



*République algérienne Démocratique et populaire.
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique.*

Université « Abbès LAGHROUR » Khenchela.

Faculté des Sciences et de la Technologie.

Département de Génie Civil.



Spécialité: Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages d'Art

N° de série :

Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme en Master (L.M.D).

ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

Thème

Réalisé par :

- Selma Rekkab

Dirigé par :

- Dr. Mehamdia **Ali** MCB

Membres de jury :

- **Thabit Muhammed**

Grade Président

- **Masoud Baazzo**

Grade Examineur

Présenté le : 15/06/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وكان فضل الله عظيمًا
Remerciement :

Avant tout, je rends grâce à Dieu, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires afin de mener ce modeste travail à son terme. Louange à Lui pour Sa guidance et Sa bénédiction tout au long de ce parcours.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur, le Dr. Mehamdia Ali, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés, sa disponibilité et son soutien constant. Son encadrement rigoureux et ses orientations éclairées ont été d'une aide inestimable dans la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à l'ensemble des enseignants du département de Génie Civil, pour la qualité de leur enseignement, leur dévouement et les connaissances qu'ils nous ont transmises avec passion. Ils ont su semer en nous les graines du savoir, qui aujourd'hui fleurissent en accomplissement.

À travers ces lignes, je souhaite rendre hommage à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail. Que ce mémoire soit le reflet d'un chemin parcouru avec espoir, effort et ambition, tel un pont entre le rêve et la réalité.



﴿وَاخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾

DÉDICACES:

Après des années d'efforts, de patience et de persévérance, me voici aujourd'hui au seuil de la réussite, grâce à Dieu, récoltant le fruit de mon travail.

Ce mémoire est le reflet non seulement de mes efforts, mais aussi du soutien précieux de ceux qui ont marqué mon parcours.

Je le dédie avec toute ma gratitude :

À mon père, pour ses conseils, son soutien et les valeurs qu'il m'a inculquées.

À ma mère, source d'amour, de tendresse et de prières infinies.

À mes frères et sœurs, pour leur présence et leur soutien indéfectible.

À mes amis, compagnons de route, avec qui j'ai partagé de beaux moments.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Enfin, je rends grâce à Dieu pour m'avoir donné la force d'atteindre ce rêve.

RÉSUMÉ



الملخص

تهدف هذه الدراسة، الى مقارنة مختلف طرق تصميم الطرق، ولا سيما طريقة CTPP المعتمدة في الجزائر، مع طرق مرجعية أخرى مثل CBR و CE BTP و SETRA و AASHTO، بهدف تحديد الطريقة الأكثر ملاءمة للظروف المحلية.

الكلمات المفتاحية: تصميم، الطرق، الساليب، CTPP، CBR، SETRA، BTP، AASHTO.

Résumé

Cette étude vise à comparer différentes méthodes de dimensionnement des chaussées, notamment la méthode CTPP utilisée en Algérie, avec d'autres méthodes de référence telles que CBR, CEBTP, SETRA et AASHTO, afin d'identifier la méthode la plus adaptée aux conditions locales.

Mots-clés: Dimensionnement, chaussées, Méthodes, CTPP, CBR, CEBTP, SETRA, AASHTO.

Summary

This study aims to compare different pavement design methods, particularly the CTPP method used in Algeria, with other reference methods such as CBR, CEBTP, SETRA, and AASHTO, in order to identify the method that is most suitable for local conditions.

Keywords: Pavement, design, methods, CTPP, CBR, CEBTP, SETRA, AASHTO.

SOMMAIRE



Sommaire :

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableau

Liste des symbols

Introduction Générale 04

CHAPITRE I : Généralités sur les chaussées et sollicitations

I. Introduction	06
I.1. Définition et rôle de la chaussée	06
I.2. Structure et fonction des couches	06
a. Couche de forme	06
b. Couche d'assise	07
c. Couche de surface	07
I.3. Différents types de structures de chaussées	08
I.3.1. Les chaussées souples	08
I.3.2. Les chaussées semi-rigides	08
I.3.3. Les chaussées rigides	09
I.4. Les facteurs influençant le dimensionnement des chaussées	10
I.4.1. Le trafic	11
I.4.2. Le sol support (la plate-forme)	11
I.4.3. Le climat	11
I.5. Conclusion	11

CHAPITRE II : Importance du dimensionnement sur la durabilité des chaussées

SOMMAIRE

II.1. Introduction	13
II.2. Rôle de dimensionnement dans la performance à long terme	13
II.2. Relation entre dimensionnement, dégradation et maintenance	14
II.2.3. Influence du dimensionnement sur la durabilité	15
II.2.4. Principales dégradations liées à un mauvais dimensionnement	15
II.2.4.1. Fissuration de fatigue	15
II.2.4.2. Orniérage	16
II.2.4.3 Fatigue des matériaux et effet du trafic	17
II.2.5. Impact du sol support et des conditions climatiques	17
II.3. Approche moderne du dimensionnement des chaussées	18
II.4. Conclusion	18

CHAPITRE III : Évolution des Méthodes de Dimensionnement

III.1. Introduction	20
III.2. Historique sur l'évolution de Dimensionnement	20
III.3. Règles de Base de Dimensionnement	21
III.4. Les différents types de Dimensionnement	21
III.4.1. La méthode CBR	22
III.4.2. La méthode CTPP	25
III.4.3. La méthode CEBTP	29
III.4.4. La méthode SETRA	30
III.5. Méthode du catalogue des structures (Setra)	33
III.6. La méthode AASHTO	35
III.7. Synthèse des méthodes de dimensionnement	37
III.8. Conclusion	37

CHAPITRE IV : Etude de cas et Analyse comparative

IV. Introduction	40
IV.1. Présentation du projet routier	40
IV.2. Données de base pour le dimensionnement	40

SOMMAIRE

IV.2.1 Données de trafic	40
IV.2.2 Calcul de trafic cumulé	40
IV.2.3. Données géotechniques	41
IV.2.4. Données climatique	43
IV.2.5. Classification des sols support	43
IV.3. Application de chaque méthode	43
IV.4. Analyse critique des résultats de chaque méthode	47
IV.5. Comparaison les épaisseurs des couches	64
IV.7. La méthode la plus appropriée aux conditions locales en Algérie	66
Conclusion	67
Conclusion Générale	69
Bibliographie	
Annexes	

LISTE DES FIGURES



Liste Des Figures

Figure I.1 : Coupe transversale d'une chaussée.....	6
Figure I.2 : Chaussées souples.....	8
Figure I.3: Chaussées semi-rigides.....	9
Figure I.4 : Chaussées rigides.....	9
Figure II.5 : la théorie des milieux élastiques multicouches.....	14
Figure II.6 : Mécanisme de fissuration de fatigue sous charges répétées (Shell, 1978).....	17
Figure II.7 : Exemple d'orniérage observé sur une chaussée souple (SETRA, 1994)	18
Figure II. 8 : Illustration du principe de la loi en puissance quatre (AASHTO, 1993).....	19
Figure III.9 : abaque donnant l'épaisseur de la chaussée en fonction du CBR et de la charge P...	22
Figures IV.10 : structure de chaussée proposé Cas N°01	44
Figure IV.11 : structure de chaussée proposé Cas N°03 et Cas N°4.....	46
Figure IV.13 : Choix de la structure (Catalogue Setra) pour les quatre cas.....	50
Figure IV. 14 : Analyse des quatre cas de CBR.....	53
Figure IV.15 Structure des chaussées (méthode CEBTP)	58

LISTE DES TABLEAUX



liste des tableaux

Tableau III.1 : les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés	23
<i>Tableau III.2 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion</i>	<i>27</i>
<i>Tableau III.3 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol</i>	<i>27</i>
<i>Tableau III.4 : les zones climatiques en Algérie.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 5 : Classe de trafic définis par CEBTP en afrique Francophone (CEBTP , 1982).....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 6 : Les classes de portance de la plateforme (CEBTP , 1982).</i>	<i>28</i>
<i>Tableau III.7 : la classe du trafic poids lourd.....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 8 : classe de portance des sols</i>	<i>34</i>
<i>Table III.9 : L'analyse des coupes lithologiques permet de schématiser la lithologie.</i>	<i>40</i>
<i>Tableau IV.1: les épaisseurs des couches par la méthode de CEBTP.....</i>	<i>56</i>

LISTE DES SYMBOLES



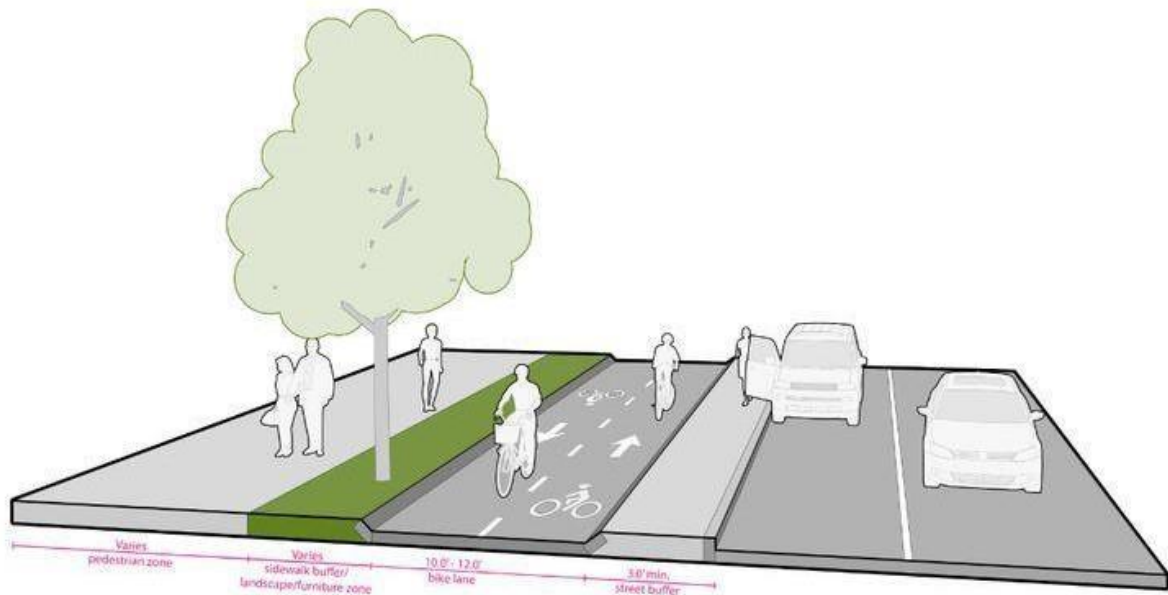
Liste des symboles

- CBR : California Bearing Ratio (%)
- TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel (véh/j)
- PL : Poids Lourds (véh/j)
- TPL : Trafic Poids Lourds (PL/j/sens)
- ESAL : Equivalent Single Axle Load (-)
- SN : Structural Number (-)
- MR : Module de résilience du sol support (MPa)
- E : Module d'élasticité (MPa)
- Es : Module d'élasticité du sol support (MPa)
- EV2 : Module obtenu à l'essai de plaque (MPa)
- dc : Déflexion caractéristique (1/100 mm)
- N : Nombre cumulé d'essieux équivalents (-)
- g : Taux d'accroissement annuel du trafic (%)
- n : Durée de vie de la chaussée (année)
- T₀ : Trafic initial (véh/j)
- T_n : Trafic à l'horizon n (véh/j)

LISTE DES ABREVIATIONS

- ϵ_t : Déformation horizontale de traction à la base des couches bitumineuses (μdef)
- ϵ_z : Déformation verticale au sommet du sol support (μdef)
- ϵ_{adm} : Déformation admissible (μdef)
- h_1 : Épaisseur de la couche de roulement (cm)
- h_2 : Épaisseur de la couche de base (cm)
- h_3 : Épaisseur de la couche de fondation (cm)
- e : Épaisseur totale de la chaussée (cm)
- a_1, a_2, a_3 : Coefficients structuraux des couches (-)
- ν : Coefficient de Poisson (-)
- $W18$: Nombre cumulé d'essieux standards de 18 kip (-)
- ZR : Coefficient de fiabilité (-)
- S_o : Écart-type global (-)
- ΔPSI : Perte de niveau de service (-)

INTRODUCTION GENERALE



Introduction générale

Le dimensionnement des chaussées est un aspect fondamental dans la conception et la construction des infrastructures routières. Une chaussée correctement dimensionnée garantit non seulement la sécurité et le confort des utilisateurs mais aussi la durabilité des routes et la maîtrise des coûts de maintenance. Dans le contexte Algérien, les conditions géotechniques, climatiques et de trafic changeant d'une région à l'autre, le choix de la méthode de dimensionnement est essentiel pour la performance de manière durable des routes.

En Algérie, la méthode CTPP a largement prévalu jusqu'alors dans le calcul des chaussées. Pourtant un certain nombre d'observations de terrain suggèrent que des routes dimensionnées avec celle-ci se dégradent rapidement, notamment en cas de trafic lourd et de conditions climatiques locales [Guemmadi et al, 2018]. Cela pose question quant aux possibilités avec le CTPP de bien prendre en compte le cas algérien, et pose la question de savoir si la méthode CTPP convient bien aux routes d'Algérie, ou s'il existe d'autres méthodes qui seraient à la fois plus performantes et mieux adaptées aux contraintes locales ?

Dans ce cadre, ce mémoire est étude comparative entre les principales méthodes de dimensionnement des chaussées existent dans la littérature : CTPP, CBR, CEBTP, SETRA et AASHTO, avec comme aimant d'étudier leurs principes, leurs atouts, leurs limites et leur applicabilité au contexte Algérien, ce qui va permettre de dégager la méthode ou la combinaison de méthodologies idoines pour une meilleure durabilité, sécurité et coût des chaussées algériennes.

Cette étude sera également orientée vers un outil d'aide à la décision dans le but d'obtenir un impact positif sur le traitement de nos routes, en assurant une meilleure qualité de nos infrastructures routières, et réduire leurs dégradations en les atteignant avec plus de précision possible.

CHAPITRE I

Généralités sur les chaussées et sollicitations



I. Introduction

Derrière le ruban d'asphalte que nous empruntons quotidiennement se cache une structure complexe, conçue pour résister à des contraintes extrêmes. Concevoir une chaussée ne se résume pas à étaler du goudron ; c'est un défi d'ingénierie qui consiste à transformer un sol naturel, souvent fragile, en une plateforme capable de supporter des milliers de tonnes chaque jour.

Ce premier chapitre a pour vocation de déshabiller la chaussée pour comprendre son squelette, son fonctionnement et les forces extérieures (trafic, climat) qui tentent sans cesse de la déformer. [Noureddine, 2020]

I.1 Définition et rôle de la chaussée

Une chaussée est un ensemble de couches de matériaux superposées, dont la fonction principale est de reporter les charges du trafic sur le sol support en les répartissant suffisamment pour ne pas dépasser la capacité de résistance de ce dernier. [Huang, 2004]

- Rôle structurel : Répartir les pressions.
- Rôle de sécurité : Offrir une surface adhérente et unie.

I.2 Structure et fonctions des couches

Constitution des structures de chaussée

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme de chaussée, constituée du sol terrassé, le plus souvent surmonté d'une couche de forme [SETRA, 1994].

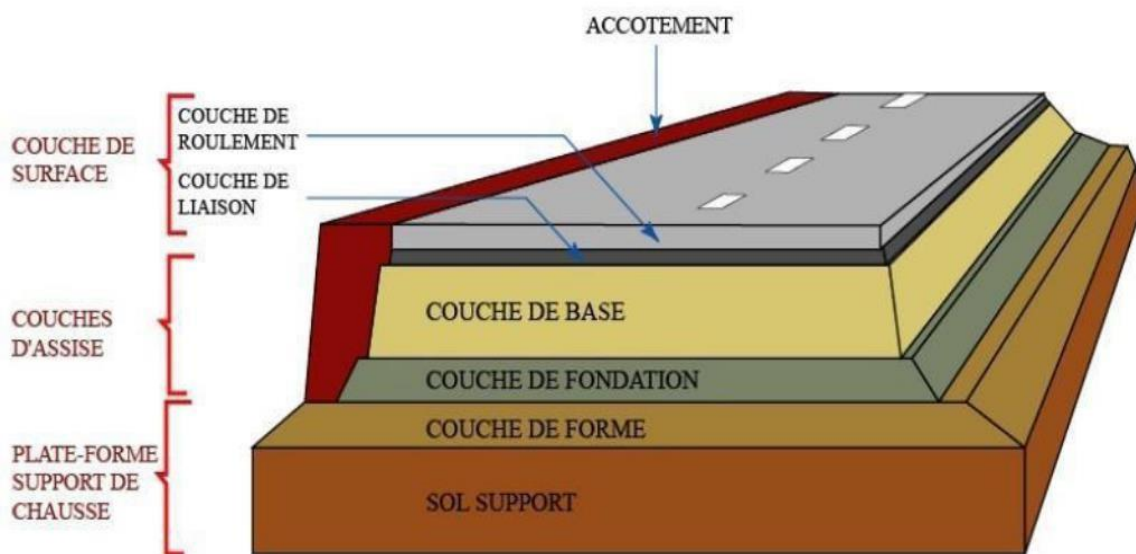


figure I.1 : Coupe transversale d'une chaussée

a) Couche de forme

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

Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm .

b) La couche d'assise

L'assise de chaussée se décompose en deux sous-couches :

- Couche de fondation : Complètement en matériaux non traités, elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic.

Elle assure une bonne unité et une bonne portance de la chaussée. Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

- Couche de base : La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux. Elle joue un rôle essentiel car elle existe dans toutes les chaussées.

Elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet du trafic ainsi qu'au lâché de sol. Elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

c) La couche de surface

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures.

Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une :

- Couche de liaison : L'apport structurel de cette couche est secondaire (sauf pour les chaussées à assise granulaire dont la couche de surface est la seule couche liée), elle est tributaire de la pérennité de la chaussée.

- Couche de roulement : C'est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. On lui demande des qualités d'usage précises à savoir : une forte adhérence, une bonne drainabilité, un bon niveau d'uni et une réduction du bruit de roulement des véhicules *. L'épaisseur de la couche de roulement (surface) est en général entre 6 et 8 cm.

I.3. Différentes types de structures de chaussée

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

I.3.1 Les chaussées souples

Les chaussées souples tiennent leur nom du fait qu'elles se déforment réversiblement sous sollicitation. Elles sont constituées d'une couche bitumineuse en surface et d'une assise en matériaux granulaires. La couche bitumineuse est relativement mince, la couche de base et la couche de fondation sont généralement en matériaux non traités.

Plus la chaussée est épaisse, moins la contrainte appliquée à la base de la plateforme est importante. Le dimensionnement des structures souples repose sur la limitation de la déformation verticale du sol support.

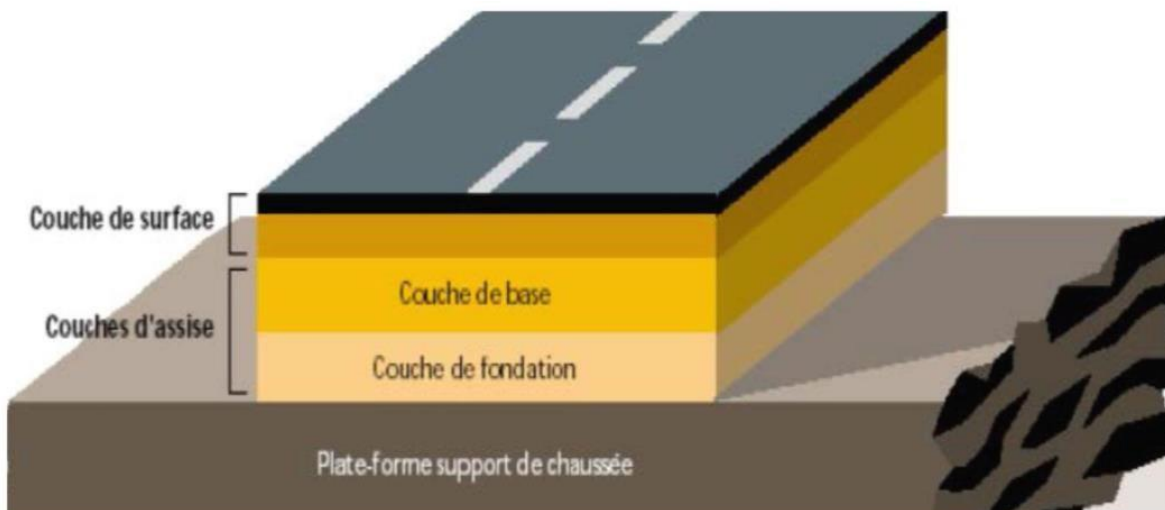


Figure I.2 : Chaussées souples

I.3.2 Les chaussées semi-rigides

Encore appelée chaussée mixte ou chaussée à assise traitée aux liants, sa structure comporte un revêtement bitumineux mince et un corps de chaussée en matériaux traités (en liants hydrauliques ou hydrocarbonés).

Elle est utilisée lorsque le trafic devient important et que les matériaux crus ne satisfont pas aux exigences mécaniques. Le liant augmentant la rigidité de l'assise, les déformations verticales sont relativement faibles et le dimensionnement porte essentiellement sur la limitation de la contrainte de traction par flexion à la base des couches traitées.

Le dimensionnement porte sur la rupture par fatigue à la base de la couche liée et l'orniérage du sol support.

On doit s'assurer que la contrainte de traction à la base de la couche traitée est inférieure à la contrainte de traction admissible du matériau.

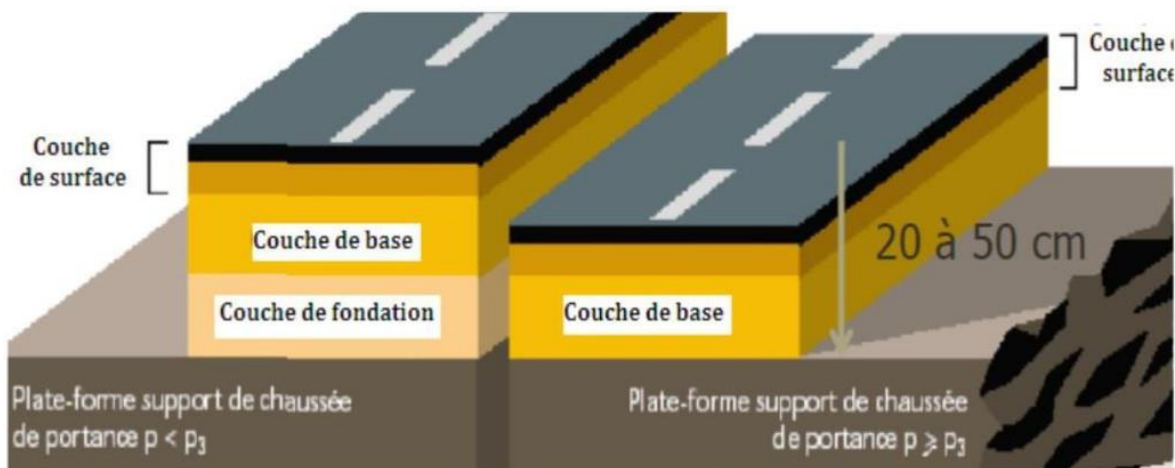


Figure I.3: Chaussées semi-rigides

I.3.3 Les chaussées rigides :

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur, éventuellement recouverte d'une couche de roulement mince en matériaux bitumineux *. Elle est peu déformable, elle absorbe la charge afin d'éviter une déformation sur la fondation ou l'infrastructure, susceptible de causer la rupture. Les structures rigides mobilisent des efforts notables de traction par flexion très importants par rapport à ceux subis par les structures semi-rigides et se déforment essentiellement par fissuration.

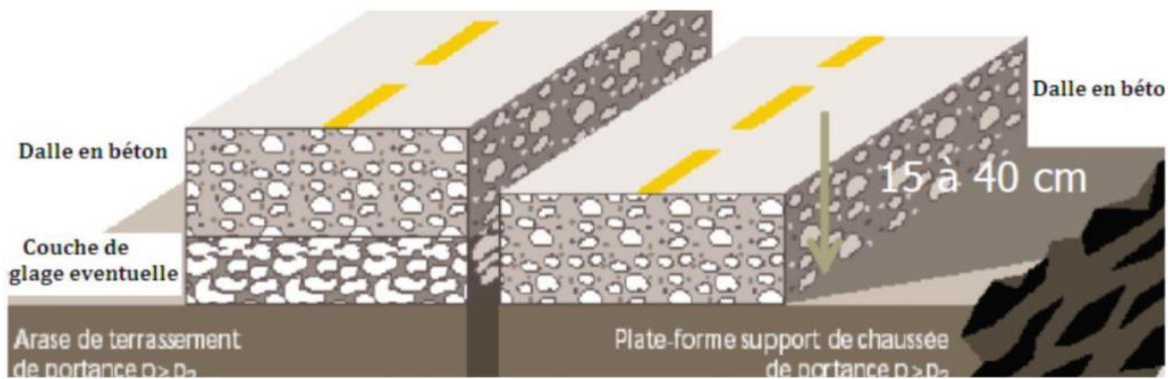


Figure I.4 : Chaussées rigides.

Le dimensionnement repose sur la limitation des efforts de traction par flexion du béton sous l'effet des charges.

Le calcul des épaisseurs dépend d'un équilibre entre trois forces :

- Le Trafic : Ce n'est pas le nombre de voitures qui compte, mais le poids des essieux lourds (camions). On utilise souvent la notion d'essieu standard de 13 tonnes (en Algérie).
- Le sol (Le support) : Sa nature (argile, sable, roche) détermine tout. Un sol faible demande une chaussée plus épaisse.
- Le Climat : La chaleur ramollit le bitume (orniérage), tandis que l'eau est l'ennemi numéro un de la portance du sol.

I.4. Les facteurs influençant le dimensionnement des chaussées

Le dimensionnement d'une chaussée repose sur un équilibre fondamental entre trois paramètres majeurs : le trafic, la qualité du sol support, et les conditions climatiques. Ces facteurs interagissent entre eux et déterminent directement l'épaisseur ainsi que la composition des différentes couches de la structure routière.

I.4.1. Le trafic

Le trafic constitue le facteur déterminant dans le calcul des épaisseurs. Il ne s'agit pas uniquement du nombre de véhicules circulant sur la route, mais surtout de la charge appliquée par les essieux lourds, principalement les camions.

En pratique, on convertit le trafic réel en un nombre d'essieux standards équivalents, généralement basé sur un essieu de 13 tonnes utilisé en Algérie et en France. Cette approche permet d'évaluer l'agressivité réelle du trafic sur la chaussée. [AASHTO , 1993]

Plus la charge et la fréquence de passage des poids lourds sont importantes, plus les contraintes transmises aux couches inférieures sont élevées. Cela entraîne :

- Une augmentation des déformations permanentes (orniérage)
- Une fatigue accélérée des couches bitumineuses
- Une réduction de la durée de vie de la chaussée

Ainsi, une route à fort trafic nécessite des couches plus épaisses et des matériaux plus performants afin d'assurer une durée de service satisfaisante.

I.4.2. Le sol support (la plate-forme)

Le sol naturel constitue la base de toute la structure. Sa capacité portante conditionne directement le comportement global de la chaussée. [CEBTP, 1984]

La nature du sol (argileux, sableux, limoneux ou rocheux) influence :

- Sa résistance mécanique
- Sa sensibilité à l'eau
- Sa déformabilité sous charge

Un sol argileux, par exemple, est généralement plus sensible à l'humidité et présente une faible portance, ce qui exige une augmentation de l'épaisseur des couches de fondation et de base. À l'inverse, un sol rocheux ou bien compacté offre une meilleure stabilité et permet de réduire les épaisseurs nécessaires.

La caractérisation du sol se fait souvent à travers des essais géotechniques (comme l'essai CBR), qui permettent de classer la plate-forme et d'adapter le dimensionnement en conséquence.

I.4.3. Le climat

Le climat joue un rôle majeur dans la durabilité des chaussées. Les variations de température et la présence d'eau influencent fortement le comportement des matériaux.

La chaleur provoque le ramollissement du bitume, augmentant le risque d'orniérage sous trafic lourd. *SETRA , 1994+

Le froid peut entraîner des fissurations dues à la contraction thermique.

L'eau, quant à elle, est considérée comme l'ennemi principal de la chaussée. Elle réduit la portance du sol, favorise le décollement des couches bitumineuses et accélère la dégradation structurelle.

Dans des pays à climat chaud comme l'Algérie, le dimensionnement doit particulièrement tenir compte des températures élevées et des épisodes pluvieux intenses pouvant affecter la structure.

I.5. Conclusion

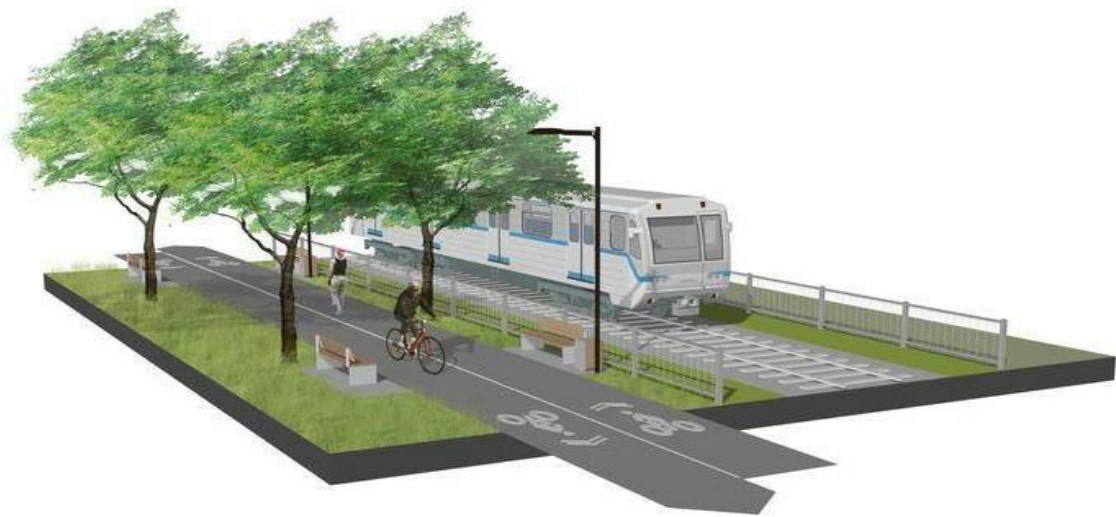
À travers ce chapitre, il apparaît clairement que la chaussée n'est pas une simple superposition de couches, mais une structure technique conçue pour résister à des sollicitations complexes et répétées. Son dimensionnement repose sur une analyse rigoureuse du trafic, des caractéristiques géotechniques du sol support et des conditions climatiques.

L'interaction entre ces trois paramètres détermine la performance et la durabilité de l'ouvrage. Une mauvaise estimation de l'un d'eux peut compromettre la stabilité de toute la structure et réduire significativement sa durée de vie.

Ainsi, comprendre ces facteurs constitue une étape essentielle avant d'aborder les différentes méthodes de dimensionnement, qui feront l'objet des chapitres suivants.

CHAPITRE II

Importance de dimensionnement sur la durabilité des chaussées



II.1 Introduction

Le dimensionnement des chaussées représente une étape déterminante dans la conception des infrastructures routières. Il ne s'agit pas uniquement de fixer des épaisseurs de couches, mais d'assurer un équilibre optimal entre les sollicitations du trafic, les propriétés mécaniques des matériaux et la capacité portante du sol support.

Une chaussée fonctionne comme un système multicouche soumis à des charges répétées. Sa performance dépend de la capacité de chaque couche à absorber, répartir et transmettre les contraintes sans dépasser ses limites mécaniques. Plusieurs études ont démontré que les dégradations prématurées observées sur les réseaux routiers sont souvent liées à un sous-dimensionnement ou à une mauvaise estimation du trafic.[Huang , 2004]

Ainsi, le dimensionnement constitue un facteur clé influençant directement la durabilité, la sécurité et le coût global de l'infrastructure.

Actuellement, le dimensionnement des chaussées s'inscrit dans un cadre global de gestion des infrastructures routières. Ce n'est plus une simple vérification mécanique, mais aussi économique, environnementale, durable. Le dimensionnement devient une composante déterminante pour la durabilité, la sécurité et le coût de l'infrastructure.

II.2 Rôle de dimensionnement sur la performance à long terme

La performance d'une chaussée peut être analysée selon deux aspects [SETRA , 1994]:

- Performance structurelle (résistance à la fatigue et aux déformations permanentes)
- Performance fonctionnelle (confort et sécurité des usagers)

Le dimensionnement vise principalement à contrôler :

- La déformation verticale au sommet du sol support
- La contrainte de traction à la base des couches bitumineuses

Selon la théorie des milieux élastiques multicouches (**Huang, 2004**), la contrainte verticale diminue progressivement avec la profondeur lorsque les couches sont correctement dimensionnées.

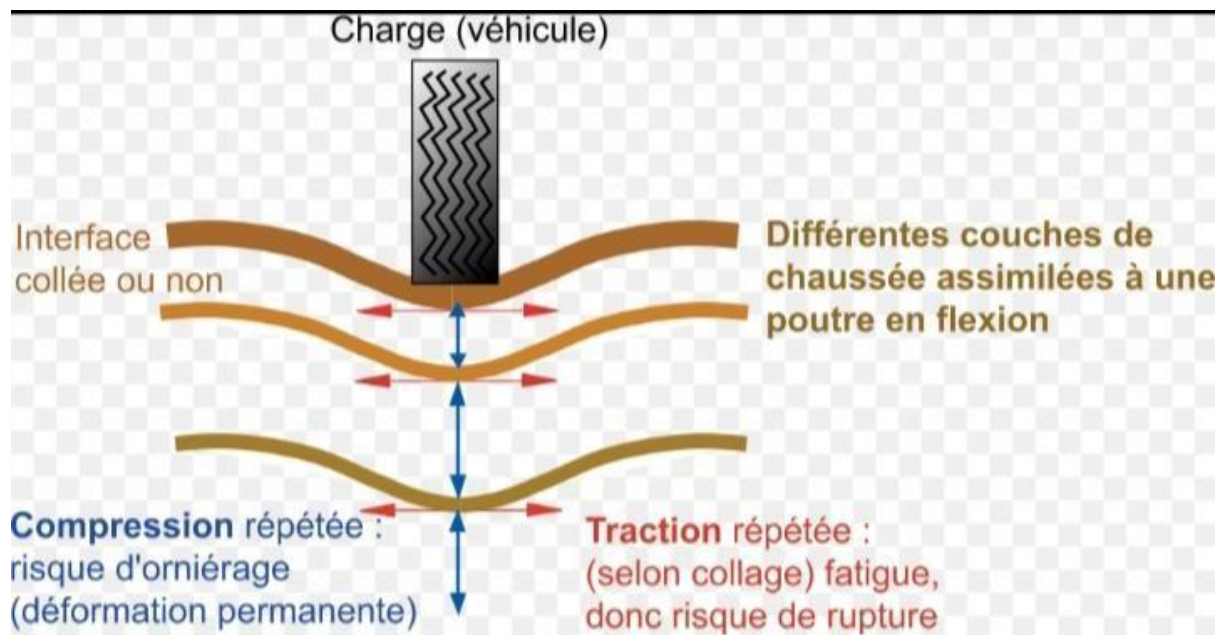


Figure II.5 : la théorie des milieux élastiques multicouches

Une augmentation même légère des contraintes peut entraîner une réduction importante de la durée de vie. La loi de fatigue indique que le nombre de cycles admissibles diminue fortement lorsque la déformation augmente.

La longévité d'une chaussée est directement imputable au dimensionnement qu'il lui a été initialement assigné. Un dimensionnement erroné s'accompagne d'une dégradation prématurée, au contraire d'un dimensionnement adapté qui garantit la pérennité de l'ouvrage, ce qui est à l'avantage du gestionnaire

II.3 Relation entre dimensionnement, dégradations et maintenance

Un mauvais dimensionnement entraîne généralement (**SHELL , 1978**) :

- Une apparition précoce des fissures
- Un orniérage excessif
- Une dégradation accélérée de la surface

Ces phénomènes obligent à programmer des interventions de maintenance prématurées, augmentant ainsi le coût global du projet.

Selon l'approche du coût sur cycle de vie (Life Cycle Cost Analysis), un surdimensionnement modéré peut réduire les dépenses totales d'entretien de 15 à 30 % sur une période de 20 ans .

Le dimensionnement doit donc être considéré comme un investissement stratégique et non comme une simple contrainte économique initiale.

Les stratégies modernes privilégient la maintenance préventive. Un bon dimensionnement permet d'anticiper les dégradations et de réduire la fréquence des interventions lourdes.

II.3.1 Répartition des charges et limitation des contraintes

La fonction principale d'une chaussée est de répartir les charges appliquées par les essieux vers le sol support.[Huang , 2004]

Si les épaisseurs sont insuffisantes :

- Les contraintes verticales deviennent excessives
- Des déformations plastiques apparaissent
- La durée de vie structurelle diminue

Un bon dimensionnement garantit que les contraintes transmises au sol restent inférieures à sa capacité portante.

II.3.2 Comportement mécanique des couches

Chaque couche possède un comportement spécifique :

- Les matériaux bitumineux présentent un comportement viscoélastique dépendant de la température.
- Les couches traitées aux liants hydrauliques ont un comportement plus rigide mais fragile.

- Les matériaux granulaires ont un comportement non linéaire influencé par le confinement.
- Le dimensionnement moderne intègre ces paramètres mécaniques afin d'optimiser la performance globale de la structure.

Il est également important de considérer l'interaction entre les différentes couches. Une mauvaise adhérence entre couches peut entraîner des décollements et accélérer les dégradations.

II.3.3 Principales dégradations liées à un mauvais dimensionnement

II.3.3.1 Fissuration de fatigue

La fissuration de fatigue apparaît lorsque les contraintes de traction répétées dépassent la résistance du matériau bitumineux. Elle débute généralement à la base de la couche bitumineuse et progresse vers la surface.



Figure II.6 : Mécanisme de fissuration de fatigue sous charges répétées (Shell, 1978).

II.3.3.2 Orniérage

L'orniérage correspond à une déformation permanente localisée dans les traces de roues. Il résulte de l'accumulation de déformations plastiques dans les couches supérieures ou dans le sol support.

Une profondeur d'ornière supérieure à 10–15 mm est généralement considérée



comme critique (SETRA, 1994).

Figure II.7 : Exemple d'orniérage observé sur une chaussée souple (SETRA, 1994).

II.3.3.3 Fatigue des matériaux et effet du trafic

Le trafic est exprimé en nombre d'essieux équivalents cumulés (ESAL).

La méthode AASHTO repose sur la loi en puissance quatre, selon laquelle les dommages causés par un essieu sont proportionnels à la charge élevée à la puissance 4 (AASHTO 1993).

Cela signifie qu'une légère augmentation de la charge peut provoquer une augmentation très importante des dommages structurels.

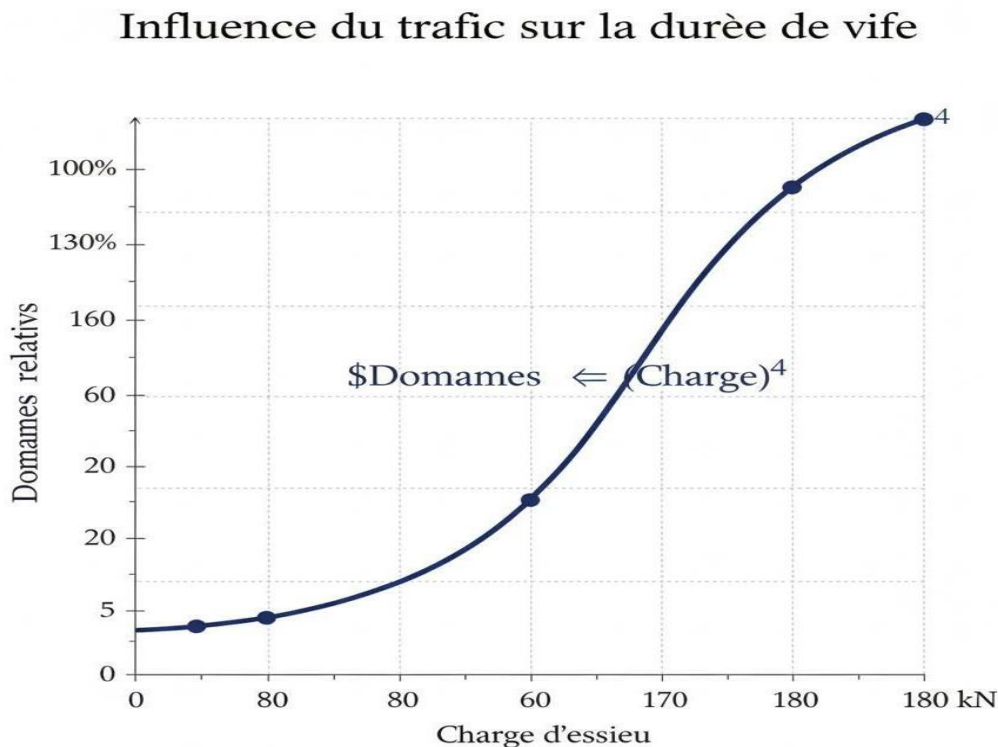


Figure II. 8 : Illustration du principe de la loi en puissance quatre (AASHTO, 1993).

II.4 Impact du sol support et des conditions climatiques

La capacité portante du sol support, souvent évaluée à travers l'indice CBR, influence directement l'épaisseur de la structure. (CEBTP, 1984)

À titre indicatif :

- Un sol avec CBR = 3 % nécessite une structure pouvant dépasser 60 cm.
- Un sol avec CBR10 peut nécessiter une épaisseur totale de 35 à 45 cm.

Les conditions climatiques, notamment les variations thermiques et l'humidité, modifient le comportement mécanique des matériaux et doivent être intégrées dans le dimensionnement.

II.5 Approche moderne du dimensionnement des chaussées

Les méthodes modernes de dimensionnement se traduisent par des méthodes mécanistes-empiriques intégrant à la fois modélisation théorique et données expérimentales, pour mieux prédire le comportement réel des chaussées, en tenant compte de l'influence de nombreux facteurs : variabilités des matériaux, réels conditions climatiques, évolutions du trafic leur permettant une optimisation garantissant la durabilité à long terme des structures.

II.6. Conclusion

Le dimensionnement des chaussées constitue l'élément central garantissant leur durabilité et leur performance. Il permet de contrôler les mécanismes de fatigue, de limiter les déformations permanentes et d'optimiser la transmission des contraintes vers le sol support.

Une conception basée sur des paramètres mécaniques fiables, une estimation réaliste du trafic et une analyse rigoureuse des conditions locales assure une durée de service satisfaisante et réduit les coûts de maintenance.

Cependant, les approches adoptées pour réaliser ce dimensionnement diffèrent selon les méthodes utilisées. Certaines reposent sur des paramètres empiriques, tandis que d'autres s'appuient sur des modèles mécaniques avancés.

Il devient donc essentiel d'examiner les principales méthodes de dimensionnement afin d'analyser leurs fondements théoriques et leurs domaines d'application, ce qui fera l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre III

Evolution Des Méthodes De Dimensionnement



III.1 Introduction

La détermination des épaisseurs des différentes couches de la structure routière, de façon à assurer la résistance de celle-ci à la charge du trafic tout au long de sa vie doit prendre en considération au moins trois paramètres, à savoir : la portance du sol support et le trafic cumulé, mais aussi les caractéristiques mécaniques des matériaux que l'on souhaite utiliser.

Différentes méthodes de dimensionnement ont été mises au point pour répondre aux besoins de conception des chaussées, en étant fondamentalement différentes dans leur principe de calcul et dans le domaine dans lequel elles sont appliquées.

Dans le chapitre qui suit, nous passerons en revue les principales méthodes de dimensionnement des chaussées souples qui seront étudiées dans ce travail que sont les méthodes CBR, CTPP, SETRA, AASHTO et CEBTP en insistant sur leurs principes fondamentaux ainsi que leurs spécificités

III.2 Historique sur l'évolution du dimensionnement

Les romains furent les premiers à utiliser une technique uniforme pour construire des routes, puis vint l'ère de Macadam et Telford avant les années d'Asphalte et du béton de ciment Portland. Les routes romaines étaient composées de quatre couches (du haut en bas) : une couche de surface lisse, constituée de blocs polygonaux jointifs ; une sorte de couche de base composée de gravier et de sable mélangé de chaux ; une couche composée de moellons, de petites pierres et de mortier de chaux ; une couche constituée de moellons plats et de mortier de chaux. L'ingénieur écossais Thomas Telford (1757-1834) permit aussi une avancée substantielle dans le domaine de l'ingénierie routière. Sa principale amélioration, par rapport à la méthode de Trésaguet, fut de surélever légèrement la route, par rapport au niveau du sol, de façon à optimiser le drainage. Les premières routes modernes furent construites par l'ingénieur écossais John Loudon McAdam (1756-1836). Il a développé un matériau peu coûteux constitué de terre et de graviers agglomérés, connu sous le nom de macadam (technique de revêtement de chaussée).

Le dimensionnement moderne d'une chaussée consiste alors à déterminer la nature et l'épaisseur des différentes couches afin qu'elles puissent résister aux sollicitations du trafic durant toute la durée de vie prévue. Lors du passage d'un véhicule lourd (généralement supérieur à 3,5 tonnes), la structure subit une déformation en flexion : des contraintes de compression apparaissent sous la charge, tandis que des contraintes de traction se développent à la base des couches bitumineuses.

C'est pour mieux analyser ces phénomènes que différentes méthodes de dimensionnement ont été développées, allant des approches empiriques aux

méthodes mécanistes-empiriques. Cette évolution historique explique la diversité des méthodes utilisées aujourd'hui.***Huang , 2004]**

III.3 Règles de base de dimensionnement

Les règles de dimensionnement sont basées à la fois sur les méthodes de la mécanique rationnel (c'est-à-dire que les contraintes et les déformations calculés doivent restés inférieur a des limites fixés) et sur des connaissances expérimentales (qui permettent de fixer les limites de contraintes et déformation qu'on ne doit pas les dépassés).

Toutes les méthodes de dimensionnement tient compte de :

- des qualités mécaniques et de sensibilité à l'eau du sol support ;
- des qualités mécanique et des couches de chaussées on ce qui concerne leurs aptitude à supporter les charges et les répartir ;
- du trafic c'est-à-dire de la valeur des charges et leurs fréquences d'application.

Ensuite chaque méthode comporte évidemment des abaques, ou tableaux fixant les épaisseurs en fonction de la charge maximum prévue et la pression de gonflage des pneus.[**LCPC SETRA, 1994]**

III.4 Les différentes approches de dimensionnement

En matière de dimensionnement des chaussées, on distingue principalement deux approches fondamentales: l'approche empirique et l'approche rationnelle.

L'approche empirique (CBR, CEBTP,CTTP) sur la base d'observations sur le comportement réel des chaussées soumises aux actions du trafic et aux variations des conditions climatiques sur de longues périodes en s'appuyant essentiellement sur des essais expérimentaux et des retours d'expérience, il est possible d'établir des abaques et des relations d'usage entre le trafic, la portance du sol et l'épaisseur des couches. Dans l'approche rationnelle (SETRA,AASHTO), au contraire, la chaussée est modélisée mécaniquement comme un système multicouche reposant sur un sol support. Chaque couche est supposée homogène, isotrope et de comportement élastique linéaire. Les charges appliquées en surface représentant la sollicitation des essieux des véhicules permettent le calcul des contraintes et déformations à l'intérieur de la structure. Le dimensionnement consiste alors à vérifier que seules les sollicitations calculées sont inférieures aux valeurs admissibles des matériaux pour limiter les phénomènes de fatigue et des déformations excessives, pendant la période de service projetée. En complément de ces deux approches, des catalogues de dimensionnement proposant des structures types normalisées en fonction de la

Chapitre III : Evolution Des Méthodes De Dimensionnement

classe de trafic et de l'état du sol support existant pour favoriser le choix d'une solution et d'un traitement convenable. *MTP,2002]

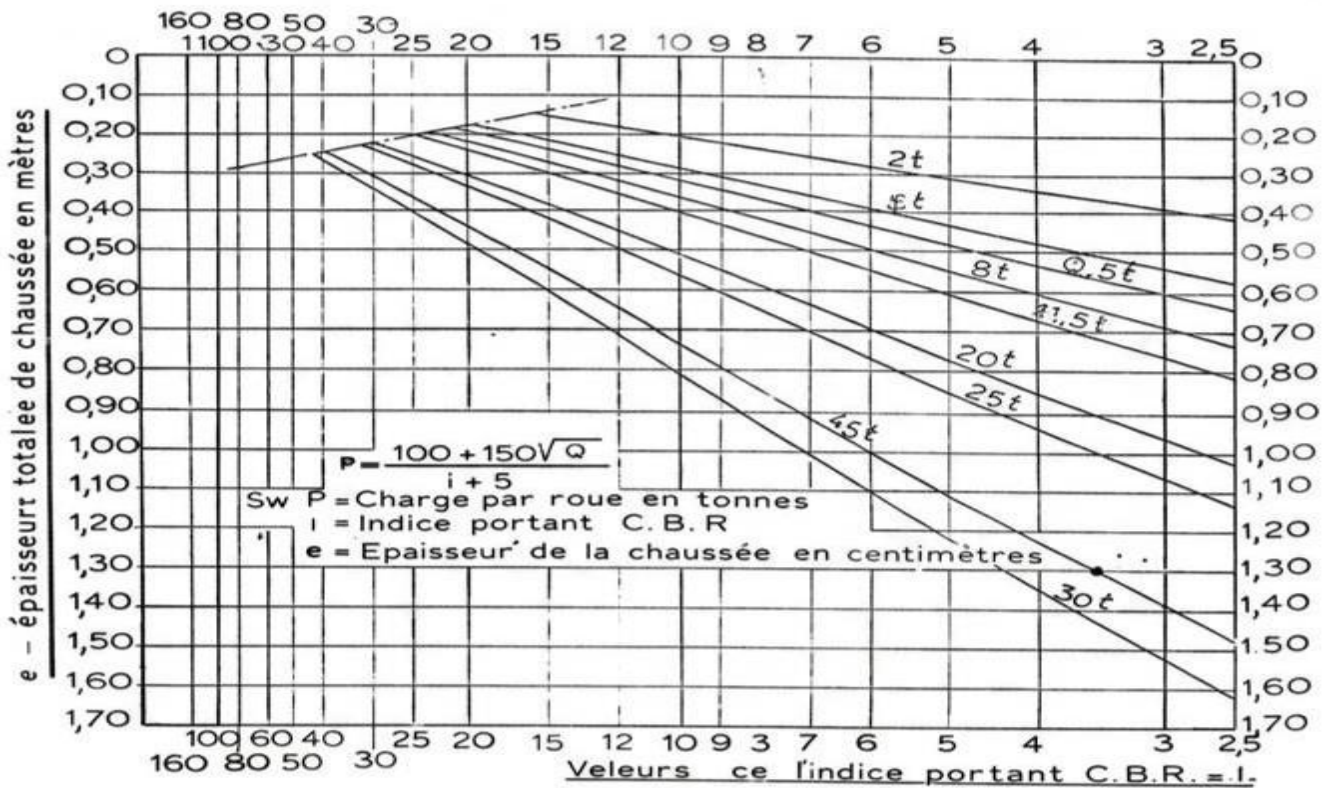


Fig. 8.2
Nouveau abaque C. B. R.

Figure III.9 : abaque donnant l'épaisseur de la chaussée en fonction du CBR et de la charge P

III.5 Les méthodes de dimensionnement

III.5.1 La méthode CBR

a) Présentation et principe de la méthode

Elle a été conçue par Porter (1938) à la suite d'une expérimentation de 14 ans sur les chaussées californiennes aux Etats Unis. Il trouva une relation entre l'indice CBR d'un sol et l'épaisseur minimale pour empêcher la rupture par déformation

Chapitre III : Evolution Des Méthodes De Dimensionnement

plastique de la chaussée. C'est une méthode semi empirique basée d'une part sur la résistance au poinçonnement du sol de plateforme (résistance appréciée par un essai normalisé, le CBR) et d'autre part sur la méthode Boussinesq donnant la répartition en profondeur des pressions verticales. On considère un massif homogène isotrope et élastique limité supérieurement par un plan horizontal et de dimension infinie. Si l'on veut appliquer à la partie supérieure du massif une charge verticale P répartie uniformément p sur un rayon R, il en résulte sur un plan horizontal situé à une profondeur z une pression verticale qui est maximum à l'aplomb du cercle et vaut σ_z

A une épaisseur $z=e$, la pression σ_z qui s'exerce sur le sol de plateforme doit être inférieure à la résistance au poinçonnement de ce sol. / $\sigma_e = kI$, k étant un coefficient de sécurité.

Des abaques américains ont été tracés donnant l'épaisseur << e >> en fonction de la charge << P >> et du CBR << I >>> **[Road Note 29 , 1970]**

Ces abaques qui, en fonction du CBR, donnent l'épaisseur totale de la chaussée correspondent à la formule suivante :

$$e = \frac{100 \times 150 \sqrt{P}}{I+5}$$

e= épaisseur en cm

P = charge par roue en tonne (P poids lourd)

I= CBR du sol

Ces abaques ont été mises sous forme d'équation par monsieur Peltier du LCPC.

$$e = \frac{100 \times 150 \sqrt{(75 + 50 \log \log (\frac{N}{10}))}}{I+5}$$

P = poids de la roue maximum exprimé en tonnes (poids lourd)

I= indice CBR du sol ou du matériau

N = Nombre moyen journalier de véhicule de plus de 1500 kg (poids lourd) à vide qui circule sur la chaussées

e= épaisseur de la chaussée en cm

Tableau III.1 : les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70

L'épaisseur totale de la chaussée est

$$E = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Il est ainsi suggéré d'utiliser des facteurs de correction locale pour améliorer les performances de la structure finale proposée autrement on aboutit à un dimensionnement peu conservateur avec des chaussées surdimensionnées [Thiaw, 2006] ou soit sous dimensionnées [Gribble et al. 2008]. Les pertes d'argent et plusieurs dommages collatéraux sont en bout de ligne.

Remarque 1:

Cette méthode suppose que la durée de vie d'une chaussée souple est de 10 ans Pour calculer le trafic à l'horizon n (duré de vie de chaussée) on utilise la formule suivante :

$$(T)_n = (1 + r)^n (T_0)$$

avec :

(T_n) : est le trafic à l'horizon « n »

n : est la durée de vie de la chaussée

τ : est le taux d'augmentation de trafic par ans

(T_0) : est le trafic à l'horizon 0 ou trafic à la première année de mise en service

Remarque 2:

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e_1 » et « e_2 » et on calcul « e_3 »

généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 à 8 cm GB = 10 à 20 cm GC = 15 à 25 cm

GE = 15 à 30 cm TVO = 25 cm et plus.

III.5.2 La méthode CTPP

(Centre des Techniques des Travaux Publics) a été mise au point en France par le Centre des Techniques des Travaux Publics dans les années 1950–1960, pour adapter le dimensionnement des chaussées en fonction des conditions de trafic et de sols rencontrées en Europe et dans les pays francophones, avant sa large diffusion et mise en œuvre, notamment en Algérie, en Afrique du Nord.[CTPP, 2001]

Elle est ainsi la méthode semi-empirique de dimensionnement des chaussées souples s'appuyant principalement sur :

- La portance du sol support, généralement caractérisée par l'indice CBR.
- L'intensité du trafic, exprimée en nombre d'essieux équivalents.
- Des abaques et catalogues de structures types issus d'observations expérimentales et retour d'expérience.

La méthode part du constat qu'il y a une épaisseur de chaussée totale capable de diffuser les charges roulantes (appliquées en surface) au sol support de telle façon que les sollicitations appliquées à celui-ci soient inférieures à la capacité portante au niveau du sol.

La méthode CTPP ne repose pas seulement sur un lien direct existant avec la méthode CBR entre l'indice CBR et épaisseur minimale, c'est le principe de classer selon le type de trafic et de proposer des structures types pré dimensionnées (qui vont mieux correspondre aux rigidités et dimensions des matériaux utilisés dans la conception de la chaussée et donc à celles du projet) qui est d'une bonne aide pour faciliter l'application de la méthode dans le domaine.

La chaussée doit être comprise comme un système multicouche diffusant les pressions au fur et à mesure vers le sol support et l'objectif de la méthode est d'éviter : la rupture par cisaillement du sol de fondation ; les déformations plastiques trop importantes ; l'orniérage ou la fissuration prématurés ; et bien sûr le dépassement de la rupture dans le sol support dont le niveau de sollicitation doit demeurer en dessous du niveau de sollicitation admissible avec une prise en compte d'un coefficient de sécurité adapté à chaque projet engagé.

Trafic :

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes)

Le réseau principal noté RP : il se compose de route reliant :

- Les chefs-lieux de wilaya tes
- Les ports, les aérodomes et les postes frontaliers

- Les principales agglomérations et important zone industrielles

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

RP1 ($T \geq 1500 \text{ V/J}$)  RN , Autoroute ,

RP2 ($T \geq 1500 \text{ V/J}$)  RN , ...

Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18 400 km

Le réseau secondaire RD : il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire totale du 7 900 km

a) Répartition transversale du trafic

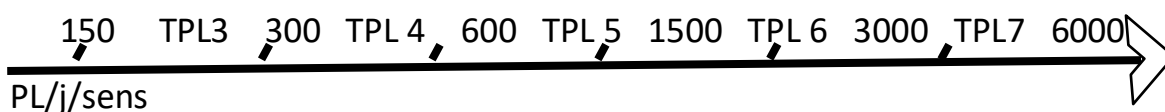
On adoptera les valeurs suivantes:

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

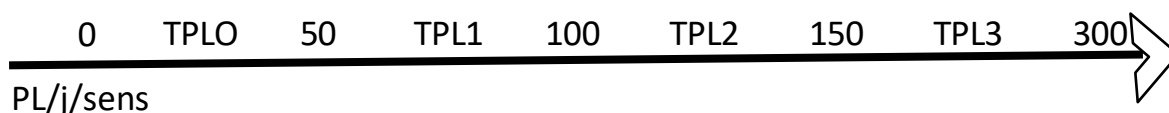
b. Détermination de la classe de trafic TPLi:

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.

PR1 :



PR2 :



b) Détermination des classes de portance de sols

Le tableau III.2 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S0 à S4.

c) Détermination des classes de portance de sols support:

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

Pour les sols insensibles à l'eau: sols grossiers contenant plus de 25% d'éléments > 20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{apm} > W_{opm}$).

- L'essai de plaque le module de sol EV2 la déflexion d_c (déformation).
- Les deux sont reliés par la relation empirique: $EV2 \times d_c = 10340$.

Avec:

EV2 en (MPa).

d_c en (1/100 mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

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

Tableau III.2 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents types de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (S_i) et la classe du sol support visée (S_j).

Tableau III.3 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol

Classe portance du sol terrassé (S_i)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (S_j)
<S4	Matériau NT	50 cm (en 2c)	S3
S3	Matériau NT	35 cm	S3
S4	Matériau NT	60 cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40 cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70 cm (en 2c)	S2

Les zones climatiques

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (B40):

Tableau III.4 : les zones climatiques en Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hautes plateaux
IV	<100	Aride	30	Sud

III.5.3. Méthode CEBTP

Présentation et principe de la méthode:

La méthode CEBTP a été mise au point par le

Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics au cours des années 1960-1970. Elle a été élaborée dans le but d'adapter le dimensionnement des chaussées aux températures élevées et aux sols latéritiques, fréquemment rencontrés au sein des pays tropicaux et en Afrique notamment.[CEBTP, 1984]

Il s'agit d'une méthode semi-empirique reposant sur à la fois l'expérience de terrain et des observations expérimentales.

Tableau 5 : Classe de trafic définis par CEBTP en Afrique Francophone (CEBTP , 1982

Nombre équivalent de PL	Classe de trafic	Nombre équivalent de Véh/j
$< 5.10^5$	T ₁	< 300
de 5.10^5 à 1.510^6	T ₂	de 300 à 1000
de 1.510^6 à 410^6	T ₃	de 1000 à 3000
de 410^6 à 10^7	T ₄	de 3000 à 6000
de 10^7 à 210^7	T ₅	de 6000 à 12000

Tableau 6 : Les classes de portance de la plateformes (CEBTP , 1982)

Classes	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
CBR (%)	<5	05-10	10-15	15-30	>30

III.5.3.1. La Méthode Repose Sur :

- La portance du sol support, quantifiée généralement sous la forme d'un indice CBR ;
- L'importance du trafic, exprimée en nombre d'essieux équivalents ;
- Le choix d'une structure type, à déterminer à partir des abaques du CEBTP selon
 - classe de trafic
 - répartition en classe de sol
 - disponibilité des matériaux locaux

iii.5.3.2. Procédure de calcul

- Évaluation du trafic global en essieux équivalents sur la durée de vie de la chaussée à partir des prévisions de trafic.
- Classement du sol suivant l'indice CBR.
- Choix dans les abaques CEBTP du type de structure correspondant à la classe de trafic et à la classe de sol.
- Vérification possible des épaisseurs minimales préconisées.

Remarque : les abaques proposent déjà des coefficients de sécurité et l'expérience du terrain, donc des calculs sophistiqués ne sont pas réalisés.

III.5.3.3. Domaine D'application

- Chaussées neuves ou réfection
- Climats chauds et sols tropicaux (latéritiques)
- Projets routiers à faible ou moyen trafic
- Situations à calculs balisés limit

III.5.4.1 Présentation et principe de la méthode

La méthode SERA, développée en France à partir des années 1970 par le Service d'Études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements (SETRA), a été mise au point dans le cadre de la modernisation des méthodes de dimensionnement des chaussées par des ingénieurs et chercheurs spécialistes des infrastructures routières, pour essayer d'apporter une approche plus rationnelle et scientifique à la conception des chaussées.[SETRA, 1994]

C'est ainsi qu'elle s'inscrit dans les méthodes rationnelles–mécanistes fondées sur le calcul des contraintes et des déformations dans une structure multicouche : répondant à la caractérisation mécanique des matériaux (modules d'élasticité, coefficients de Poisson), à l'intensité et à la nature du trafic (nombre d'essieux équivalents) et à l'analyse des sollicitations engendrées par les charges roulantes, cette méthode s'articule autour du principe qui modélise la chaussée comme un système multicouche élastique, chaque couche ayant ses caractéristiques mécaniques par des modèles de calcul inspirés de la théorie de l'élasticité permettant de déterminer les contraintes et les déformations dues au passage des charges.

Le dimensionnement consiste à vérifier que :

Les déformations en traction en la base des couches bitumineuses sont inférieures à une valeur admissible, de manière à ne pas risquer la fatigue.

Les déformations verticales au niveau du sol support sont au-dessous d'une limite admissible, de façon à prévenir l'orniérage.

Dans ce but, l'épaisseur des différentes couches est choisie pour garantir la durabilité de la chaussée pendant l'ensemble de sa durée de vie prévue, selon les critères de fatigue et de déformation permanente.

III.5.4.2 Collecte des données du projet

Détermination des paramètres de base :

- TMJA poids lourds
- Taux d'accroissement annuel g
- Durée de vie n
- Caractéristiques mécaniques du sol support (module E_s)
- À ce stade, il n'y a pas encore de formule de vérification mécanique.
- Caractérisation mécanique des matériaux:

Chaque couche est définie par :

- Module d'élasticité E
- Coefficient de Poisson ν
- Ces paramètres servent dans le modèle multicouche (pas de formule simple écrite, car calcul réalisé par modèle élastique).
- Hypothèse d'une structure initiale:

III.5.4.4 Proposition d'épaisseurs

h^1 : couche de roulement

h^2 : couche de base

h^3 : couche de fondation

(Aucune formule directe, c'est une hypothèse de départ.)

Calcul des déformations critiques:

À partir du modèle multicouche, on détermine :

Déformation horizontale en traction :

- ϵ_t Déformation verticale au sommet du sol support :
- ϵ_z (Calcul issu de la théorie de l'élasticité – généralement effectué par logiciel.) Outil de calcul mis en œuvre

III.5.4.5 Vérification du critère de fatigue

Condition à satisfaire : $\epsilon_t \leq \epsilon_{adm}$

Relation de fatigue : $N = k \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^m$

où :

- N = nombre d'essieux admissibles
- k, m = coefficients expérimentaux

III.5.4.6 Vérification du critère d'orniérage

Condition :

$\epsilon_t \leq \epsilon_{adm}$ administrateur

Cette vérification garantit l'absence de déformation permanente excessive.

Ajustement et validation :

Et si les deux critères sont satisfaits, la structure est validée.

Sinon, on augmente les épaisseurs et on répète la vérification

Concrètement:

le calcul des contraintes et déformations n'est pas réalisé manuellement, mais est effectué via le logiciel ALIZÉ développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées qui permet de :

Modéliser la chaussée comme un système multicouche élastique ;

Introduire les paramètres mécaniques des matériaux ;

Calculer les déformations critiques ϵ_t et ϵ_z ;

Contrôler les critères de fatigue et d'orniérage automatiquement.

III.5.4.7 Limites d'utilisation de la méthode SETRA

En dépit de sa rigueur scientifique, la méthode mise au point par le Service d'Études sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements a des limites d'application :

La méthode nécessite de connaître précisément les modules d'élasticité des matériaux, données non toujours disponibles pour les projets courants.

Le calcul des contraintes et des déformations doit être effectué à l'aide d'un logiciel adéquat, la méthode est donc plus complexe que les méthodes empiriques.

Les paramètres de fatigue (σ , ϵ) proviennent de mesures expérimentales pouvant être différentes selon les matériaux et les conditions climatiques.

Elle convient mieux aux projets d'importance moyenne et grande ; son usage peut apparaître lourd pour des routes à faible trafic.

La précision des résultats est d'autant plus tributaire de la qualité des données d'entrée (trafic, modules, conditions de mise en œuvre).

Ainsi, la méthode SETRA, plus rationnelle que les méthodes empiriques, nécessite une base de données fiable et des moyens techniques adéquats.

III.5.4.7 Méthode du catalogue des structures SETRA

Il s'agit de la méthode du catalogue des structures « SETRA », qui est une méthode de dimensionnement des chaussées proposée par le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) et qui consiste à sérialiser un ensemble de structures types de chaussées neuves, tirées d'études expérimentales et d'un suivi de l'évolution du comportement des routes en service.

Elle propose plusieurs types de structures de chaussées en fonction des matériaux utilisés dans les différentes couches, par exemple : graves non traitées (GNT), sols traités (SL), graves-ciment (GC), et structures bitumineuses (SB), et selon l'intensité

Chapitre III : Evolution Des Méthodes De Dimensionnement

du trafic, le trafic des poids lourds étant réparti entre plusieurs catégories en fonction de son importance, généralement comprise entre 200 et 1500 poids lourds / jour dans chaque sens du trafic.

La méthode SETRA prend également en compte les propriétés géotechniques du sol de fondation en tenant notamment compte de sa portance, qui est un paramètre important pour le choix de la structure de chaussée.

Ce catalogue est le support d'un ensemble de fiches techniques permettant le choix de la structure de chaussée la plus adaptée selon deux principaux paramètres :

- le trafic cumulé des poids lourds à l'horizon de dimensionnement (T_j),
- la classe de portance du sol de fondation (S_j).

a) Détermination de la classe de Trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service .

Tableau III.7 : la classe du trafic poids lourd

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$Tc = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{x+1} - 1}{\tau} \right] \times 365$$

Avec :

T_{PL} : Trafic poids lourds à l'année de mise en service

n : durée de vie

τ : Taux d'accroissement du trafic (%)

b) Détermination de la classe du sol

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants :

Tableau 8 : classe de portance des sols

<i>Classe du sol</i>	<i>Indice C.B.R</i>
<i>S0</i>	<i>>40</i>
<i>S1</i>	<i>25 à 40</i>
<i>S2</i>	<i>10 à 25</i>
<i>S3</i>	<i>5 à 10</i>
<i>S4</i>	<i>< 5</i>

III.5.5 La Méthode AASHTO

III.5.5.1 Présentation et principe de la méthode

La méthode AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), est une méthode de dimensionnement des chaussées de type empirique développée à partir des résultats de l'essai routier AASHO qui s'est déroulé aux États-Unis entre 1958 et 1960. L'objet de cette méthode est de calculer l'épaisseur (ou plutôt les épaisseurs) des différentes couches d'une chaussée en fonction du trafic cumulé en équivalent essieux lourds, des caractéristiques mécaniques du sol support et du taux de fiabilité souhaité. Son principe repose sur le calcul d'un nombre structural (SN) qui est une évaluation de la capacité structurale nécessaire de la chaussée pour supporter les charges du trafic à sa mise en service jusqu'à son retrait. Une fois calculé, ce nombre est utilisé pour l'épaisseur des différentes

couches de la chaussée en fonction des coefficients structuraux (ou facteurs) associés à chaque matériau de chaussée qui entre dans sa composition.[AASHTO , 1993]

III.5.5.2 Versions de la méthode AASHTO

La méthode AASHTO a été modifiée plusieurs fois dans le temps pour améliorer la précision du dimensionnement des chaussées. Initialement, elle est née de l'expérience routière nommée AASHO Road Test menée entre 1958 et 1960 par l'organisation American Association of State Highway Officials. Par la suite la même organisation a délivré plusieurs guides parmi lesquels le AASHTO Interim Guide (1972), le Guide for Design of Pavement Structures (1986) et sa version améliorée 1993, la plus utilisée dans les études académiques, et plus récemment la méthode plus avancée MEPDG – Mechanistic–Empirical Pavement Design Guide qui intègre des modèles mécaniques et des analyses informatiques plus poussées.

III.5.5.3 Méthode empirique AASHTO

$$\text{Log } W = 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\frac{\log \log 4.2 - Pt}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + \text{Log } \frac{1}{R} + 0.372 (S-3)$$

- W = nombre équivalent d'essieux de 8,2 t est compté pendant 15 ans
- SN = indice de structure $SN = \sum a_i D_i$
- S = facteur représentant la portance du sol
- R = facteur qui tient compte des conditions climatiques

(R varie de 0,5 à 5 pour sol gelé à saturé)

Pour le Maroc on prend généralement :

R = 0,75 pour les zones non arides

R = 0,50 pour les zones arides

R = 1,00 pour haute montagne

$$W = \frac{10^{0.372(-3)} \times (SN+1)^{9.36} \times G^{\frac{1}{\beta}}}{R \times 10^{0.2}}$$

- W = nombre équivalent d'essieux de 8,2 t est compté pendant 15 ans

- SN = indice de structure $SN = \sum a_i D_i$ (voir abaque ci-dessous)
- S = facteur représentant la portance du sol (voir abaque ci-dessous)
- Pt = indice de qualité finale
- R = facteur qui tient compte des conditions climatiques

(R varie de 0,5 à 5 pour sol gelé à saturé)

Pour le Maroc on prend généralement :

R = 0,75 pour les zones non arides

R = 0,50 pour les zones arides

R = 1,00 pour haute montagne

$$W = \frac{10^{0.372(S-3)} \times (SN+1)^{9.3} \times G^{\frac{1}{\beta}}}{R \times 10^{0.2}}$$
$$G = \frac{4.2 - Pt}{4.2 - 1.5}$$
$$\beta = 0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$$

Pt : indice de qualité finale (après 15 ans)

États de référence ($5 > \text{Psi} > 0$) :

- Chaussée neuve : Psi = 4,2
- Chaussée à refaire : Psi = 1,5

En pratique, on utilise des abaques faciles à exploiter

III.6 Synthèse des méthodes de dimensionnement

L'analyse des diverses méthodes de dimensionnement des chaussées décrites dans ce chapitre donne une certaine idée du panel de choix utilisés pour concevoir les structures routières.

Les méthodes empiriques, comme les méthodes CBR, CTTTP et CEBTP, sont basées sur l'observation expérimentale et le retour d'expérience. Elles se caractérisent par leur simplicité d'usage et leur adéquation aux projets dits courants et particulièrement lorsque l'on dispose de données mécaniques limitées. En contrepartie, elles présentent un degré de précision modeste, car elles manquent d'une connaissance détaillée du comportement réel des matériaux.

À l'opposé, les méthodes mécanistes et mécanistes–empiriques telles que la méthode SETRA et la méthode AASHTO reposent sur des modèles théoriques qui éclairent l'évaluation des contraintes ou des déformations subies par la structure. Elles permettent ainsi une meilleure précision et une optimisation plus fine du dimensionnement, mais exigent des données plus détaillées et des outils de calcul plus performants.

Ainsi, le choix de la méthode de dimensionnement repose sur plusieurs considérations : le niveau de trafic, les données disponibles, les moyens de calcul et les objectifs du projet. Aucune méthode ne peut être considérée comme universelle, chacune présentant des avantages et des limites selon le contexte d'application.

Cette diversité justifie la nécessité de comparer ces méthodes afin d'identifier leurs différences et d'évaluer leur influence sur les résultats du dimensionnement, ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

III.7 Conclusion

À travers le présent chapitre ont été exposées et analysées plusieurs méthodes de dimensionnement de chaussées, diverses en effet puisque les méthodes CBR, CTPP, SETRA, AASHTO et CEBTP ont des principes et approches différentes de détermination de l'épaisseur des couches de chaussées dans le respect de paramètres incontournables de portance du sol support, d'intensité de trafic et de caractéristiques mécaniques des matériaux autorisant l'insertion envisagée des couches.

L'analyse de ces différentes méthodes a permis de dégager leurs principes de fonctionnement, leurs domaines de validité, leurs intérêts et leurs limites. Certaines relèvent de la seule approche empirique acquise par l'expérience et les observations expérimentales alors que les autres rappellent davantage les questions analytiques liées au comportement mécanique des matériaux.

Cependant, ces points de divergences mis à part, toutes ces méthodes visent à garantir enfin une structure de chaussée chargée d'assurer la prise en compte des charges de trafic dans des délais de service convenables.

Il convient donc de tenter d'apprécier les écarts éventuels entre les différentes approches de dimensionnement. Dans ce but, le chapitre suivant discutera de l'application réelle de certaines de ces méthodes sur un exemple de calcul puis d'une comparaison des résultats obtenus afin de faire apparaître les différences entre les méthodes analysées et leur influence sur l'épaisseur finale des structures de chaussée.

CHAPITRE IV

Etude de cas et analyse comparative



IV. Introduction

Pour les différentes méthodes de dimensionnement des chaussées, il est impératif de mener une étude comparative qui permette de mettre en relation performance et domaine d'application.

Cette étude comparative s'appuie sur différents critères de comparaison (du point de vue de la précision de la méthode, de la simplicité d'application, du coût, de l'accessibilité à la méthode – complexité, données nécessaires -, du coût, de l'adaptabilité aux conditions locales, etc.) qui permettront de mettre en valeur les différents atouts et faiblesses de chacune des méthodes en vue d'orienter au mieux le choix du concepteur..

IV.1. Présentation du projet routier

Le présent projet concerne le dédoublement de la route nationale RN 88 entre la commune de Kaïs wilaya de Khenchela et la limite de la wilaya de Batna sur une longueur d'environ 4 km. Cette infrastructure s'inscrit dans le cadre du développement et de la modernisation du réseau routier national, afin de répondre à la progressive expansion du trafic et d'améliorer les conditions générales de circulation. La RN 88 constitue un axe stratégique dans la région Est du pays, permettant d'assurer la liaison entre plusieurs zones, facilitant le déplacement des usagers et le transport des marchandises. Ainsi, le dédoublement de cette route permet d'augmenter sa capacité, de réduire la congestion et d'assurer un meilleur niveau de service en matière de sécurité et de confort. Ce projet est également d'une importance capitale sur le plan économique puisqu'il permet de favoriser les échanges commerciaux, de réduire les coûts de transport et de contribuer au développement des régions desservies. De ce fait, une étude rigoureuse et un dimensionnement adéquat de la chaussée se révèlent indispensables pour garantir la pérennité de l'infrastructure et l'optimisation de ses performances.

IV.2. Données de base pour le dimensionnement

IV.2.1 Données de trafic

Le trafic constitue un paramètre déterminant dans le dimensionnement des chaussées, car il conditionne directement les sollicitations mécaniques appliquées.

- TMJA = 14000 véh/j/2 sens
- Pourcentage de PL = 30 %
- Répartition sur voie la plus chargée R = 90 %
- Taux d'accroissement $\tau = 3.5 \%$

- Durée de vie = 15 ans

IV.2.2 Calcul de trafic cumulé

$$T = TMJA \times 365 \times \frac{(1 \times 2)^n - 1}{E}$$

$$TMJA_{PL} = 14000 \times 0.30 = 4200 /j$$

$$N = 4200 \times 365 \times \frac{(1.035)^{15} - 1}{0.036}$$

$$N = 2\,9600\,000 \text{ passage} \quad N_{pl} = 2.96 \times 10^7 \text{ Pc}$$

IV.2.3. Données géotechniques

- Nature du sol support:

Les investigations ont montré que le sol est principalement composé de :

- Argiles
- Limons
- Tufts

Avec une dominance de sols fins.

Remarque:

Les sols argileux sont sensibles à l'eau et présentent une faible portance, ce qui nécessite une attention particulière dans le dimensionnement.

a) Résultats des essais géotechniques:

Les essais réalisés comprennent :

- Essai Proctor modifié → pour déterminer la densité maximale et la teneur en eau optimale
- Essai CBR → pour évaluer la portance
- Limites d'Atterberg → pour caractériser la plasticité

b) Les points de sondage qui contient Indice CBR

Table III.9 : L'analyse des coupes lithologique permet de schématiser la lithologie

Puits	Lithologie	Illustration
K1	0.0 – 1.30 m Sol argileux	
K2	0.0 – 0.40 m Corps de chaussées 0.40 – 1.3 Sol limoneux	
K3	0.00-1.50 m Argile sableuse	

K4	0.0 – 0.20 m Corps de chaussées 0.20 – 1.30 m Sol argileux	
K5	0.0 – 1.30 m 1.0 Sol argileux	

c) Analyse granulométrique

Résultats principaux :

- CBR varie entre 1.09 et 23.04 %
- Sol classé entre S4 (très faible) et S2 (bon)

Remarque :

Une faible valeur de CBR implique une structure de chaussée plus épaisse ou un traitement du sol pour améliorer la portance.

IV.2.4 Données climatiques

La région de Khenchela se caractérise par :

- Températures variables (jusqu'à 36°C en été)
- Précipitations modérées avec des périodes humides

Influence sur la chaussée :

- L'eau réduit la portance des sols argileux
- Les variations thermiques provoquent des fissurations

Remarque:

Le climat influence directement la durabilité de la chaussée, notamment à travers les cycles humidification–dessiccation

IV.2.5 Classification des sols support

Selon le GTR, les sols sont classés :

- Classe A : sols fins (argiles, limons)
- Classe B : sols granulaires avec fines (tufs)

Remarque:

Cette classification permet de définir :

- Les conditions de mise en œuvre
- Les traitements nécessaires
- L'aptitude à être utilisés en remblai ou en couche de forme

IV.3. Application méthode CBR

Formule de croissance du Trafic :

$$TJMA_{2036} = TJMA_{2021} \times (1 + Z)^n$$

Application Numérique :

$$\begin{aligned} TJMA_{2036} &= 14000 \times (1 + 0.035)^{15} \\ &= 23380 \text{ V/J/} \end{aligned}$$

Calcule du trafic Poids Lourds (Tpl):

$$Tpl_{2021} = 14000 \times 0.30 = 4200 \text{ PI / J}$$

$$Tpl_{2036} = 23386 \times 0.30 = 7012 \text{ PI/J}$$

Nombre de Poids Lourds Cumulés (Npl) :

$$N_{PL} = 365 \times \left(\frac{Tpl_{2021} + Tpl_{2036}}{2} \right) \times 15$$

$$N_{pl} = 30707325$$

$$N_{pl} = 3.0707325 \times 10^7$$

Données de calcul :

- **Trafic cumulé :**

$$N = 3.07 \times 10^7$$

- **Charge à l'essieu :**

$$P = 6.5 \text{ tonnes}$$

- **Durée de vie :**

$$15 \text{ ans}$$

- **Valeurs de CBR :**

$$CBR_1 = 1.09$$

$$CBR_2 = 7.47$$

$$CBR_3 = 11.26$$

$$CBR_4 = 23.04$$

La formule utilisée :

$$E = \frac{100 + \sqrt{(75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right))}}{CBR + 5}$$

$$CBR : 1.09 :$$

$$E = \frac{100 + \sqrt{6.5(75 + 50 \log \left(\frac{3.07 \times 10^7}{10} \right))}}{1.09 + 5}$$

$$E = 183.60 \text{ cm}$$

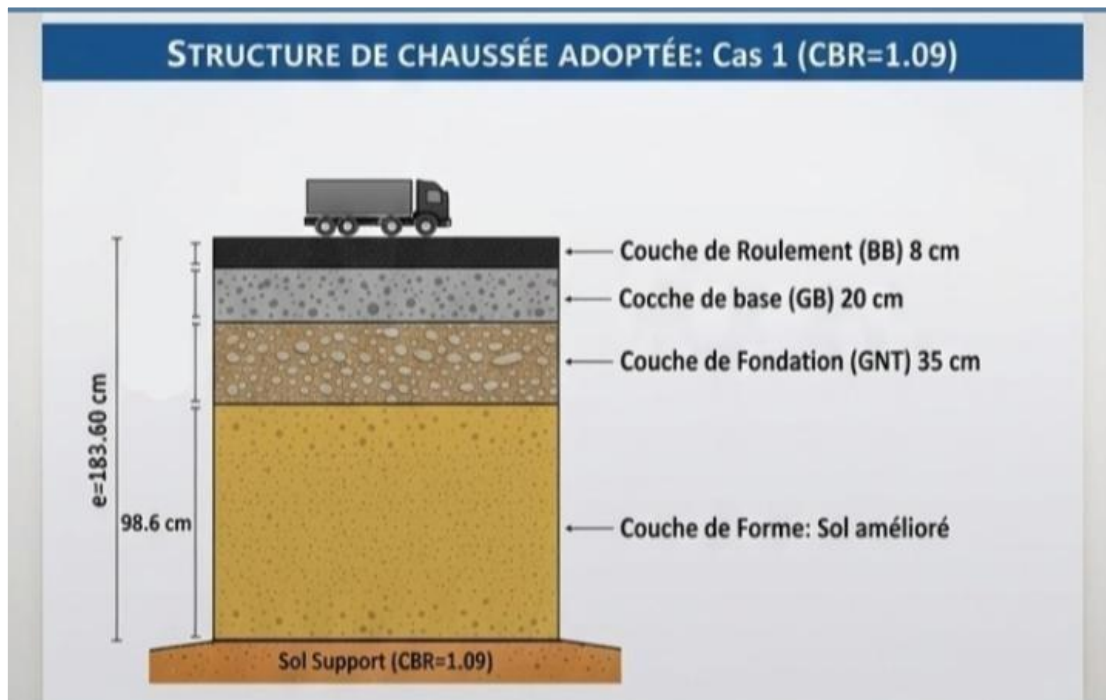
Résultats des différentes valeurs de CBR :

Structure des chaussées proposées :

- Cas N° 01: CBR = 1.09 (sol très faible)

$$e = 183.60 \text{ cm}$$

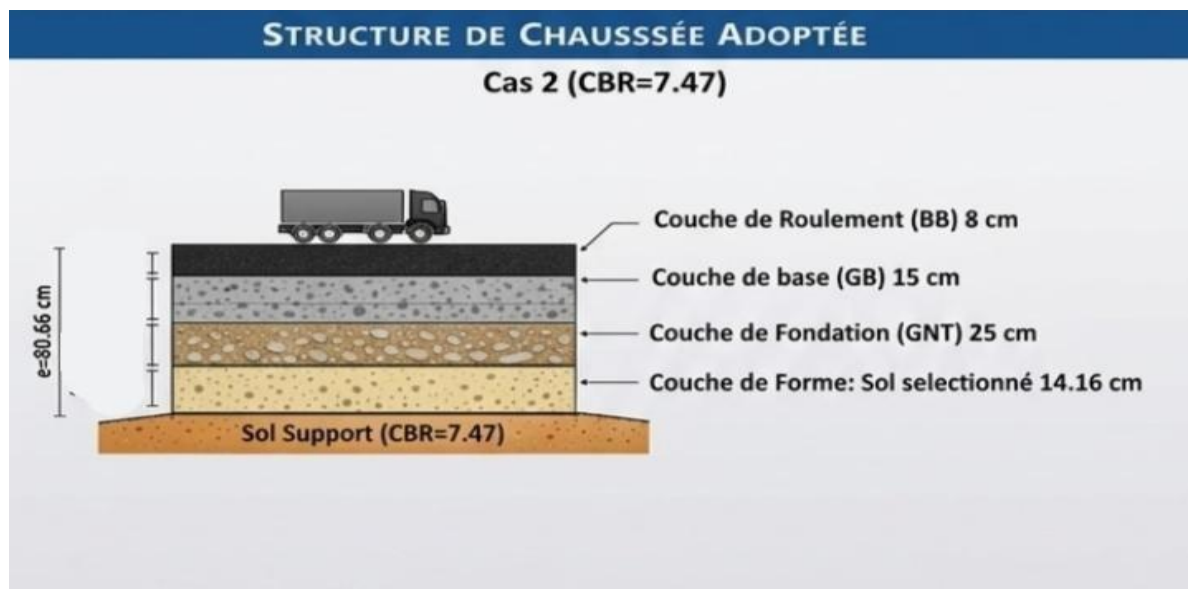
Couche	Nature	Epaisseur
Couche de roulement	Béton bitumineux (BB)	8
Couche de base	Grave bitume (GB)	20
Couche de fondation	Grave non traité (GNT)	35
Couche de forme	Sol amélioré	98.6



Figures IV.10 : structure de chaussée proposée Cas N°01

Pour cette cas où le CBR est égal à 1,09 %, l'épaisseur obtenue par la méthode CBR est relativement importante en raison de la très faible portance du sol support. Bien qu'une amélioration du sol puisse permettre de réduire cette épaisseur, cette étude s'est limitée à l'application directe de la méthode afin de comparer les résultats des différentes approches de dimensionnement.

➤ **Cas N° 2 : CBR = 7.47 (sol moyen) $e=80.66$ cm**



Couche	Nature	Epaisseur
Couche de roulement	Béton bitumineux (BB)	8
Couche de base	Grave bitume (GB)	15
Couche de fondation	Grave non traité (GNT)	25
Couche de forme	Sol sélectionné	14.16

➤ **Cas N° 3 : CBR := 11.26 (bon sol)**

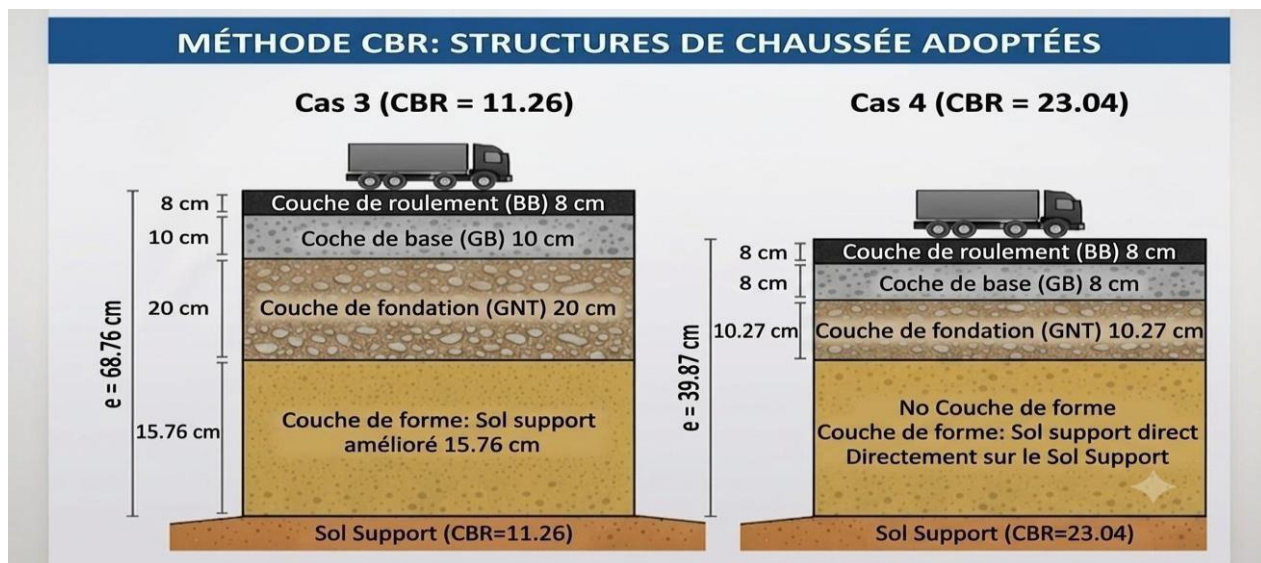
e=68.76 cm

Couche	Nature	Epaisseur
Couche de roulement	Béton bitumineux (BB)	8
Couche de base	Grave bitume (GB)	10
Couche de fondation	Grave non traité (GNT)	20
Couche de forme	Sol support amélioré	15.76

➤ **Cas N° 4 : CBR = 23.04 (très bon sol)**

$e=39.87 \text{ cm}$

Couche	Nature	Epaisseur
Couche de roulement	Béton bitumineux (BB)	8
Couche de base	Grave bitume (GB)	8
Couche de fondation	Grave non traité (GNT)	10.27



IV.3.1 Analyse critique (Méthode CBR)

Les résultats obtenus montrent une variation importante de l'épaisseur totale de la chaussée en fonction de la valeur du CBR du sol support.

a) Influence du CBR sur l'épaisseur

On observe que :

- Lorsque le CBR est faible, l'épaisseur calculée est très grande.
- Lorsque le CBR augmente, l'épaisseur diminue progressivement.

*** Cela s'explique par le fait que :**

Un sol avec un CBR faible possède une faible portance → nécessite une structure plus épaisse pour répartir les charges.

Un sol avec un CBR élevé est plus résistant → nécessite une épaisseur plus faible.

2. Cas critique du dimensionnement

Le cas le plus défavorable correspond à :

CBR = 1.09

Ce cas donne une épaisseur très importante, ce qui implique :

- Un coût de construction très élevé
- Une difficulté de réalisation sur chantier
- Une couche de forme très épaisse (souvent non économique)

* Par conséquent, ce cas est généralement utilisé comme cas dimensionnant pour garantir la sécurité de la chaussée.

b) Limites de la méthode CBR

Malgré sa simplicité, la méthode CBR présente plusieurs limitations :

Méthode empirique basée sur des essais de laboratoire

Ne prend pas en compte :

- les conditions climatiques
- le drainage
- la fatigue des matériaux
- Sensible aux erreurs de détermination du CBR

* Donc Ces résultats doivent être confirmés par d'autres moyens.

c) Pertinence économique

Les structures obtenues pour les faibles CBR sont souvent surdimensionnées.

Il est plus économique de :

améliorer le sol (traitement à la chaux/ciment) ou remplacer la couche de forme

• Cela permet de réduire considérablement l'épaisseur totale.

IV.4 Application de méthode SETRA (Catalogue SETRA)

Classe de trafic :

En utilise :

$$Tc = \Gamma_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{x+1} - 1}{\tau} \right] \times 365$$

Donnée :

- TPL=2025
- $\tau=0.035$
- $n=15$

en calcul :

$$(1+0.035)^{16} = 1.035^{16} = 1.72$$

$$\frac{1.72-1}{0.035} = \frac{0.72}{0.035} = 20.57$$

$$1+20.57=21.57$$

$$Tc=2025 \times 21.57 \times 365$$

$$Tc = 2025 \times 7873 = 15.94 \times 10^6$$

Résultat :

$$Tc = 1.59 \times 10^7 \text{ PL}$$

Classe du trafic :

A partir du tableau suivant :

Classe	Domaine
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$

Classe du sol :

D'après le rapport :

Puits	CBR
K01	1.09
K04	7.47
K02	11.26
K05	23.04

Classification :

CBR	Classe
-----	--------

5	S4
5-10	S3
10-25	S2

Résultats :

CBR	Classe
1.09	S4
7.47	S3
11.26	S2
23.04	S2

Tableau détermination du trafic :

Paramètre	Valeur
TJMA	14000 véh/j
% P	30%
TPLi	2025 Pl/j/sens
τ	3.5%
n	15 ans
Tc	1.59 x 10 ⁷
Classe Trafic	T4

Tableau classe du sol :

Puits	CBR	Classe Sol
K01	1.09	S4
K05	7.47	S3
K02	11.26	S2
K07	23.04	S2

Choix de la structure (Catalogue SETRA):

Structure 1 (CBR = 1.09 → S4)

- BB : 8 cm
- GB : 18 cm
- GNT : 35 cm
- Couche de forme : 60 cm

Structure 2 (CBR = 7.47 → S3)

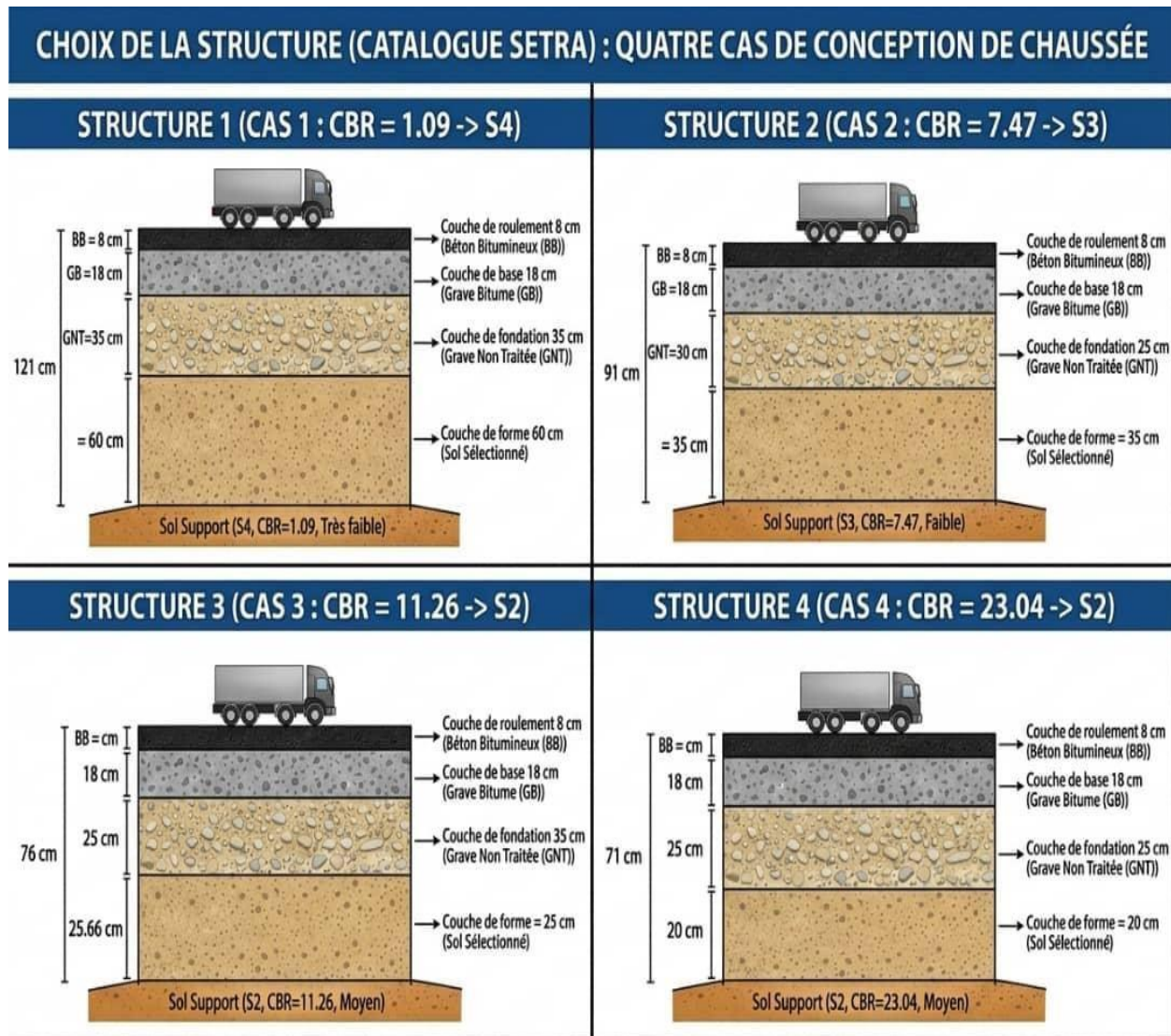
- BB : 8 cm
- GB : 18 cm
- GNT : 30 cm
- Couche de forme : 35 cm

Structure 3 (CBR = 11.26 → S2)

- BB : 8 cm
- GB : 18 cm
- GNT : 25 cm
- Couche de forme : 25 cm

Structure 4 (CBR = 23.04 → S2)

- BB : 8 cm
- GB : 18 cm
- GNT : 25 cm
- .03 Couche de forme : 20 cm



IV.4.1 Analyse critique des résultats (Méthode SETRA)

a) L'effet de la classe de trafic et du sol

En effet, les résultats obtenus à partir de la méthode SETRA montrent que le dimensionnement dépend principalement de :

- * La classe de trafic (T4).
- * La classe du sol support (S2 → S4).

On constate que :

Lorsque le sol ne possède pas de bonne portance (S4), la structure devra être plus épaisse (surtout la couche de forme).

Lorsque la portance du sol est plus élevée ($S3 \rightarrow S2$), les épaisseurs vont progressivement diminuer.

* Cela s'explique par :

Un sol faible va nécessiter une meilleure distribution des vraies charges appliquées,

Un sol résistant va limiter le besoin de couches épaisses.

b) Cas critique du dimensionnement

Le cas le plus défavorable correspond à :

* $CBR = 1.09 \rightarrow$ Classe S4 il impose donc : une couche de forme importante (≈ 60 cm),

une épaisseur globale élevée,

un coût du projet accru :

* Consommation importante de matériaux,

Temps d'exécution trop long,

contrainte de mise en œuvre.

Comme dans la méthode CBR, ce cas est reconnu comme cas dimensionnant, afin de garantir la durabilité de la chaussée.

c) Les points positifs de la méthode SETRA

À la différence de la méthode CBR, la méthode SETRA :

Tient compte :

Du trafic réel (par les classes T)

De la portance du sol (classes S)

Des diverses structures validées dans le cadre d'études spécifiques.

Autorise :

un dimensionnement plus réaliste qui permet

une application rapide (catalogue)

une cohérence avec les pratiques routières

•Donc elle est plus fiable pour les projets réels.

d) Limites de la méthode SETRA

Si elle a ses avantages, l'outil présente aussi des limites :

Basée sur un catalogue standard (peu flexible)

Ne tient pas compte directement :

des conditions climatiques spécifiques

du drainage détaillé

des propriétés mécaniques précises des matériaux

* Donc, les résultats restent approximatifs et doivent être validés par d'autres moyens. (ex : logiciel Alizé).

e) Pertinence économique

Il apparaît que :

Pour les sols faibles (S4), les structures sont très coûteuses

L'épaisseur de la couche de forme est souvent importante

Toujours mieux :

Améliorer le sol (traitement à la chaux ou ciment) ou utiliser des matériaux choisis

Permet d'atteindre : épaisseur réduite, coûts réduits et performances mécaniques élevées.

IV.5 Application de la Méthode CTPP

Classe de trafic :

Nous avons : 2025 PL/j/sens

Selon le catalogue CTPP :

$$1500 \leq T P L_i \leq 3000$$

Donc : classe de trafic = TPL6 (réseau principal)

Comparaison avec les classes de portance :

CBR	Classe Sol	Etat de portance
1.09	S4	Très faible
7.47	S3	Moyenne
11.26	S2	Bonne
23.04	S2	Bonne

Structure de Chaussée obtenues (Méthode CTPP)

CBR	BB (cm)	GB (cm)	GNT	Couche de forme	Epaisseur total
1.09	8	18	35	60	121
7.47	8	18	30	40	96
11.26	8	16	25	20	69
23.04	8	14	20	0-15	42-57

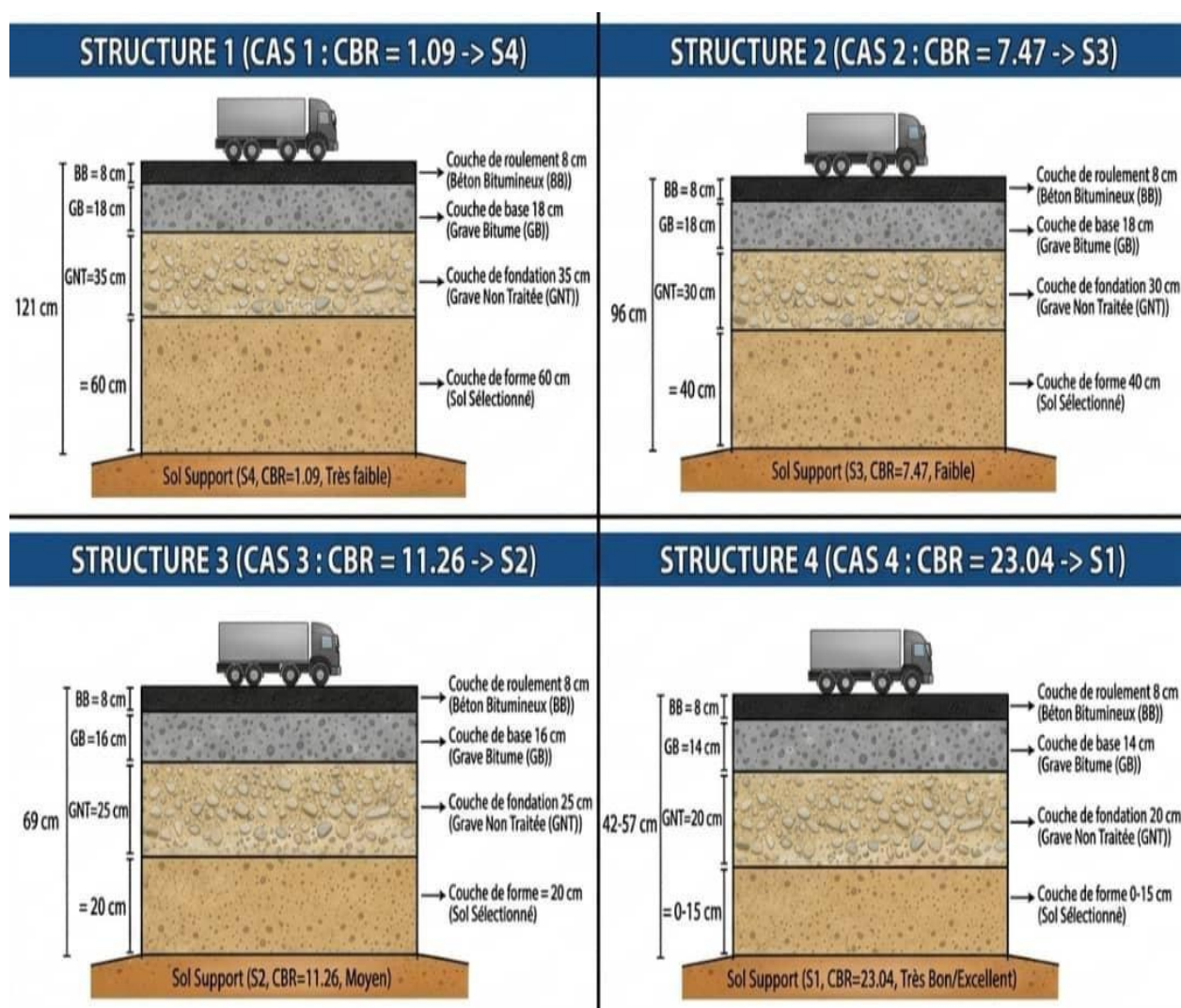


Figure IV. 14 : Analyse des Quatre cas de CBR

IV.5.1 Analyse critique des résultats de dimensionnement (Méthode CTPP)

a) Influence du CBR sur le dimensionnement

Les résultats de la méthode CTTP montrent que le dimensionnement est très dépendant de la portance du sol (CBR).

* On constate :

Un très faible CBR (1.09) donne une très grande épaisseur (121 cm).

Quand le CBR augmente (7.47 → 11.26), l'épaisseur se réduit (96 cm → 69 cm).

Pour des sols encore plus portants, l'épaisseur se réduit (42 à 57 cm).

* En effet :

Un sol faible ne supporte pas les charges ⇒ des couches épaisses pour répartir les contraintes.

Un sol fort supporte mieux ⇒ des épaisseurs moindres sont requises.

b) Influence des couches de structure

On remarque aussi que la variation concerne surtout la :

Couche de forme :

- grosse pour CBR = 1.09 (≈ 60 cm)

qui diminue fortement jusqu'à disparaître (0–15 cm)

La couche GNT :

- Grosse dimension qui diminue (35 → 20 cm)

Les couches supérieures (BB et GB) :

appartiennent en gros à la même classe d'épaisseur (faible variation)

* ce qui signifie :

La méthode CTTP affecte les couches inférieures pour compenser la faiblesse du sol.

c) Cas critique du dimensionnement

Le cas toujours le plus défavorable est le suivant :

- CBR = 1.09

On doit alors :

Avoir une structure très épaisse (121 cm)

Une couche de forme très épaisse

Matériaux très consommés

* Cela implique :

- Pour beaucoup de moyens,
- Beaucoup de temps pour l'exécution,
- Difficultés de mise en oeuvre

Donc ce cas a été retenu comme cas dimensionnant pour assurer la durabilité de la chaussée.

d) Avantages de la méthode CTPP

✓ La méthode CTPP est bien :

Un dimensionnement relativement simple.

Une adaptation directement au CBR.

Une estimation assez bonne des épaisseurs nécessaires.

✓ Elle est utile pour :

Les études préliminaires

Les projets pour lesquels on a peu de données.

e) Limites de la méthode CTPP

Pour des raisons imaginables, malgré ses avantages, cette méthode présente certaines limites :

- ✓ Basée essentiellement sur le CBR seulement
- ✓ Ne tient pas compte directement :
 - ✓ Du trafic détaillé.
 - ✓ Les conditions climatiques.
 - ✓ Du drainage.

Approche simplifiée par rapport aux méthodes modernes :

* Donc :

Les résultats demeurent approximatifs et doivent être vérifiés par d'autres méthodes (SETRA, AASHTO...).

f) Pertinence économique.

Les résultats montrent que :

Les sols faibles (CBR faible) $\Rightarrow$ structures très coûteuses.

- ✓ La couche de forme est la plus importante dans le coût.
- ✓ D'où l'intérêt de mieux : Améliorer le sol (chaux, ciment)
- ✓ Ou utiliser des matériaux sélectionnés.

Ce qui permet de :

- ✓ Réduire l'épaisseur totale.
- ✓ Diminuer le coût.
- ✓ Améliorer les performances mécaniques.

IV.6 Application de méthode CEBTP

Trafic cumulé (TN) :

$$T_n = PL_{\text{jour}} \times 300 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Mais nous pensons Avant :

$$N = 3.07 \times 10^7$$

Classe de trafic :

Selon le Tableau 4 :

$$T_4 = 4 \times 10^6 \text{ vers } 10^7$$

$$\text{Et nous avons : } 3 \times 10^7$$

Donc : Classe = T4 (trafic élevé)

Tableau IV.1: les épaisseurs des couches par la méthode de CEBTP

C.B. R	Trafic cumulé des Poids Lourds ($P \geq 3T$)							
	10^5 à 5.10^5 T_1		5.10^5 à $1.5 \cdot 10^6$ T_2		$1.5.10^6$ à 4.10^6 T_3		4.10^6 à 10^7 T_4	
	Base	Fondation	Base	Fondation	Base	Fondation	Base	Fondation
5-10	20	15	25	15	25	20	30	20

10-15	15	15	20	15	20	20	25	20
15-30	10	15	15	15	15	20	20	20
30-80	0	15	0	15	0	20	0	20
C.R	2 cm		3 cm		4 cm		5 cm	

Structures de chaussée:

CBR = 1.09 (S1)

- Couche de roulement (CR) = 5 cm
- Couche de base = 30 cm
- Couche de fondation = 20 cm

CBR = 7.47 (S2)

- CR = 5 cm
- Base = 30 cm
- Fondation = 20 cm

CBR = 11.26 (S3)

- CR = 5 cm
- Base = 25 cm
- Fondation = 20 cm

CBR = 23.04 (S4)

- CR = 5 cm
- Base = 20 cm

- Fondation = 20 cm

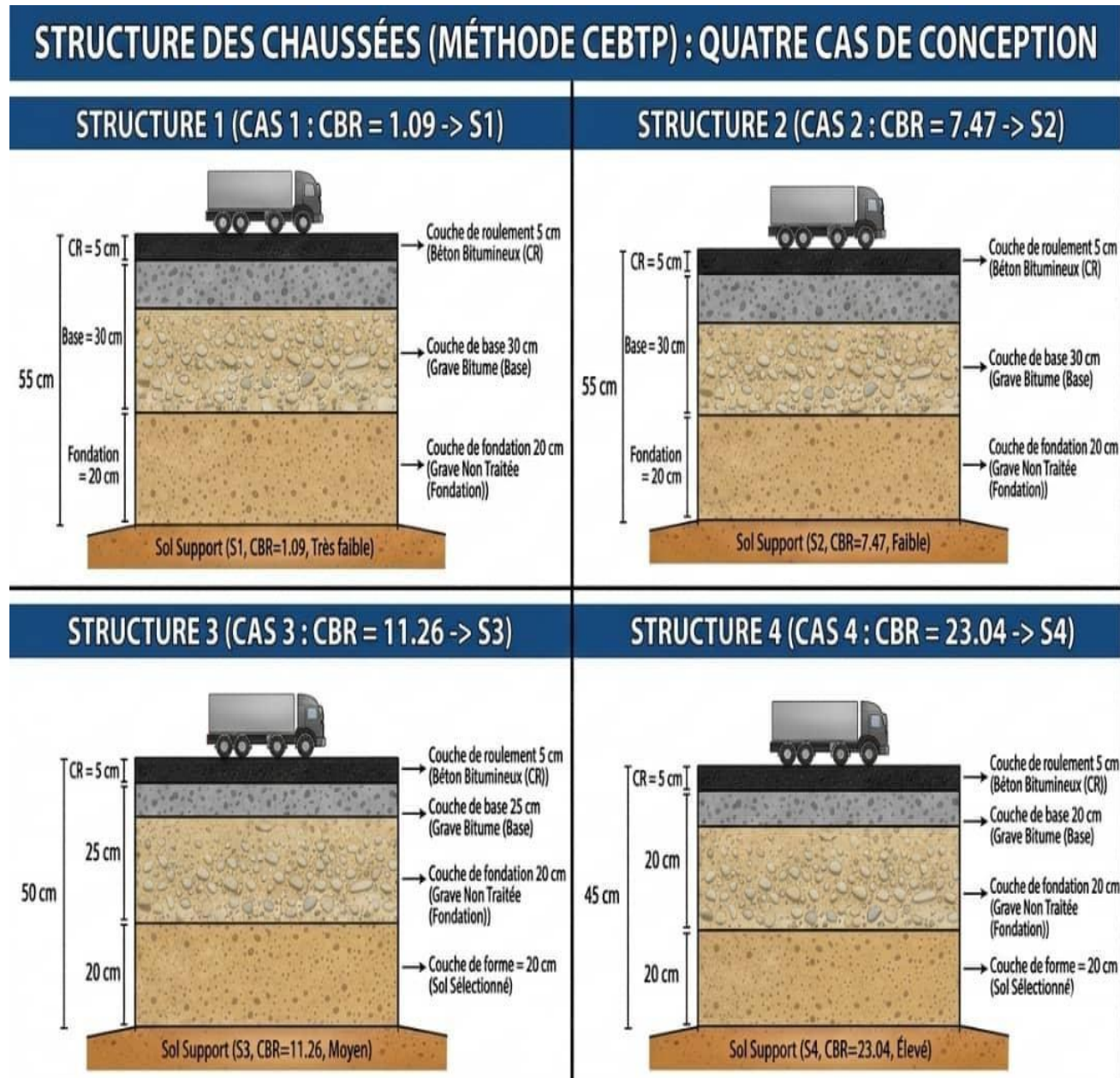


Figure IV.12 Structure des chaussées (méthode CEBTP)

IV.6.1 Analyse critique des résultats (Méthode CEBTP)

a) Influence du CBR sur le dimensionnement

Il apparaît clairement selon les résultats fournis par la méthode CEBTP (par tableaux) que le dimensionnement est fonction de la portance du sol exprimée par le CBR, mais de façon moins sensible que dans d'autres méthodes.

- En effet : Quand le CBR est faible (1.09) l'épaisseur totale est relativement élevée (≈ 55 cm).

Pour CBR = 7.47

L'épaisseur reste constante (≈ 55 cm)

Quand le CBR augmente (11.26 $\rightarrow$ 23.04)

l'épaisseur diminue peu (50 cm $\rightarrow$ 45 cm).

- Ce qui s'explique par :

La méthode CEBTP est construite sur des classes (intervalles de CBR) et non sur des valeurs exactes.

Donc, en fait plusieurs valeurs de CBR peuvent donner la même structure.

- A l'inverse de la CTTTP :

La variation ici est discrète et non continue.

b) Influence des couches de structure

On constate que c'est la couche de base qui est modifiée :

✓ Couche de base : Réduit avec le CBR (30 $\rightarrow$ 20 cm)

✓ Couche de fondation : Constante (≈ 20 cm)

Couche de roulement : Constante (5 cm)

- Ce qui signifie que : La méthode CEBTP a surtout un effet sur la couche de base pour adapter la structure au sol.

A l'inverse ni la CTTTP : il n'y avait pas de coulé de forme la pratique est très simple et améliorable

c) Cas critique du dimensionnement

Le cas le plus défavorable correspond à :

✓ CBR = 1.09 et 7.47

Ce cas impose :

- Une structure de 55 cm
- Une couche de base d'au moins 30 cm (ou les deux)
- Ce qui implique :
 - Une consommation importante de matériaux granulaires
 - Un coût plus élevé

- ✓ Ce cas à retenir comme cas dimensionné Pour garantir la sécurité et la durabilité.

d) Avantages de la méthode CEBTP

- ✓ La méthode CEBTP est
 - Rapide et simple
 - C'est suffisant avec les tableaux
 - Global avec possibilité d'application directe

- ✓ S'applique à
 - Les études préliminaires
 - Les projets routiers ordinaires
 - Les pays en voie de développement

e) Limites de la méthode CEBTP

Ses limites (malgré ses avantages) :

- Classes approximatives
- Ne puis évaluer précisément :
 - Le trafic de détail
 - Les conditions climatiques
 - Les conditions de drainage
- Sensibilité relativement faible aux variations du CBR

D'où :

- Résultats généraux
- Impliquent confirmation par méthodes plus pointues (SETRA, AASHTO ...)

f) Pertinence économique

Ces résultats montrent que

- Structures modérées même à faible CBR
- Épaissement constant ⇒ Coût stable

✓ Ce qui implique :

Méthode « économique » pour projets standards

Mais peut être moins optimisée

✓ Recommandations

Pour optimiser le projet :

- Stabilisation du sol (chaux, ciment)
- Utilisation de matériaux choisis

Cela permet :

- Aménager les épaisseurs
- Optimiser les coûts
- Optimiser les performances

IV.7. Application de la méthode AASHTO

Nous avons:

$$N_{pl} = 3.07 \times 10^7$$

Paramètre	Valeur	Remarque
Log W_{18}	7.45	Log (3.07 x 10 ⁷)
Z_R	-1.645	R=90%
S_0	0.45	Standard
ΔPSI	2.2	Sol faible
M_R	1 635 Psi	1500 x 1.09
Log M_R	3.21	
M	1.0	Drainage normal

Etape 04 : équation principale ~~AASHTO~~ AASTHO :

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \text{ Log } (SN+1) + \frac{\left(\frac{2.2}{2.7}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{ Log } M_R - 8.07$$

Substitution :

Chapitre IV : Etude De Cas Et Analyse Comparative

$$7.45 = -0.74 + 9.36 \log (SN + 1) + X + 7.45 - 8.07$$

Où $X = -0.38$ (Pour $SN=4.75$)

Solution itérative précise : $SN_f = 4.8 \text{ inch} = 12.2 \text{ cm}$

Etape 5 : répartition des couches (Sol CBR = 1.09 très faible)

Couche	Coefficient a	Epaisseur T (cm)	$S_{ni} = a \times t$ (inch)
Enrobé bitumineux	0.44	10	1.73
Fondation Traitée	0.34	15	2.01
Sous-fondation	0.14	20	1.10
Total		45	4.8

$$SN = 0.44 \times (10^{2.54}) + 0.34 \times (15^{2.54}) + 0.14 \times (20^{2.54})$$

$$SN = 1.73 + 2.01 + 1.10$$

$$SN = 4.84$$

Cas N°01 : CBR = 7.47 % (sol moyen – bon)

$$M_r = 1500 \times 7.47 = 11\,205 \text{ PSI} \quad SN = 3.5$$

Couche	Coefficient a	Epaisseur T (cm)	$S_{ni} = a \times t$ (inch)
Enrobé bitumineux	0.44	8	1.38
Fondation Traitée	0.34	10	1.33
Sous-fondation	0.14	15	0.85
Total		33	3.5

Cas N°02 : CBR = 11.26 % (sol bon)

$$M_r = 1500 \times 11.26 = 16\,890 \text{ PSI} \quad SN = 2.9$$

Couche	Coefficient a	Epaisseur T (cm)	$S_{ni} = a \times t$ (inch)
Enrobé bitumineux	0.44	6	1.03
Fondation Traitée	0.34	10	1.33
Sous-fondation	0.14	12	0.66
Total		28	2.9

Cas N°03 : CBR = 23.04 % (sol excellent)

$$Mr = 1500 \times 23.04 = 34560 \text{ PSI} \quad SN=2.48$$

Couche	Coefficient a	Epaisseur T (cm)	Sni = a x t (inch)
Enrobé bitumineux	0.44	6	1.03
Fondation Traitée	0.34	7	0.93
Sous-fondation	0.14	10	0.55
Total		23	2.48

Comparaison Complète :

Cas	CBR%	Mr(psi)	SNf	Epaisseur
CBR=1.09	1.09	1 635	4.8	45
CBR=7.47	7.47	11 205	3.5	33
CBR=11.26	11.26	16 890	2.9	28
CBR=23.04	23.04	34 560	2.48	23

IV.7.1. Analyse critique des résultats (Méthode AASHTO)

a) Influence du CBR sur le dimensionnement

Les résultats obtenus avec la méthode AASHTO montrent que le dimensionnement de la chaussée dépend étroitement de la portance du sol exprimée par l'indice CBR.

* Et l'on constate que :

- Lorsque le CBR est très faible (CBR = 1.09), l'épaisseur totale est très importante (45 cm)
- Pour le CBR moyen (CBR = 7.47), l'épaisseur diminue à (33 cm)
- Pour CBR = 11.26, l'épaisseur devient (28 cm)
- Lorsque le CBR est fort (CBR = 23.04), l'épaisseur n'est plus que de (23 cm)

* Et l'on peut donc dire :

Plus la portance du sol augmente, moins l'épaisseur de la structure diminue fortement

* Explication :

- La méthode AASHTO étant une méthode mécaniste-empirique intégrant :
- Le trafic (nombre d'essieux équivalents ESAL)

- Le module résilient du sol (M_r) (en relation directe avec le CBR)
- Le numéro structural (SN)

D'où toute variation du CBR produit un impact sur le dimensionnement

Variation continue et très sensible alors que certaines méthodes sont par classes

b) Influence des couches de structure

L'analyse des résultats montre bien que toutes les couches de la chaussée sont impactées par la variation du CBR :

- Couche de roulement (enrobé bitumineux) Légère diminution (de 10 cm à 7 cm)
- Couche de fondation supérieure : diminution progressive (de 25 à 12 cm)
- Couche de fondation inférieure (sous-fondation) : diminution très importante (de 50 à 10 cm)

*** Interprétation :**

L'adaptation au sol est une approche qui ne concerne pas une couche, mais toutes en même temps.

La sous-fondation est la plus touchée

* Ainsi, un sol peu favorable nécessite une épaisseur importante de la fondation (surtout en profondeur), alors qu'un sol acceptable permet d'alléger toutes les couches.

c) Cas critique du dimensionnement

Le cas défavorable est :

- ✓ CBR = 1.09 (sol très faible), ce qui impose 45 cm d'épaisseur totale, dont 20 cm de sous-fondation :

Cela implique

- Une utilisation importante de matériaux,
- un coût important,
- des contraintes d'exécution plus importantes.

Ce cas est à envisager comme cas dimensionnant pour garantir la sécurité et la durabilité de la chaussée

d) Avantages de la méthode AASHTO

Méthode précise et fiable, fondée sur des paramètres réels (trafic, sol, fiabilité intéressants), prenant en compte le comportement mécanique de la chaussée ;

Sensibilité au CBR élevé, permet d'optimiser le dimensionnement ;

Domaine d'application : dans les projets routiers importants, pour des routes à fort trafic, études détaillées et techniques.

5. Limites de la méthode AASHTO

Cependant, cette méthode est limitée par :

- Le calcul est relativement complexe
- Le besoin de données précises (trafic, drainage, fiabilité...)
- Sa sensibilité aux erreurs dans les données d'entrée.
- Sa mise en œuvre est plus ardue sans outils ou abaques.

D'où résulte :

Une méthode moins bien adaptée aux études préliminaires rapides,

Et nécessitant une certaine compétence technique.

e) Pertinence économique

Les résultats montrent que :

Pour un sol faible (CBR faible) $\Rightarrow$ coût très important (grandes épaisseurs)

Pour un sol de bonne qualité $\Rightarrow$ diminution forte des épaisseurs donc du coût

Ce qui implique que :

La méthode AASHTO donne une optimisation économique en fonction de la qualité du sol, • Cependant :

Elle peut amener à des structures très coûteuses si le sol est médiocre,

f) Recommandations

Pour mieux optimiser le projet, il est souhaitable de :

- Améliorer la portance du sol (traitement à la chaux ou au ciment),
- D'assurer un bon drainage,
- De choisir des matériaux de meilleure qualité,

Pour :

- Diminuer les épaisseurs
- Diminuer les coûts
- D'assurer une meilleure durabilité et la performance de la chaussée.

IV.8. Analyse comparatives des chaussées obtenues par les différentes méthodes

La disparité des résultats entre les différentes méthodes d'évaluation n'est pas aléatoire mais correspond strictement à l'optique de dimensionnement considérée dans chaque cas de l'indice de CBR. En effet, la méthode CBR donne les épaisseurs les plus élevées avec une logique empiriste uniquement fondée sur la portance en sol. Cet angle mort naturel d'optimisation pouvait être considéré comme compromis sur le trafic réel, ou encore sur le comportement mécanique du matériau, et pouvait donc entraîner un surdimensionnement, en particulier pour faible CBR.

En revanche, la méthode AASHTO, reprenant des paramètres mécaniques (module résilient, trafic cumulé) donne des épaisseurs plus faibles ; l'optimisation résidait alors dans une meilleure modélisation du comportement réel de la chaussée.

Le Catalogue SETRA et la méthode CTPP adoptent le compromis des deux méthodes car elles restaient sécuritaires tout en tenant compte de certaines conditions de sol ; la diminution continue des épaisseurs en fonction du CBR montre la cohérence physique du modèle. Concernant la méthode CEBTP, la faible variabilité des épaisseurs s'oriente vers un surdimensionnement peu sensible aux conditions réelles du sol.

Méthodes CBR	1.09	7.47	11.26	23.04
CBR	183.60	89.66	68.76	39.87
CTTP	121	96	69	42.57
SETRA	121	91	76	71
CEBTP	55	55	50	45
AASHTO	45	33	28	23

Interprétation clé :

Plus la méthode est simplifiée → plus l'épaisseur est grande (sécurité mais coût élevé)

Plus la méthode est mécaniste → plus le dimensionnement est optimisé.

IV.9. La méthode la plus appropriés aux conditions local en Algérie

Le choix d'une méthode ne dépend pas uniquement de la précision nécessaire, mais également du compromis entre valeur de la donnée et application au terrain.

La méthode CBR est bien adaptée aux conditions locales grâce à sa simplicité et à la faisabilité du test. Mais elle peut avoir un caractère péremptoire pouvant mener à des surcoûts importants et surtout elle apparaît peu optimale dans le cadre de projets d'envergure.

Le Catalogue SETRA apparaît comme le meilleur compromis en Algérie car :

- Il s'appuie sur des conditions proches (faire, climat, sols) ;
- Il ne nécessite pas de données complexes de calculs ;
- Il offre un équilibre sécurité / coût intéressant ;
- ✓ La méthode AASHTO, même si elle est la plus précise, peine à trouver ses applications locales, car le manque de données requises (trafic équivalent, module résilient) limite son utilisation sous l'angle pratique.
- ✓ La méthode CTTT serait complémentaire de la méthode principale pour vérification ou comparaison, elle reste secondaire.
- ✓ La méthode CEBTP est celle qui présente le moins d'aptitudes pour un dimensionnement final.

Interprétation ultime :

Algérie = contraintes pratiques + sols hétérogènes

donc méthode idéale = Catalogue SETRA (équilibre réalisme/simplicité)

CBR = méthode utile pas optimale

AASHTO = méthode idéale sur le principe pas dans la mise en œuvre.

IV.10. Conclusion

Au cours de ce chapitre, plusieurs méthodes de dimensionnement des chaussées ont été étudiées dans un même cas d'étude, notamment les méthodes CBR, CTTT, SETRA, CEBTP et AASHTO. L'objectif principal consistait à comparer ces approches et à évaluer leur pertinence dans le contexte algérien. Les résultats obtenus montrent que la méthode CBR conduit généralement à des structures surdimensionnées, en raison de sa simplicité et de son faible nombre de paramètres pris en compte dans l'analyse du comportement réel de la chaussée. La méthode CTTT très employée en

Algérie, apparaît globalement bien adaptée aux conditions locales, mais montre dans l'analyse que certains cas de dégradations peuvent apparaître prématurément sur le terrain, à la faveur de sa bonne évolution théorique. En revanche, les méthodes SETRA et AASHTO proposent un meilleur dimensionnement du fait qu'elles privilégient une approche plus élaborée prenant à la fois en compte les caractéristiques mécaniques des matériaux et les effets du trafic. De fait, elles se révèlent à la fois équilibrées entre performance, durabilité et coût. Cette étude démontre enfin qu'une méthode unique ne garantit pas forcément la durabilité des chaussées, ce qui fait qu'un choix approprié doit viser un mélange approprié entre les avantages de chacune d'elles. Afin d'améliorer la qualité du dimensionnement.

En conclusion, bien que la méthode CTPP reste la référence en Algérie, son utilisation seule peut s'avérer insuffisante dans certaines conditions. L'intégration de méthodes complémentaires comme SETRA ou AASHTO pourrait constituer une solution plus performante pour assurer la durabilité des infrastructures routières.

CONCLUSION GÉNÉRALE



Conclusion générale

Nous avons comparé et mis en relief les différences existantes dans les méthodes de dimensionnement des couches de chaussée (CBR, CEBTP, CTTT, Catalogue SETRA et AASHTO) utilisant des approches diverses qui vont des méthodes empiriques « simples » (CBR) aux méthodes plus élaborées et mécanistes (AASHTO) dont le fondement théorique nécessite un certain nombre de paramètres. Au travers des résultats obtenus, on peut noter que la méthode CBR conduit généralement vers des structures de chaussée dimensionnées plus fortement, en vue de la philosophie qui sous-tend cette approche principalement fondée sur la portance du sol même si elle garantit une certaine sécurité, mais elle peut engendrer un surdimensionnement et donc un surcoût. La méthode AASHTO sur laquelle repose le dimensionnement autrichien dès lors préconise des épaisseurs de chaussée plus optimisées, intégrant le trafic et les paramètres mécaniques, soit de nouveaux critères d'insertion métrologique, mais elle n'est guère applicable en Algérie à cette étape actuelle où il existe un manque de données fiables. Un compromis relativement efficace est alors réalisé en mobilisant le Catalogue SETRA et la méthode CTTT qui permettent des dimensionnements réalistes, sécuritaires et applicables au terrain.

En conséquence, cette question posée dans ce travail d'ordre structural concernant le choix de la méthode de dimensionnement la plus adaptée aux conditions locales en Algérie a été résolue. Nous avons trouvé que le Catalogue SETRA est le mieux adapté, étant le meilleur compromis en termes de précision, de simplicité et d'adéquation aux conditions réelles.

Dans ce sens, dans le but d'améliorer encore le dimensionnement des chaussées, nous avons proposé que la recherche future s'orienterait vers une intégration progressive des approches mécanistes-empiriques, notamment à travers la diffusion de la méthode AASHTO à l'algérien, nécessitant plus de maîtrise des données de trafic et une meilleure caractérisation des matériaux, ce qui pourrait permettre, à terme, une amélioration encore plus marquée de structures optimisées économiquement et durables.

BIBLIOGRAPHIE :



Bibliographie

1. Ouvrages et Livres

Céleste, E. (2012). Comportement mécanique des chaussées semi-rigides et traitement des matériaux aux liants hydrauliques. Presses des Ponts.

Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design (2^e éd.). Pearson Prentice Hall.

Peltier, R. (1969). Le calcul des chaussées : Application de la méthode CBR (Formule Peltier). Réalités Industrielles.

2. Guides, Normes et Catalogues Techniques

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (4^e éd.). AASHTO.

Centre des Techniques des Travaux Publics (CTTP). (2001). Catalogue de dimensionnement des structures de chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics, République Algérienne Démocratique et Populaire.

Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP). (1984). Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux. Ministère de la Coopération et du Développement.

Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA) – LCPC. (1994). Conception et dimensionnement des structures de chaussée : Guide technique. SETRA.

Transport and Road Research Laboratory (TRRL). (1970). Road Note 29 : A guide to the structural design of pavements for new roads (3^e éd.). Her Majesty's Stationery Office.

3. Rapports d'Études et Thèses

Béré, C. (2007). Limites de la corrélation de l'essai CBR en laboratoire et in-situ pour le dimensionnement des infrastructures routières [Thèse de Master, École Polytechnique de Thiès].

SAETI. (2022). Etude de réalisation de dédoublement de la RN 88 entre Kais et limite de wilaya Batna sur 4 km : Avant projet détaillé – Synthèse du rapport géotechnique volet routier, volet gîte d'emprunt et carrières (Rapport N° APD-DEG-0035). Direction des Travaux Publics de la wilaya de Khenchela.

4. Articles Scientifiques et Périodiques

Guemmadi, Z., Houam, A., & Gharbi, M. (2018). Analyse des causes de dégradations précoces du réseau routier en Algérie : Cas des hauts plateaux. Journal of Algerian Highway Engineering, 14(2), 45-56.

Porter, O. J. (1938). The preparation of subgrades. Proceedings of the Highway Research Board, 18(2), 324-331.

5. Rapports Institutionnels et Catalogues de Sociétés

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC). (1981). Méthodes de dimensionnement des chaussées. LCPC.

Shell International Petroleum Company. (1978). Shell Pavement Design Manual : Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. Shell.

6. Cours Universitaires et Polycopiés

École Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP). (s.d.). Polycopié de dimensionnement des chaussées. ENSTP Alger.

Noureddine, S. / Université de Biskra. (2020). Cours de routes : Conception, Construction et Entretien des Chaussées. Université de Biskra.

Université de Tlemcen. (s.d.). Courses, routes et chaussées. Université de Tlemcen.

ANNEXE



Annexe 1 : Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux (CEBTP)

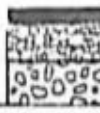
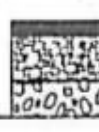
Dans les annexes, les catalogues sont présents seulement à titre d'exemple pour comprendre les principes de dimensionnement propres à chaque méthode. Les structures mises en œuvre dans cette étude ont été déterminées par calcul et adaptées aux paramètres du cas étudié, elles peuvent donc diverger des exemples en catalogue de référence.

GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT

TRAFICS $T_3 - T_4$		S_1		S_2		S_3		S_4		S_5	
		T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4	T_3	T_4
R	Béton bitumineux	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
B	Grave bitume	12	12	12	12	12	12	12	12	15	15
F	Banco-coquillage amélioré au ciment	20	25	15	20	15	15	15	10	0	0
R	Béton bitumineux	5		5		5		5		5	
B	Soupe de corail traitée au ciment *	20		20		20		20		25	

CHAUSSÉE NEUVE

Base : graveleux-ciment gC.
Fondation : graveleux naturels gn.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄ *	T ₅
S ₁	 3cm(r) 15cm gC 40cm gn	 4cm(r) 15cm gC 45cm gn	 5cm(r) 20cm gC 45cm gn	 7cm(r) 20cm gC 50cm gn	Voir fiches N° 4_5
S ₂	 3cm(r) 15cm gC 20cm gn	 4cm(r) 15cm gC 25cm gn	 5cm(r) 20cm gC 25cm gn	 7cm(r) 20cm gC 30cm gn	
S ₃	 3cm(r) 15cm gC 15cm gn	 4cm(r) 15cm gC 20cm gn	 5cm(r) 20cm gC 20cm gn	 7cm(r) 20cm gC 25cm gn	
S ₄	 3cm(r) 15cm gC 10cm gn	 4cm(r) 15cm gC 15cm gn	 5cm(r) 20cm gC 15cm gn	 7cm(r) 20cm gC 20cm gn	
S ₅	 3cm(r) 15cm gC	 4cm(r) 15cm gC	 5cm(r) 20cm gC	 7cm(r) 20cm gC	

Nota. — * Structure dont la justification technique mérite des études et observations particulières sur tronçons expérimentaux.

Annexe 2 : Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP)

RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GB

FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE BITUME

Type : MTB

Zone climatique : I et II

Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000	TPL7	8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
3000				
3000				
3000	TPL6	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
1500				
1500				
600	TPL5	6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
600				
600				
300	TPL4	6 BB 10 GB 10 GB		
300				
300				
150	TPL3			

Si : Classe de sol support, TPLi : Classe de trafic PL/jour/sens

BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitume (0/20)

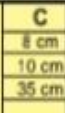
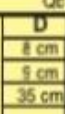
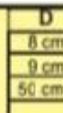
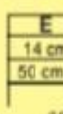
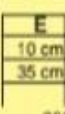
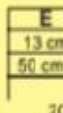
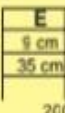
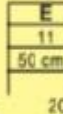
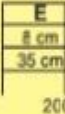
Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15)

Toutes les épaisseurs sont données en cm

Annexe 3 : Catalogue des Structures de Chaussées (SETRA)

Fiche n° 20

Structure : GB3/GNT (A ou B1)

	PF1*	PF2	PF3	PF4
	20 Mpa	50 Mpa	120 Mpa	200 Mpa
TC7				
TC6				
TC5		 100°C jour Qb=0.7 200°C jour Qb=3.8	 100°C jour Qb=2.6 200°C jour Qb=5.8	cf fiche n°1
TC4		 100°C jour Qb=0.9 200°C jour Qb=4.1	 100°C jour Qb=3.1 200°C jour Qb=6.4	cf fiche n°1
TC3	 100°C jour Qb=0 200°C jour Qb=2.4	 100°C jour Qb=1.4 200°C jour Qb=4.4	 100°C jour Qb=3.6 200°C jour Qb=7.2	cf fiche n°1
TC2	 100°C jour Qb=0 200°C jour Qb=3.3	 100°C jour Qb=2.2 200°C jour Qb=5.6	cf fiche n°1	cf fiche n°1
TC1	 100°C jour Qb=0.1 200°C jour Qb=3.5	 100°C jour Qb=2.4 200°C jour Qb=5.8	cf fiche n°1	cf fiche n°1
TC0	 100°C jour Qb=0.2 200°C jour Qb=3.8	 100°C jour Qb=2.5 200°C jour Qb=6	cf fiche n°1	cf fiche n°1

Légende :

A : CS=12cm B : CS=10cm C : CS=8cm D : CS=6cm E : CS=4cm F : CS=2.5cm
G : CS= ES

* : la portance de la plate-forme au moment des travaux doit être au moins de 30Mpa pour les trafics inférieurs à TC3 et 50 Mpa pour les trafics de classe TC3.

N.B. : les cases colorées correspondent à des structures n'existant pas dans le catalogue de 1998