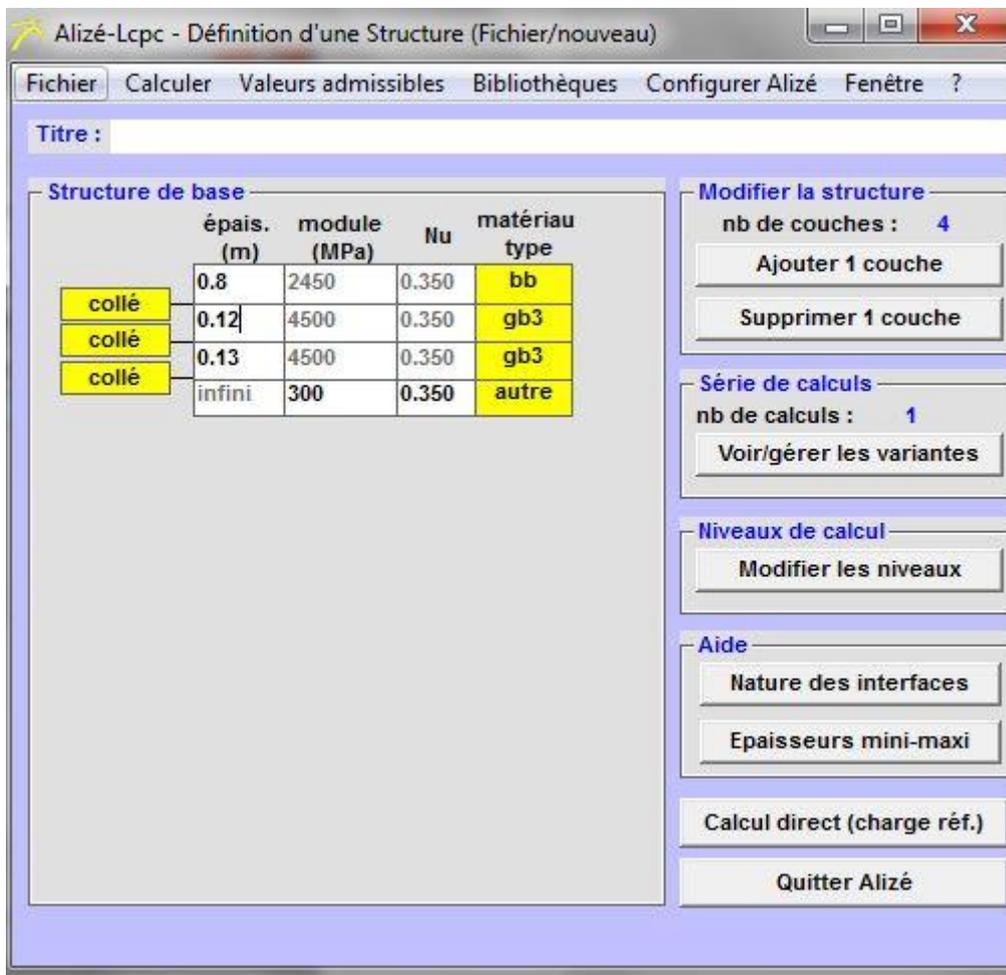


Figure 4. 1 : épaisseurs des couches de la structure de chaussée (LCPC) .

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 2** : faire rentrer les différentes données de la structure (MJA, durée de vie, taux d'accroissement) afin de déterminer les déformations à la base de la couche de base (GB), ainsi qu'au niveau du sol support (figures 4.2).

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	2556
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5.15
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	2.7781E+7

[Cocher au plus 3 cases](#)

Aide

- CAM : Guide lcpc-sétra 94
- CAM : Catalogue 1998
- Risques : Guide lcpc-sétra 94
- Risques : Catalogue 1998
- Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : **gnt et sol**

coefficient CAM : 0.6

trafic cumulé NE : 1.6669E+7

Coefficient A : 12000

pente b : -0.222

[Calculer Epsiz admissible](#)

[Calcul inverse NE = f\(Epsiz\)](#)

[Bibliothèque des matériaux](#) [Imprimer](#) [Enregistrer](#)

EpsilonZ admissible =

Mémo ...

- 1-EpsiT= 73.0
- 2-EpsiT= 72.3
- 3-EpsiT= 72.3
- 4-Epsiz= 299.2**

effacer=dbl click

[Fermer](#)

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"

Figure 4. 2 : données de la structure déterminées par la méthode CTPP

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 3 :** on va calculer les valeurs les déformations à la base de la couche de base et au niveau du sol support (figures 4.3) .

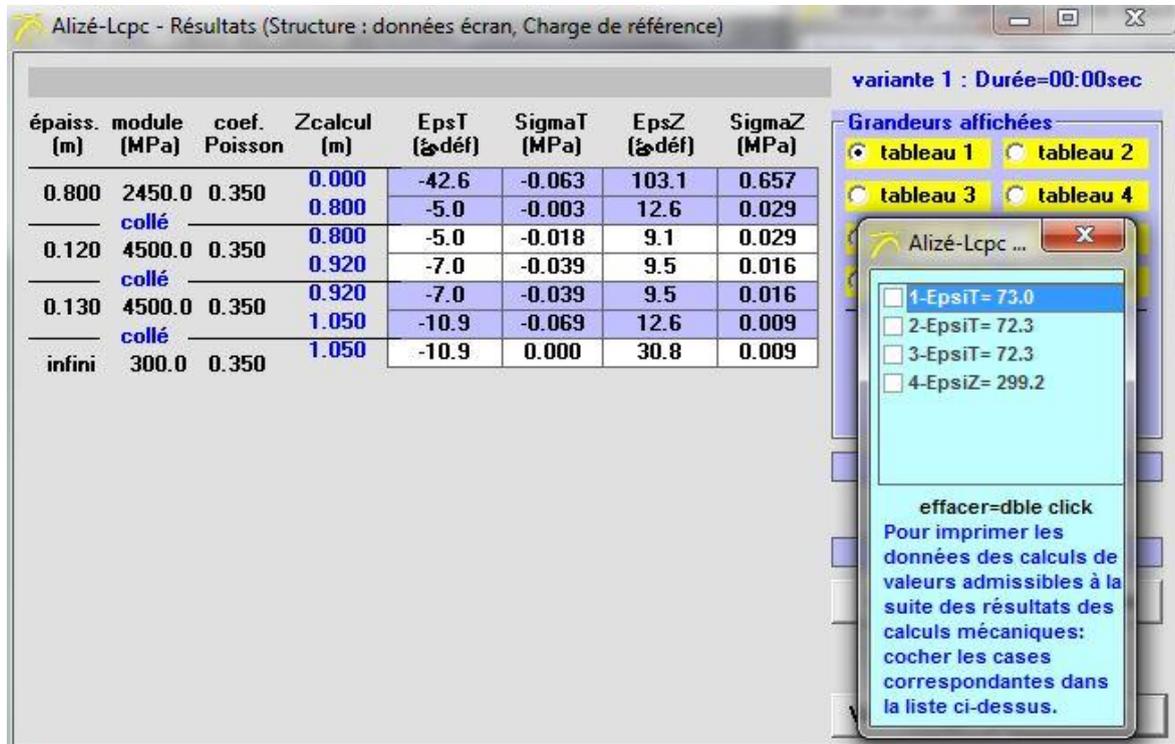


Figure 4. 3: les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode CTPP

Les résultats des déformations admissibles et calculés sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4. 19 : représentations des résultats des déformations admissibles et calculée

	ϵ_t	ϵ_z
Valeurs calculées	42.6	103.1
Valeurs admissibles	231×10^{-6}	391.9×10^{-6}

Donc :

$$\epsilon_{t,adm} = 231 \times 10^{-6} > \epsilon_t = 42.6 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 391.9 \times 10^{-6} > \epsilon_z = 103.1 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

3. Méthode CBR :

Dans cette méthode on va suivre les mêmes étapes de calcul que la méthode CTPP. Les données à insérer dans le logiciel sont mentionnées le tableau suivant :

Tableau 4. 20: données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode CBR)

MJA (PI/j/sens)	Taux d'accroissement (%)	Durée de vie(années)
6222.57	4	20

a) Les étapes de calcul pour les deux tronçon 1 :

- **Etape 1 :** faire rentrer les différentes épaisseurs de la structure ainsi que les modules et les coefficients de poissons de chaque couche et les conditions d'interfaces. (figure 4.4)

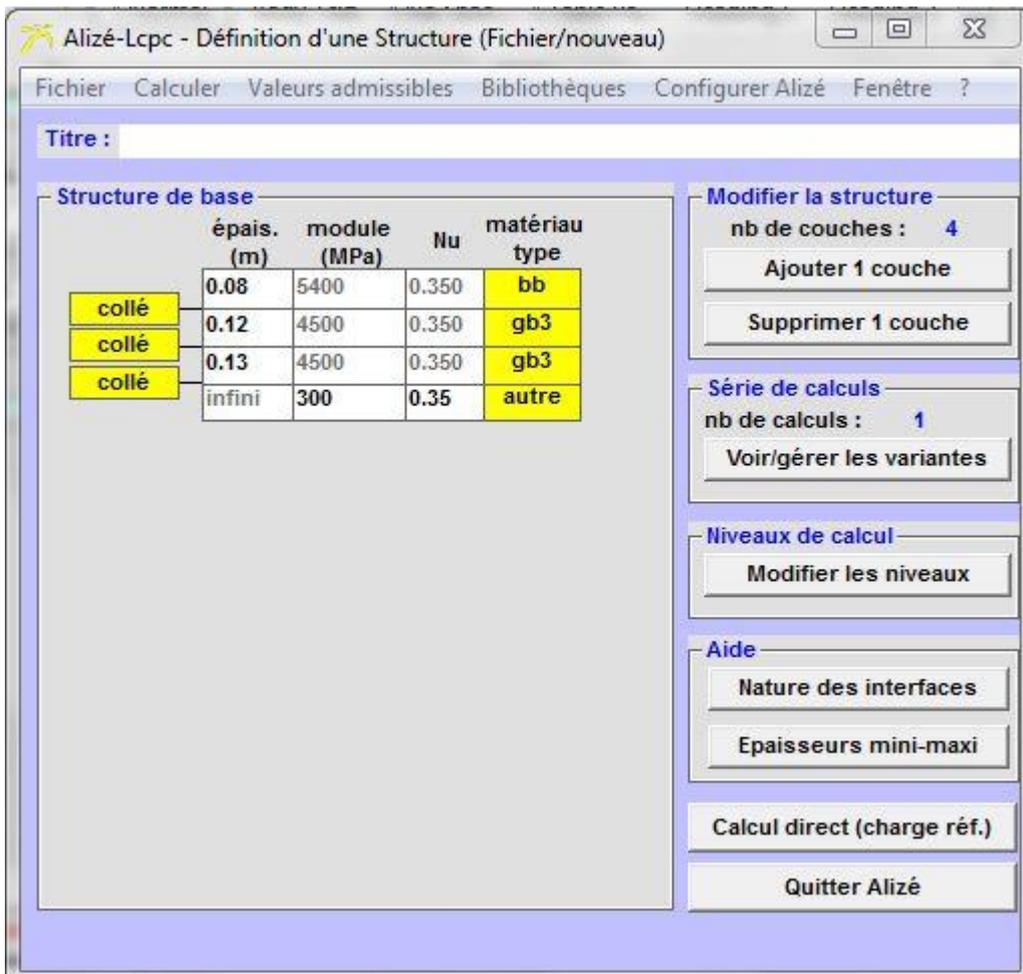


Figure 4. 4 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode CBR) pour tronçon 1.

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 2** : faire rentrer les différentes données de la structure (MJA, durée de vie, taux d'accroissement) afin de déterminer les déformations à la base de la couche de base (GB), ainsi qu'au niveau du sol support (figures 4.5) .

The screenshot shows the 'Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles' window. It is divided into several sections:

- Trafic PL cumulé : données**: A table with input fields and checkboxes.

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	6222.57
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5.15
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	6.7633E+7

Cocher au plus 3 cases
- Aide**: A list of buttons for selecting reference documents: CAM : Guide lcpc-sétra 94, CAM : Catalogue 1998, Risques : Guide lcpc-sétra 94, Risques : Catalogue 1998, Structures catalogue 98.
- Valeurs admissibles : données**: Input fields for material type, coefficient CAM, traffic cumulé NE, coefficient A, and slope b.

matériau type : **gnt et sol** (sol trafics moyen et fort)
coefficient CAM : 0.6
trafic cumulé NE : 4.0580E+7
Coefficient A : 12000
pente b : -0.222

Buttons: Calculer EpsiZ admissible, Calcul inverse NE = f(EpsiZ)
- EpsilonZ admissible = 245.5 µdéf**: A text box showing the calculated value.
- Mémo ...**: A list of values: 1-EpsiT= 61.1, 2-EpsiT= 60.5, 3-EpsiT= 60.5, 4-EpsiZ= 245.5 (highlighted).
- Buttons at the bottom**: Bibliothèque des matériaux, Imprimer, Enregistrer, effacer=dbl click, Fermer.
- Footer text**: Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"

Figure 4. 5: données de la structure déterminées par la (méthode CBR) pour tronçon 1.

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 3** : calculer les valeurs des déformations à la base de la couche de base enGB et au niveau du sol support (Figure 4.6) .

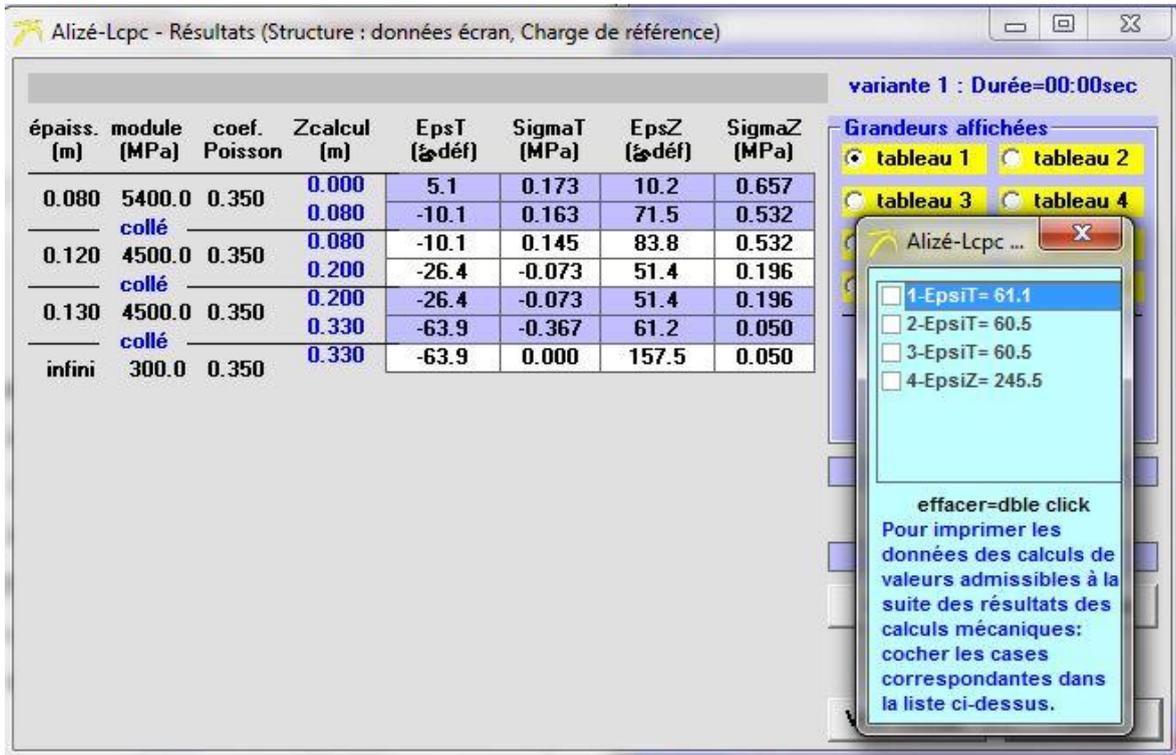


Figure 4. 6 : les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode CBR pour tronçon 1.

Les résultats des déformations admissibles et calculés sont représentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4. 21: représentations des résultats des déformations admissibles et calculées (méthode CBR)

	ϵ_t	ϵ_z
Valeurs calculées	63.9×10^{-6}	157.5×10^{-6}
Valeurs admissibles	231×10^{-6}	391.9×10^{-6}

Donc :

$$\epsilon_{t,adm} = 231 \times 10^{-6} > \epsilon_t = 63.9 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 391.9 \times 10^{-6} > \epsilon_z = 157.5 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

b) Les étapes de calcul pour le tronçon 2 :

- **Etape 1** : faire rentrer les différentes épaisseurs de la structure ainsi que les modules et les coefficients de poissons de chaque couche et les conditions d'interfaces. (figure 4.7).

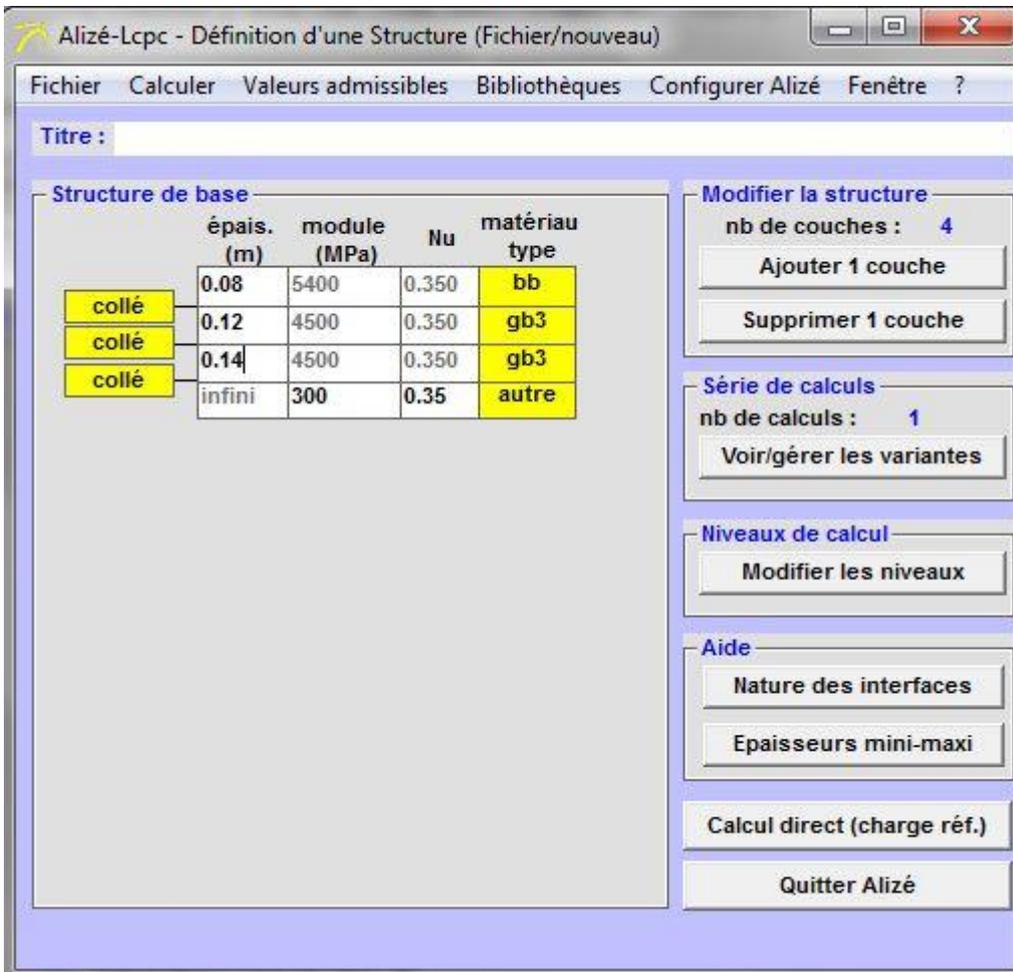


Figure 4. 7 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode CBR) pour tronçon 2.

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 2** : faire rentrer les différentes données de la structure (MJA, durée de vie, taux d'accroissement) afin de déterminer les déformations à la base de la couche de base (GB), ainsi qu'au niveau du sol support (figures 4.8) .

The screenshot shows the 'Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles' window. It is divided into several sections:

- Trafic PL cumulé : données**: A table with input fields and checkboxes.

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	6222.57
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5.15
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	6.7633E+7

Cocher au plus 3 cases
- Aide**: A list of buttons for selecting reference documents: CAM : Guide lcpc-sétra 94, CAM : Catalogue 1998, Risques : Guide lcpc-sétra 94, Risques : Catalogue 1998, Structures catalogue 98.
- Valeurs admissibles : données**: Input fields for material type, coefficient CAM, traffic cumulated NE, coefficient A, and slope b.

matériau type :	gnt et sol	(sol trafics moyen et fort)
coefficient CAM :	0.6	
trafic cumulé NE :	4.0580E+7	
Coefficient A :	12000	
penne b :	-0.222	

Buttons: Calculer EpsiZ admissible, Calcul inverse NE = f(EpsiZ)
- EpsilonZ admissible =**: 245.5 µdéf
- Mémo ...**: A list of values: 1-EpsiT= 61.1, 2-EpsiT= 60.5, 3-EpsiT= 60.5, 4-EpsiZ= 245.5 (highlighted).
- Buttons**: Bibliothèque des matériaux, Imprimer, Enregistrer, effacer=dbl click, Fermer.
- Footer**: Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"

Figure 4. 8: données de la structure déterminées par la méthode CBR pour tronçon 2.

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 3 :** on va calculer les valeurs des déformations à la base de la couche de base et au niveau du sol support (figures 4.9) .

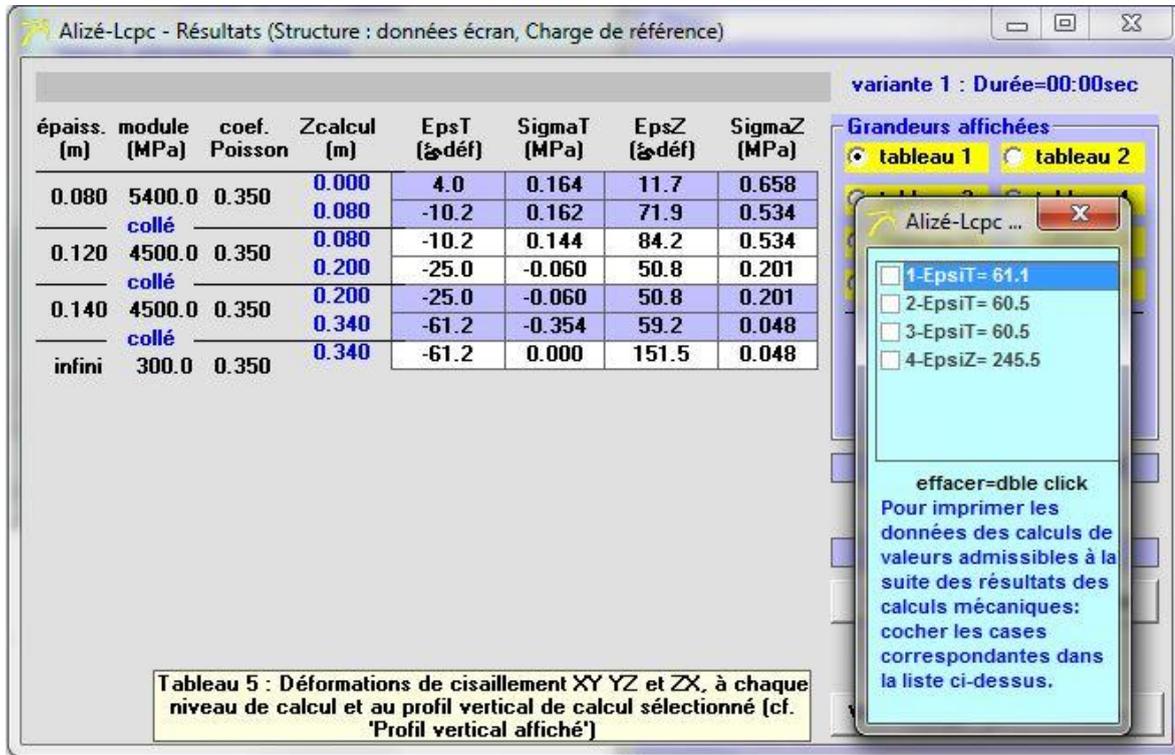


Figure 4. 9: les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel parla méthode CBR pour tronçon 2.

Les résultats des déformations admissibles et calculés sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4. 22: représentations des résultats des déformations admissibles et calculée

	ϵ_t	ϵ_z
Valeurs calculées	61.2	151.5
Valeurs admissibles	231×10^{-6}	391.9×10^{-6}

Donc :

$$\epsilon_{t,adm} = 231 \times 10^{-6} > \epsilon_t = 61.2 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 391.9 \times 10^{-6} > \epsilon_z = 151.5 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

4. Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA»:

Dans cette méthode on va suivre les mêmes étapes de calcul que la méthode CTPP et CBR.

Les données à insérer dans le logiciel sont mentionnées le tableau suivant :

Tableau 4. 23: données du projet insérées dans le logiciel ALIZE III (méthode de SETRA)

MJA (PI/j/sens)	Taux d'accroissement (%)	Durée de vie(années)
2556	4	20

a) Les étapes de calcul pour les deux tronçon 1 et 2 :

- **Etape 1 :** faire rentrer les différentes épaisseurs de la structure ainsi que les modules et les coefficients de poissons de chaque couche et les conditions d'interfaces.

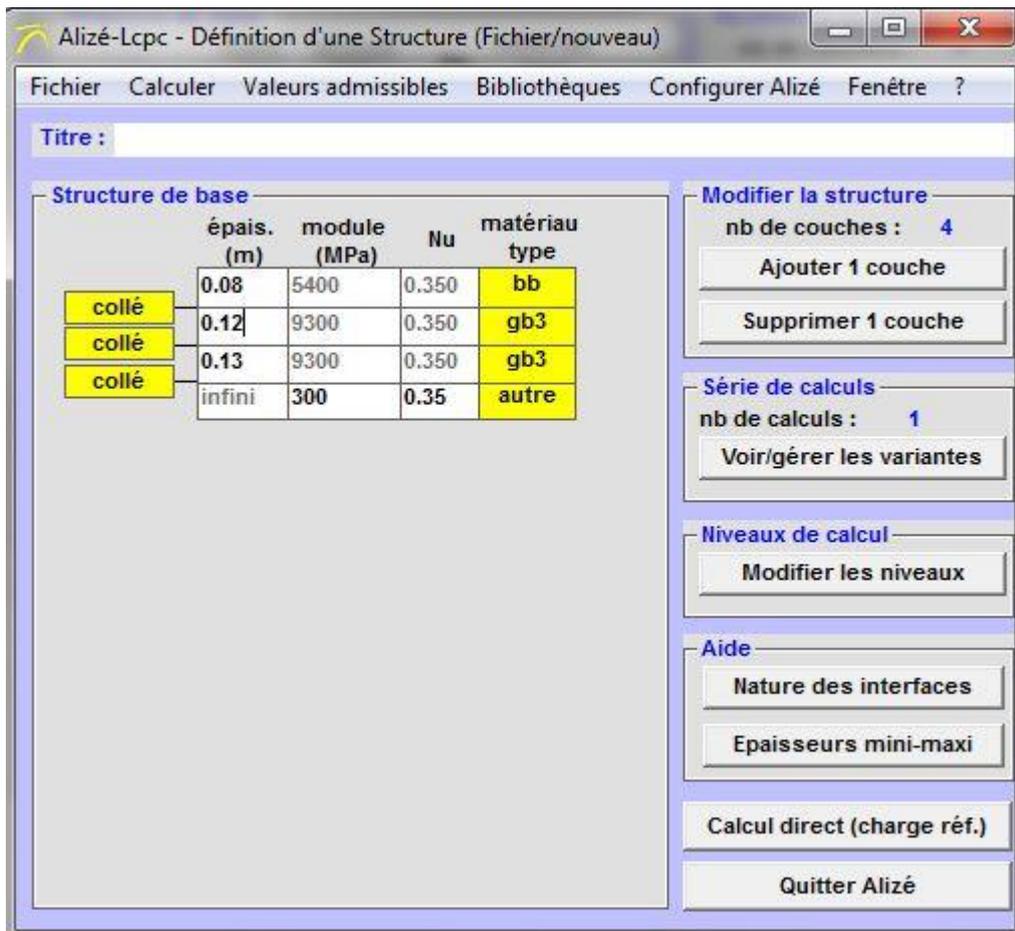


Figure 4. 10 : Epaisseurs des couches de la structure de chaussée (méthode de SETRA).

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 2** : faire rentrer les différentes données de la structure (MJA, durée de vie, taux d'accroissement) afin de déterminer les déformations à la base de la couche de base (GB), ainsi qu'au niveau du sol support (figures 4.11) .

The screenshot shows the 'Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles' window. It is divided into several sections:

- Trafic PL cumulé : données**
 - Moyenne journalière annuelle (MJA) : 2556
 - Taux accroissement géométrique (%) : 4
 - Taux accroissement arithmétique (%) : 5.15
 - Durée de service (années) : 20
 - Trafic cumulé PL : 2.7781E+7
 - Cocher au plus 3 cases
- Aide**
 - CAM : Guide lcpc-sétra 94
 - CAM : Catalogue 1998
 - Risques : Guide lcpc-sétra 94
 - Risques : Catalogue 1998
 - Structures catalogue 98
- Valeurs admissibles : données**
 - matériau type : gb3
 - coefficient CAM : 0.5
 - risque (%) : 5.0
 - trafic cumulé NE : 1.3891E+7
 - Epsilon6 (µdéf) : 90
 - 1/b : 5
 - Téta equiv. (°C) : 25°C
 - E10°10Hz (MPa) : 12300
 - Etéq10Hz (MPa) : 4500
 - Hstructurel MB (m) : 0.04
 - écart type Sh (m) : 0.010
 - écart type SN : 0.300
 - Kr (risque) : 0.787
 - Kc (calage) : 1.3
 - Ks (couche liée/pf1) : 1/1.2
- EpsilonT admissible = 75.0 µdéf**
- Mémo ...**
 - 1-EpsiT= 75.7
 - 2-EpsiT= 75.0
 - 3-EpsiT= 75.0
- Buttons: Calculer EpsiT admissible, Calcul inverse NE = f(EpsiT), Calcul inverse Risk = f(EpsiT), Bibliothèque des matériaux, Imprimer, Enregistrer, Fermer.
- Footer: Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gb3"

Figure 4. 11: données de la structure déterminées par la (méthode de SETRA).

Chapitre 4: Dimensionnement du corps de chaussée

- **Etape 3** : calculer les valeurs des déformations à la base de la couche de base en GB et au niveau du sol support (Figure 4.12).

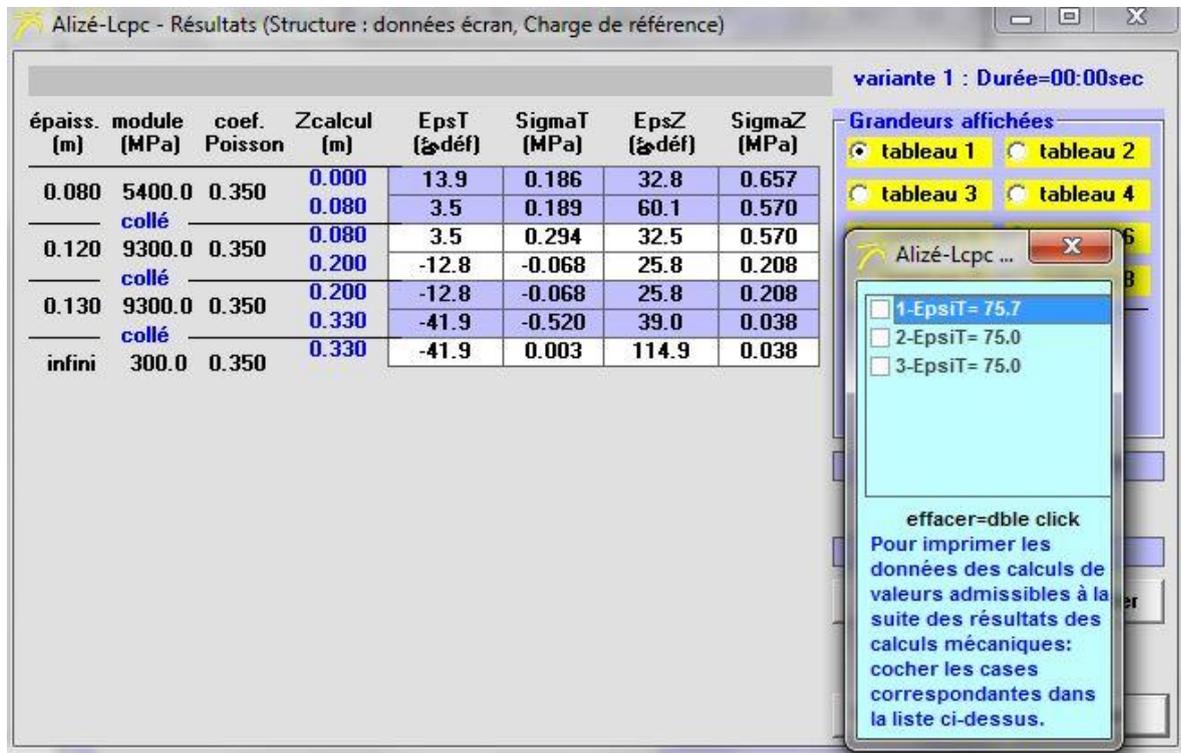


Figure 4. 12 : les valeurs de déformations déterminées à partir de logiciel par la méthode de SETRA

Les résultats des déformations admissibles et calculés sont représentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 4. 24: représentations des résultats des déformations admissibles et calculées (méthode de SETRA)

	ϵ_t	ϵ_z
Valeurs calculées	41.9×10^{-6}	114.9×10^{-6}
Valeurs admissibles	231×10^{-6}	391.9×10^{-6}

Donc :

$$\epsilon_{t,adm} = 231 \times 10^{-6} > \epsilon_t = 41.9 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 391.9 \times 10^{-6} > \epsilon_z = 114.9 \times 10^{-6} \quad \Rightarrow \quad \text{condition vérifiée}$$

CONCLUSIONS GEGENRALE

5. Conclusion :

Après avoir vérifié a l'aide de logiciel ALIZEE III , on remarque bien que la méthode de SETRA nous donne le corps de chaussée le plus rigide , donc on choisit les résultats de la méthode de SETRA.

La structure finale choisit est composée de :

8 BB
12 GB
13 GB
35 GNT

- Couche de roulement en BB de 8cm ;
- Couche de base en GB3 de 12 cm ;
- Couche de fondation en GB3 de 13cm ;
- Couche de forme de 35 cm (en 2 couches de GNT).

CONCLUSIONS GEGENRALE :

L'objectif de ce mémoire est de comparer trois méthodes de dimensionnements de la chaussée :

- La méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTP »
- La méthode CBR
- Méthode Du Catalogue Des Structures «SETRA»

Et la conception de la chaussée d'un tronçon routier de dédoublement de la RN1 de reliant la ville de Djelfa à Laghouat du (PK 294 au PK 351+500).

A partir des résultats obtenus il en ressort que :

- La zone d'étude est classée zone I, zone à sismicité faible selon le règlement parasismique Algérien.
- Les sols rencontrés le long du tronçon étudié sont de la classe A et B selon la classification GTR, comme étant des sols fins et des sols sableux et graveleux avec fins.
- Les sols de classe A sont classés dans les sous classes : A1, A2 et A3 comme étant des limons, argile et marne de faible plasticité, ou bien argile très plastique.
- Les sols de classe B sont classés dans les sous classe B4 ,B5 et B6.comme étant des sables et graves très silteux, argileux à très argileux.
- Le dimensionnement de la chaussée en utilisant les méthodes (CTTP et CBR et SETRA) et la vérification avec logiciel ALIZEE III, résulte en une structure de chaussée constituer d'une couche de roulement de 8cm en (BB), une couche de base de 12 cm en (GB) , d'une couche de fondation de 13cm en (GB) et une couche de forme de 35 cm (en 2 couches de GNT).

1. **CTTP, Organisme Nationale de Contrôle Technique des Travaux Publics -**
Catalogue algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves, fascicule 1 notice d'utilisation, Novembre 2001.
2. **CTTP, Organisme Nationale de Contrôle Technique des Travaux Publics -**
Catalogue algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves, fascicule2 hypothèse et données de dimensionnement, Novembre 2001,
3. **CTTP, Organisme Nationale de Contrôle Technique des Travaux Publics -**
Catalogue algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves, fascicule3 fiches techniques de dimensionnement, Novembre 2001.
4. **ALI BOUAFIA**, Conception et calcul des ouvrages géotechniques, 2010.
5. **SETRA, LCPC-** Guide Technique, Réalisation des Remblais et des Couche de Forme, Fascicule I : Principe Généraux, Juillet 2000, 2^{eme} Edition
6. **MERAGA Abderahmane & MEGHAOUZEL abdelkader Iheb**, Analyse et Conception du corps de chaussée et de l'infrastructure d'un viaduc , du Tronçon Routier de la liaison autoroutière 4^{ème} rocade M'sila-Bousaada (PK 16+00au PK 19+00), mémoire de master en génie civil (université Blida -1- 2020).

Références d'interprétation des essais géotechnique et de classification des matériaux (GTR)

classification des sols :

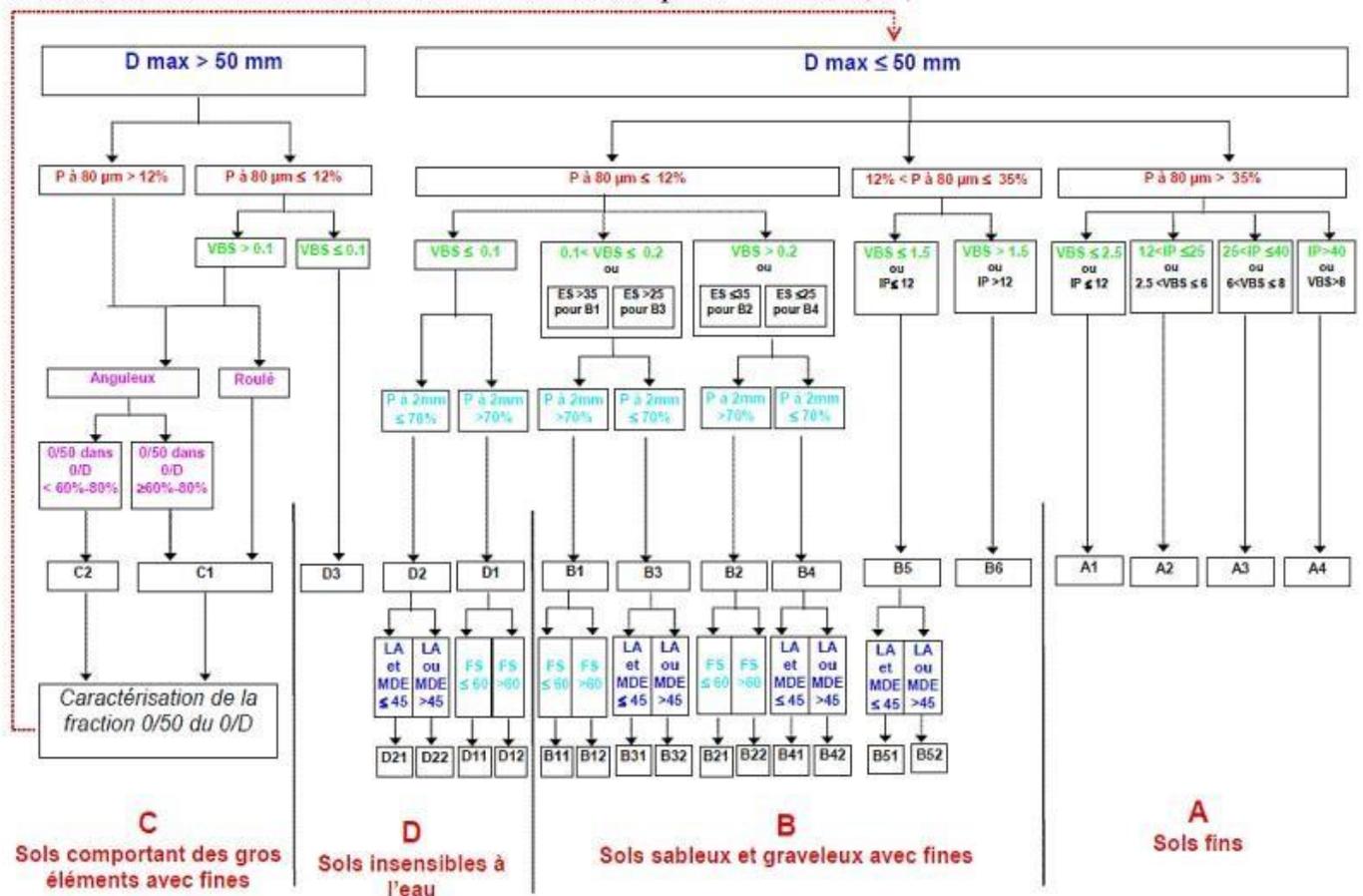


Figure A.1: La classification GTR pour les sols A, B, C et D.

Plasticité des sols :

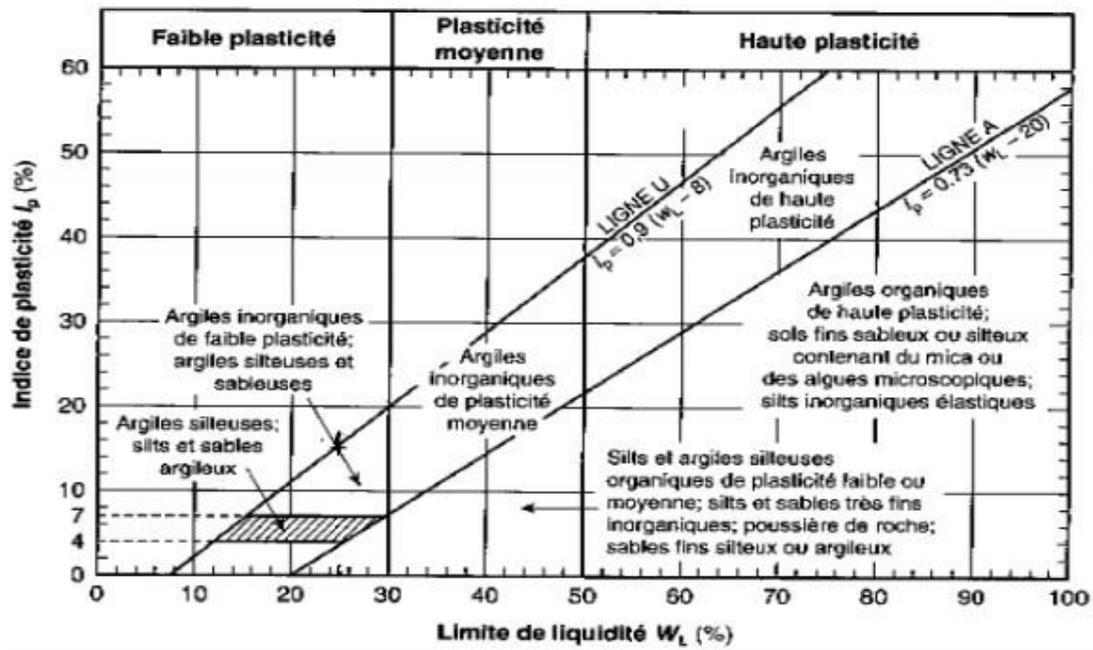


Figure A.2 : Diagramme de plasticité (d'après Casagrande 1948).

Tableau A.3 : La classification GTR pour le sol A

Classe A					Classement selon la nature		Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous-classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe		
D _{max} ≤ 50mm et tamisat à 80µm > 35 %	A	soils fins	A ₁	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w _u est proche de w _{lim} . Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'Ip.	$IP \leq 3$ ou $w_p \geq 1,25 w_{lim}$ $3 < IP \leq 8$ ou $1,10 w_{lim} \leq w_p < 1,25 w_{lim}$ $8 < IP \leq 25$ ou $0,9 w_{lim} \leq w_p < 1,10 w_{lim}$ $0,7 w_{lim} \leq w_p < 0,9 w_{lim}$ $w_p < 0,7 w_{lim}$	A ₁ h A ₁ h A ₁ m A ₁ s A ₁ ts		
			A ₂	Le caractère moyen des sols de cette sous-classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'Ip atteint des valeurs ≥ 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.	$IP \leq 2$ ou $le \leq 0,9$ ou $w_p \geq 1,3 w_{lim}$ $2 < IP \leq 5$ ou $0,9 < le \leq 1,05$ ou $1,1 w_{lim} \leq w_p < 1,3 w_{lim}$ $5 < IP \leq 15$ ou $1,05 < le \leq 1,2$ ou $0,9 w_{lim} \leq w_p < 1,1 w_{lim}$ $1,2 < le \leq 1,4$ ou $0,7 w_{lim} \leq w_p < 0,9 w_{lim}$ $le > 1,4$ ou $w_p < 0,7 w_{lim}$	A ₂ h A ₂ h A ₂ m A ₂ s A ₂ ts		
			A ₃	Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.	$IP \leq 10$ ou $le \leq 0,8$ ou $w_p \geq 1,4 w_{lim}$ $1 < IP \leq 3$ ou $0,8 < le \leq 1$ ou $1,2 w_{lim} \leq w_p < 1,4 w_{lim}$ $3 < IP \leq 10$ ou $1 < le \leq 1,15$ ou $0,9 w_{lim} \leq w_p < 1,2 w_{lim}$ $1,15 < le \leq 1,3$ ou $0,7 w_{lim} \leq w_p < 0,9 w_{lim}$ $le > 1,3$ ou $w_p < 0,7 w_{lim}$	A ₃ h A ₃ h A ₃ m A ₃ s A ₃ ts		
			A ₄	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements. Leur emploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	A ₄ h A ₄ h A ₄ m A ₄ s		

Tableau A.4 : La classification GTR pour le sol B

ANNEXES

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique		Classement selon le comportement			
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe	
D _{max} ≤ 50 mm et tamisat à 80 µm ≤ 35%	B Sols sableux et graveleux avec fines	- tamisat à 80 µm ≤ 12% - tamisat à 2 mm ≤ 70% - VBS > 0,2 ou ES ≤ 25	B ₂ Graves argileuses (peu argileuses)...	La plasticité de leurs fines rend ces sols sensibles à l'eau. Ils sont plus graveleux que les sols B ₁ et leur fraction sableuse est plus faible. Pour cette raison, ils sont en général perméables. Ils réagissent assez rapidement aux variations de l'environnement hydrique et climatique (humidification - séchage). Lorsqu'ils sont extraits dans la nappe, il est assez peu probable, en climat océanique, que leur état hydrique puisse s'améliorer jusqu'à devenir "moyen". Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE).	IP1 ≤ 7 ou w _n ≥ 1,25 w _{OPH}	B ₂ th	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₂ th	
					7 < IP1 ≤ 15 ou 1,10 w _{OPH} ≤ w _n < 1,25 w _{OPH}	B ₂ h	LA > 45 ou MDE > 45	B ₂ h	
					0,9 w _{OPH} ≤ w _n < 1,10 w _{OPH}	B ₂ m	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₂ m	
					0,6 w _{OPH} ≤ w _n < 0,9 w _{OPH}	B ₂ s	LA > 45 ou MDE > 45	B ₂ s	
					w _n < 0,6 w _{OPH}	B ₂ ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₂ ts	
							LA > 45 ou MDE > 45	B ₂ ts	
			- tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35% - VBS ≤ 1,5 ou I _p ≤ 12	B ₃ Sables et graves très silteux...	La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A ₁ . Pour la même raison qu'indiquée à propos des sols A, il y a lieu de préférer le critère VBS au critère I _p , pour l'identification des sols B ₃ . Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite de connaître leur résistance mécanique (Los Angeles, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE).	IP1 ≤ 5 ou w _n ≥ 1,25 w _{OPH}	B ₃ th	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₃ th
						5 < IP1 ≤ 12 ou 1,10 w _{OPH} ≤ w _n < 1,25 w _{OPH}	B ₃ h	LA > 45 ou MDE > 45	B ₃ h
						12 < IP1 ≤ 30 ou 0,9 w _{OPH} ≤ w _n < 1,10 w _{OPH}	B ₃ m	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₃ m
						0,6 w _{OPH} ≤ w _n < 0,9 w _{OPH}	B ₃ s	LA > 45 ou MDE > 45	B ₃ s
						w _n < 0,6 w _{OPH}	B ₃ ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B ₃ ts
								LA > 45 ou MDE > 45	B ₃ ts
		- tamisat à 80 µm compris entre 12 et 35% - VBS > 1,5 ou I _p > 12	B ₄ Sables et graves, argileux à très argileux	L'influence des fines est prépondérante : le comportement du sol se rapproche de celui du sol fin ayant même plasticité que les fines du sol avec toutefois une plus grande sensibilité à l'eau due à la présence de la fraction sableuse en plus grande quantité.	IP1 ≤ 4 ou w _n ≥ 1,3 w _{OPH} ou I _c ≤ 0,8	B ₄ th			
					4 < IP1 ≤ 10 ou 0,8 < I _c ≤ 1 ou 1,1 w _{OPH} ≤ w _n < 1,3 w _{OPH}	B ₄ h			
					10 < IP1 ≤ 25 ou 1 < I _c ≤ 1,2 ou 0,9 w _{OPH} ≤ w _n < 1,1 w _{OPH}	B ₄ m			
					0,7 w _{OPH} ≤ w _n < 0,9 w _{OPH} ou 1,2 < I _c ≤ 1,3	B ₄ s			
				w _n < 0,7 w _{OPH} ou I _c > 1,3	B ₄ ts				

Indice de CBR et Portance du sol :

Tableau A.10 : La classe de Portance du sol

Portance	CBR	Interprétation
S4	<5	Très mauvaise Portance
S3	5-10	mauvaise Portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne Portance
S0	>40	Très bonne Portance

ANNEXES

Tableau A.10

Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique et le comportement			
Nature pétrographique de la roche		Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous-classe		
Roches sédimentaires	Roches carbonatées	<p>R₁ Craie</p> <p>La craie est un empilement de particules de calcite dont les dimensions sont de l'ordre de 1 à 10µm. Cet empilement constitue une structure d'autant plus fragile que la porosité est grande (ou inversement que la densité sèche est faible). Les mesures et constatations de chantier ont montré qu'au cours des opérations de terrassement, il y a formation d'une quantité de fines en relation directe avec la fragilité de l'empilement. Lorsque la craie se trouve dans un état saturé ou proche de la saturation, l'eau contenue dans les pores se communique aux fines produites, leur conférant le comportement d'une pâte, qui s'étend rapidement à l'ensemble du matériau, empêchant la circulation des engins et générant des pressions interstitielles dans les ouvrages. Inversement, lorsque la teneur en eau est faible, la craie devient un matériau rigide, très portant mais difficile à compacter. Enfin, certaines craies peu denses et très humides, peuvent continuer à se fragmenter, après mise en œuvre, sous l'effet des contraintes mécaniques et du gel, principalement.</p>	pd > 1,7	craie dense	R ₁₁	
			1,5 < pd ≤ 1,7 et w _n ≥ 27	craie de densité moyenne	R ₁₂ h	
			1,5 < pd ≤ 1,7 et 22 ≤ w _n < 27		R ₁₂ m	
			1,5 < pd ≤ 1,7 et 18 ≤ w _n < 22		R ₁₂ s	
			1,5 < pd ≤ 1,7 et w _n < 18		R ₁₂ ts	
			pd ≤ 1,5 et w _n ≥ 31	craie peu dense	R ₁₃ th	
			pd ≤ 1,5 et 26 ≤ w _n < 31		R ₁₃ h	
			pd ≤ 1,5 et 21 ≤ w _n < 26		R ₁₃ m	
			pd ≤ 1,5 et 16 ≤ w _n < 21		R ₁₃ s	
			pd ≤ 1,5 et w _n < 16		R ₁₃ ts	
		<p>R₂</p> <p>Calcaires rocheux divers</p> <p>Ex : - calcaires grossiers - travertins - tufs et encroûtements, etc...</p>	<p>Cette classe regroupe l'ensemble de la gamme des matériaux calcaires rocheux. Leurs caractéristiques prédominantes, vis-à-vis de leur utilisation dans des remblais ou des couches de forme, sont la friabilité et éventuellement, pour les plus fragmentables d'entre eux, la gélivité. D'une manière générale, ces matériaux ne sont pas des matériaux rocheux évolutifs et ne posent pas de problèmes particuliers dans leur emploi en remblai. En couche de forme, leur friabilité peut conduire, par attrition ou désagrégation, à la formation de fines pouvant conférer à l'ensemble du matériau un comportement sensible à l'eau sous circulation des engins.</p>	MDE ≤ 45	calcaire dur	R ₂₁
				MDE > 45 et pd > 1,8	calcaire de densité moyenne	R ₂₂
				pd ≤ 1,8	calcaire fragmentable	R ₂₃