

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

Ecole nationale Polytechnique



وزارة التعليم العالي

و البحث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Projet de fin d'études
En vue de l'obtention de diplôme
D'ingénieur d'état en génie civil

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



Réalisé par :

-Aroui Farid

-Tebbouche Mesbah

Proposé par :

- Mme Morsli

Promotion 2005

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

Ecole nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

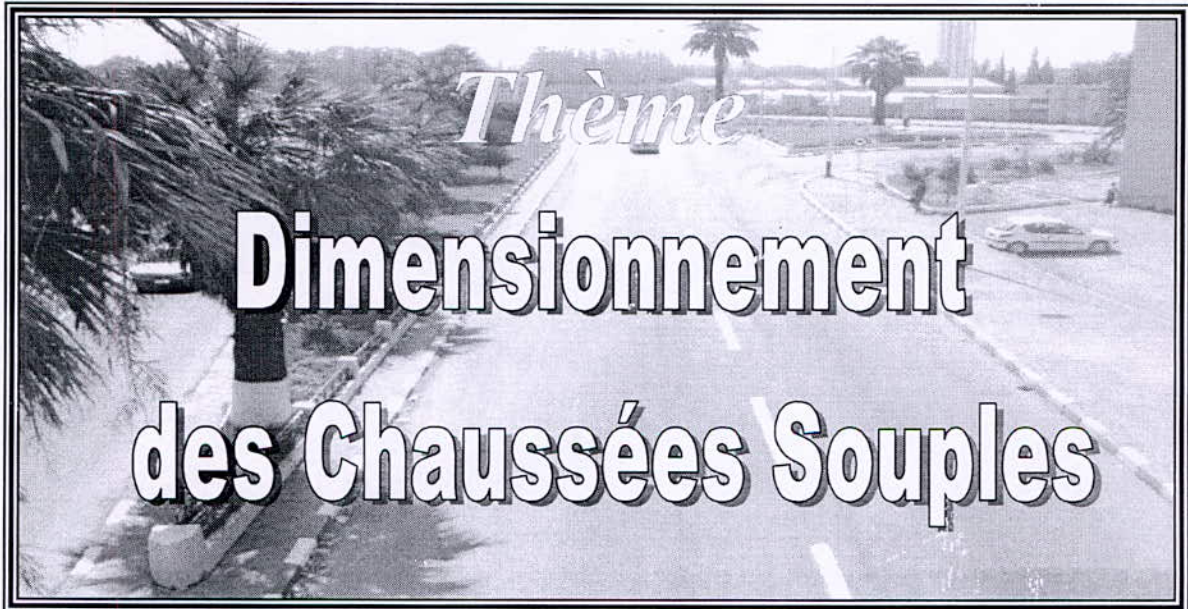
وزارة التعليم العالي

و البحث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

Projet de fin d'études
En vue de l'obtention de diplôme
D'ingénieur d'état en génie civil

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique



Réalisé par :

-Aroui Farid

-Tebbouche Mesbah

Proposé par :

- Mme Morsli

Promotion 2005

Ecole Nationale Polytechnique 10, Avenue Hassen Badi BP182 El-Harrach, 16200 Alger (Algérie)

Tel : 021 52 53 01/03 — Fax : 021 52 29 73

Dédicace

*A ma chère mère,
A mon cher père,
Qui ont souffert pour moi, et qui n'ont cessé de m'aider
M'encourager et de dépenser pour moi.*

A mes frères, mes sœurs, mes neveux et nièces.

A tous mes amis.

A tout le personnel de l'Ecole Nationale polytechnique.

Tebbouche Mesbah

Dédicace

A ma chère mère,

A mon cher père,

A tous mes frères,

A tous mes amis et collègues,

A toute ma famille,

A tout le personnel de l' Ecole Nationale polytechnique.

Aroui Farid

Remerciements

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Nos premiers remerciements vont à notre encadreur Mme MORSLI, chargée de cours à l'ENP, qui a proposé, suivi et dirigé ce travail.

Nous remercions également à Mr. IRKAKENE, chef de département « des routes et des autoroutes » au CTTP, pour toute l'aide qu'il nous a apportée.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance aux membres du jury, président, rapporteurs et examinateurs, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous manifestons notre gratitude à toutes les personnes qui ont su rendre agréable le cadre de notre travail durant la réparation de ce mémoire.

Mr Aroui et Mr Tebbouche

CHAPITRE III : matériaux

III.1.Introduction.....	25
III.2. Matériaux utilisés dans les corps de chaussées	26
III.3 Graves non traitées	26
III.4 Les propriétés physiques et géométriques des graves non traitées	27
A. Granularité.....	27
B. Angularité et forme.....	28
C. propreté.....	28
D. dureté résistance mécanique.....	28
III.5 Conclusion d élaboration	30
III.6 Graves et sables traités aux liants hydrauliques.....	32
III.7 Les liants hydrauliques.....	32

Chapitre IV : conception des chaussées en milieu désertique

I-introduction.....	33
II- le contexte saharien	33
A- LE CLIMAT.....	33
B- LE RELIEF	33
C- Principales ressources en matériaux locaux dans le Sud algérien.....	34
D- L'hydrogéologie.....	34
IV - La Technique Routière Saharienne	35
IV -1. Principale innovation.....	35
IV -2. Les idées générales.....	35
IV -3. Domaine d'application	37
IV- Matériaux et mise en oeuvre	38
IV-1. Terrassement.....	39
IV-2 Couche de fondation	39
IV-3 Couche de base	39
IV-4 Couche de roulement.....	40
Imprégnation	40
IV-5 Enduits superficiels.....	41

Chapitre V : méthodes de dimensionnement

V -1 la méthode de CBR	43
V -3 la méthode de shook finn	45
V -3-1 définition	45
V -3-2 détermination de l épaisseur	45
V -2 la méthode du catalogue	48
V -2-1 donnée d'entrer du dimensionnements	48
A – durée du vie.....	48
B - risque de calcul.....	51
C – données climatiques.....	52
D - trafic.....	53
E - sol support.....	56
F - calcul des sollicitations admissibles.....	57
V -2-2 exemple d'application.....	60

SOMMAIRE

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Introduction	01
--------------------	----

CHAPITRE I : différents types de structures des chaussées

I-1 Introduction.....	04
I-2- type des chaussées	04
I-3- Détermination de la classe de portance de sol supports de chaussée	09
I-4- le fonctionnement des différentes familles de chaussées et leur mode. d endommagement.....	10

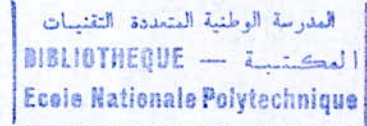
CHAPITRE II : trafic

II.1 Introduction.....	12
Le débit	12
La capacité.....	12
II.2 Les méthodes d'observation du trafic.....	12
II.2-1 Les comptages	12
A-les comptages manuels.....	12
B- Les comptages automatiques.....	13
C- Les comptages directionnels	13
II.2-2 Les enquêtes	13
A- Les enquêtes simplifiées	13
B- Les enquêtes complètes.....	14
C Les mesures de vitesse	14
D- Les pesées des véhicules.....	14
II.2-3 Eléments à prendre en compte dans les mesures du trafic	14
A- Les fluctuations journalières	15
B- Les fluctuations saisonnières	15
II.2-4 agressivité du trafic	15
A- Dommages causés par le passage d'un essieu.....	16
B- Agressivité d'un essieu (ou d'un groupe d'essieux.....	16
C- La fatigue des matériaux	18
D- La courbe de WÖHLER	18
II.2-5 Prise en compte du trafic dans le dimensionnement	19
II.2-6 Durée de service et taux de croissance du trafic	22
A- Durée de service.....	22
B- Taux de croissance du trafic	23
C- répartition du trafic par voie.....	23

CHAPITRE IV : APPLICATION

Introduction.....	66
4-1 – application des différentes méthodes	66
4-2- méthode de CBR.....	69
4-3- méthode de asphalte institute.....	74
4-4- méthode de catalogue.....	79
4-5- représentation graphique	83
A – méthode CBR.....	83
B – méthode de asphalte institute.....	84
C - méthode de catalogue	85
D – représentations des trois méthodes.....	86
Remarque générale sur les méthodes.....	87
Analyse et interprétation des résultats	88
Conclusion.....	89
4-6 – conclusion générale	89

NOTATIONS



CBR : Indice de portance de sol

d : Dommage sous l'essieu de référence

D : Dommage sous un cycle de chargement

e: épaisseur de la chaussée

I : le taux d'accroissement annuel

K: nombre d'années s'écoulent entre l'année de mise en Service et l'année de comptage

L: Poids Lourdes

n : la durée de vie de la chaussée

N : Nombre moyen journalier de camions de plus 1.5 t à vide

N': Nombre de cycles à la rupture

RN: Route Nationale

T : épaisseur équivalente de la chaussée

Tc : trafic cumulé en poids lourds

Tct: trafic cumulé total

TJMA : Trafic journalier moyen annuel

TJMAs: Trafic journalier moyen annuel de mise en service

Véh: Véhicule

W : Nombre de passages équivalent de l'essieu de référence

- تتجلى مذكرتنا في دراسة وإبراز المناهج المتبعة في تحديد أبعاد الطرقات
- تحديد المفاهيم الأساسية الداخلة في تحديد أبعاد الطرقات
 - عرض الموارد الداخلة في إنجاز الطرقات، الزفت، الحصى، الجبس.....
 - عرض النظريات الثلاثة المتعلقة بكيفية تحديد أبعاد الطرقات
 - تطبيق عددي انطلاقا من معطيات حقيقية من C TTP
 - مقارنة نتائج النظريات الثلاثة في المنطقتين الصحراوية والشمالية
 - خلاصة عامة
 - الكلمات المفتاحية :

تحديد أبعاد الطرقات، تطبيق عددي، معطيات حقيقية من C TTP

Résumé :

Le but de ce modeste travail a été d'étudier les principaux paramètres qui conditionnent le dimensionnement et le comportement des chaussées.

Le travail a consisté en l'étude des principaux critères de choix des matériaux destinés à l'usage routier.

Puis on a procédé au calcul des épaisseurs de chaussées par des méthodes usuelles utilisées dans les entreprises algériennes et par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves algérien établi par le C TTP ; une comparaison des résultats s'en est suivie avec des conclusions.

Mots clés :

Conditionnement le dimensionnement, comportement des chaussées, calcul d'épaisseurs. Application numérique établi par C TTP

Summary:

The main of this modest work is to study the influence or the traffic on the Dimension of the souple roads.

To achieve this objective, this study consists to:

- Analyse all the factors concerning the traffic**
- Present the different matter in put in the dimension.**
- Present the three approchs in view of the trafic in the dimension.**
- Establish an application from real facts obtained from C T T P to visualize the influence of the traffic and its composition.**
- Comparisons the results of the three approchs in tow zones nord and sud**
- Conclusion**

Key words :

The infleunce of the traffic, dimension of the souple roads, application from real facts from C T T P

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	page
Tableau III-1 : matériaux utilise dans le corps de chaussée	26
Tableau III-2 : classe granulaire	28
Tableau III-3 : seuil d équivalent de sable	29
Tableau III-4: Valeurs repères pour les caractéristiques mécaniques des granulats	29
	-
Tableau III-5 : Catégories granulaires pour les couches d'assise.	30
Tableau III-6 : Seuils de dureté en l'onction de i intensité du trafic	30
Tableau V- 1 : type des véhicules	47
Tableau V-2 : Durées de vie adoptées	50
Tableau V-3: Risques adoptés pour réseau RP1	51
Tableau V-4: Risques adoptés pour le réseau RP2	52
Tableau V-5: Zones climatiques de pluviométrie	53
Tableau V-7: Classes de trafic TPLi adoptées	54
Tableau V-8: Valeurs du facteur de cumul C	55
Tableau V-9: Valeurs du coefficient d'agressivité A	56
Tableau V-10: Valeurs de $t = f(r\%)$	58
Tableau VI-1 Répartition des trafics	62
Tableau VI-2 des coefficients (a_i)	65
Tableau VI-3 des structures	65
Tableau VI-6 de la répartition des coefficients équi	71
Tableau VI-8 des épaisseurs	72
Tableau VI-9	75
	74

Introduction

I Introduction.

Le réseau routier algérien a été construit principalement lors de la période 1950-1980. Au lendemain de l'indépendance le pays avait hérité d'un réseau de 78.000 km dont 18.500 de routes nationales, 20.500 de chemins de wilaya et le reste, 39.000 km en voirie rurale; la densité moyenne des routes nationales et chemins de wilaya était de :

- ✓ 0.005 km/km² pour le sud,
- ✓ 0.017 km /km² pour le nord,
- ✓ 0.025 km /km² pour l'ensemble du pays.

L'Algérie indépendante poursuivra la dotation du grand Sud en prenant en charge ce qui restait des programmes en cours. 500 km de dessertes ont été construites, bitumées et terminés entre 1963 et 1964 : Touggourt – el oued (595 km) Square Bresson – Haoud el Hamra (60 km), In Amenas – Ghadamés (160 km à partir de la Grande Falaise), Hassi Messaoud- Roude El Baguel (80km) et à l'Ouest, Béni Abbés- Sbaa (100km).

EN 1965, commencent les travaux de la route Abadla- Tindouf sur 700km qui seront terminés en 1967.

EN 1966, seront également terminées la desserte de la région d Adrar et la liaison In Amenas – El Abed Larache dans les oasis.

EN 1968 : réalisation de la route Iba – Timimoun – El Gola.

1981, début des travaux de la transsaharienne qui porteront sur plus de 1100 km

C'est à partir du plan quadriennal (1970-1973) qu'ont été entreprises les premières opérations quelque peu importantes de modernisation et d'extension du réseau, essentiellement autour des nouveaux pôles industriels

Le 2^{ème} plan quadriennal (1974-1977) prolonge et développe les actions antérieures. Il prévoit, en outre, la création d'infrastructures nouvelles, notamment au niveau des grandes agglomérations qui commencent à connaître un essor urbain impressionnant. Le développement des infrastructures routières a eu une incidence très importante sur la configuration et l'organisation des réseaux urbains et ruraux sur un territoire aussi vaste.

Globalement, il faudra attendre plus de 15 ans après l'indépendance pour que la consistance du patrimoine routier évolue substantiellement. Une véritable relance ne sera effective qu'avec le programme équipement de 1977-1980. Plusieurs objectifs sont ciblés : remise en état du patrimoine, modernisation, extension, désenclavement de régions montagneuses et sahariennes ...

Cependant, le réseau arrivant à maturité, un certain nombre de routes ont montré des dégradations après quelques années de mise en service. Les raisons sont multiples : mauvais choix de matériaux, mauvais dimensionnement, mauvaise mise en œuvre des matériaux ou mauvaise appréciation du trafic. Les administrations routières sont entrées, dans une démarche de réhabilitation et de recherche afin de capitaliser l'expérience acquise dans le domaine : inventaire de matériaux, synthèses de données géotechniques permettant de caractériser les types de sols et de matériaux disponibles afin de rationaliser leur utilisation en construction routière. Plusieurs outils de travail ont été mis à la disposition des ingénieurs routiers dont le catalogue de structures types de chaussées.

But du travail

Le but de ce travail est de calculer des épaisseurs de chaussées, par des méthodes de calcul usuelles utilisées dans les entreprises algériennes et de comparer ces valeurs avec les épaisseurs proposées par le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves algérien établi par le CCTP.

Le dimensionnement s'appliquera à des chaussées souples, pour un trafic réel remis par les soins du CCTP ;

Les matériaux seront choisis et fixés comme suit : la grave non traitée en assises de chaussée pour les indices portants du sol inférieurs à 20 et du tuf pour les indices supérieurs ou égales à 20.

Avant de procéder à l'application numérique, on passera en revue, dans un premier chapitre, les principaux critères de choix des matériaux destinés à l'usage routier d'une manière générale. Ce chapitre sera suivi de la présentation des critères de choix dans une région bien spécifique : le Sahara.

Le troisième chapitre sera consacré au trafic avec les différents paramètres qui le définissent.

Trois méthodes de dimensionnement retenues pour cette étude seront exposées au chapitre quatre.

S'en suivra enfin, après l'application, une analyse des résultats, les commentaires et la conclusion générale.

Chapitre I

Différents types de structures des chaussées

I-1 Introduction

Dans ce chapitre, généralités, nous présenterons d'une manière succincte les différents types de chaussées et les différents paramètres définissant le trafic.

I-2-Les différents types de structures des chaussées

Dans son appellation courante, la « chaussée » désigne la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Du point de vue structurelle, c'est l'ensemble des couches construites au dessus de la forme et comprenant de bas en haut la couche de fondation, la couche de base et la couche de surface.

Les chaussées se présentent donc comme des structures multicouches, mises en oeuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée constituée du sol terrassé (dit sol support) surmonté généralement d'une couche de forme.

La couche de forme

Cette couche de transition entre le sol support et le corps de chaussée a une double fonction :

Pendant la phase des travaux, elle protège le sol support, elle établit une qualité de nivellement et permet la circulation des engins pour l'approvisionnement des matériaux et la construction des couches de chaussée,

Vis-à-vis du fonctionnement mécanique de la chaussée, elle permet de rendre plus homogènes et éventuellement d'améliorer les caractéristiques dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place ainsi que de les protéger du gel.

La couche de fondation surmontée de la couche de base

Ces couches en matériaux élaborés (le plus souvent liés pour les chaussées à trafic élevé) apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans des limites admissibles.

La couche de surface

La couche de surface est constituée de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat,

Et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

C'est à l'interface entre la couche de surface et la couche de base que l'on trouvera éventuellement les dispositifs visant à ralentir la remontée des fissures des couches d'assises traitées aux liants hydrauliques.

La couche de surface contribue en outre à la pérennité de la structure de chaussée en particulier par la fonction d'étanchéité vis-à-vis de l'assise

A-les chaussées souples

Ces structures comportent une couverture bitumineuse relativement mince (inférieure à 15 cm),

Parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faible trafic, reposant sur une ou plusieurs

Couches de matériaux granulaires non traités. L'épaisseur globale de la chaussée est généralement comprise entre 30 et 60 cm.



Chaussées souples:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (< 15 cm)
3. Matériaux granulaires non traités (20 à 50 cm)
4. Plate-forme support

FIGURE 1.2. Chaussées souples

B- Les chaussées bitumineuses épaisses

Ces structures se composent d'une couche de roulement bitumineuse sur un corps de chaussée

En matériaux traités aux liants hydrocarbonés, fait d'une ou deux couches (base et fondation).

L'épaisseur des couches d'assise est le plus souvent comprise entre 15 et 40 cm.



Chaussées bitumineuses épaisses:

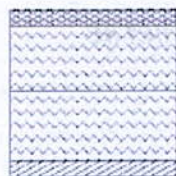
1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (de 15 à 40 cm)
3. Plate-forme support

FIGURE 1.3. *Chaussées bitumineuses épaisses*

C- Les chaussées ont assise traitée aux liants hydrauliques

Ces structures sont qualifiées couramment de "semi-rigides". Elles comportent une couche de

Surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm.



Chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux (6 à 14 cm)
2. Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm)
3. Plate-forme support

FIGURE 1.4. *Chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques*

D- Les chaussées a structure mixte

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base en matériaux bitumineux

(Épaisseur de la base : 10 a 20 cm) sur une couche de fondation en matériaux traités aux Liants hydrauliques (20 a 40 cm). Les structures qualifiées de mixtes sont telles que le rapport de

L'épaisseur de matériaux bitumineux a l'épaisseur totale de chaussée soit de l'ordre de 10 a 20 cm

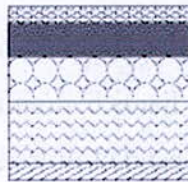


Chaussées à structure mixte:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (10 à 20 cm)
3. Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm)
4. Plate-forme support

FIGURE 1.5. *Chaussées à structure mixte*

E- Chaussées a structure inverse



Chaussées à structure inverse:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (10 à 20 cm)
3. Matériaux granulaires non traités (~ 12 cm)
4. Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm)
5. Plate-forme support

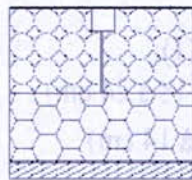
FIGURE 1.6. *Chaussées à structure inverse*

F- Les chaussées en béton de ciment

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur qui sert de couche de roulement éventuellement recouverte d'une couche mince en matériaux bitumineux. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (en matériaux traités aux liants hydrauliques ou en béton de ciment), soit sur une couche drainant en grave non

traitée, soit sur une couche d'enrobe reposant elle-même sur une couche de forme traitée aux liants hydrauliques.

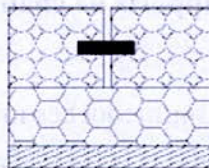
La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal (béton armé continu), ou discontinue avec ou sans élément de liaison aux joints. Ci-dessous nous présentons les structures de chaussée en béton de ciment (cf. figures 1.7 à 1.11).



Dalles non goujonnées avec fondation::

1. Béton de ciment (20 à 28 cm)
2. Béton maigre (12 à 18 cm) ou matériaux traités aux liants hydrauliques (15 à 20 cm)
3. Plate-forme support

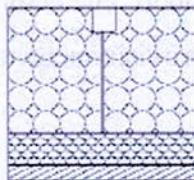
FIGURE 1.7. Dalles non goujonnées avec fondation



Dalles goujonnées avec fondation::

1. Béton de ciment (17 à 23 cm)
2. Béton maigre (14 à 22 cm)
3. Plate-forme support

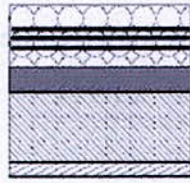
FIGURE 1.8. Dalles goujonnées avec fondation



Dalles sans fondation::

1. Béton de ciment (28 à 39 cm)
2. Couche drainante (matériaux granulaires ou géotextiles)
3. Plate-forme support

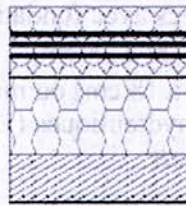
FIGURE 1.9. Dalles sans fondation



Béton armé continu (2):

1. Béton de ciment (18 à 24 cm)
2. Matériaux bitumineux d'assise (5 cm)
3. Sable traité aux liants hydrauliques (50 à 60 cm)
4. Plate-forme support

FIGURE 1.11. Béton armé continu 2



Béton armé continu (1):

1. Béton de ciment (18 à 24 cm)
2. Béton maigre (12 à 14 cm)
3. Plate-forme support

FIGURE 1.10. Béton armé continu 1

I-3 Détermination de la classe de portance de sol supports de chaussée

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en oeuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée constituée du sol terrassé (dit sol support) surmonté généralement d'une couche de forme.

-La couche de forme

Cette couche de transition entre le sol support et le corps de chaussée a une double fonction

Pendant la phase des travaux, elle protège le sol support, elle établit une qualité de nivellement et permet la circulation des engins pour l'approvisionnement des matériaux et la construction des couches de chaussée,

Le rôle des couches formant le corps de chaussée :

Les couches d'assise : fondation et base,

La couche de surface,

Peut être distingué par leur apport aux fonctions que doit assurer la chaussée.

Les couches d'assise

L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches

La couche de fondation surmontée de la couche de base.

Ces couches en matériaux élaborés (le plus souvent liés pour les chaussées à trafic élevé) apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur la plate-forme support afin de maintenir les déformations à ce niveau dans des limites admissibles

Assuré par un traitement du sol en place.

La couche de surface

La couche de surface est constituée :

De la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat,

Et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

C'est à l'interface entre la couche de surface et la couche de base que l'on trouvera éventuellement les dispositifs visant à ralentir la remontée des fissures des couches d'assises traitées aux liants hydrauliques.

Des caractéristiques de surface de la couche de roulement pour une large part de qualité d'usage de la chaussée. La couche de surface contribue en outre à la pérennité de la structure de chaussée en particulier par la fonction d'étanchéité vis-à-vis de l'assise.

I- 4.le fonctionnement des différentes familles de chaussées et leurs modes d'endommagement

Les chaussées évoluent et se dégradent sous l'effet généralement combiné de la répétition des charges roulantes (trafic), des agents climatiques et du temps. La connaissance de la nature des dégradations et de leurs modes d'évolution est essentielle pour :

Comprendre le mode de fonctionnement des structures des chaussées,

Choisir le modèle de calcul adapté à la technique.

Ajuster enfin les résultats des calculs pour les aspects mal appréhendés par le modèle mécanique utilisé pour le dimensionnement de structure de chaussée.

Les dégradations les plus couramment rencontrées, selon la nature et la qualité des différentes

Couches, sont décrites ci-après.

Couche de roulement

Usure due aux efforts tangentiels exercés par les charges roulantes,

Orniérage par fluage dans des conditions excessives de température et des sollicitations par

le trafic,

Fissuration de fatigue par suite d'une mauvaise adhérence de la couche de roulement bitumineuse à l'assise,

Fissuration par remontée des fissures des couches d'assise de chaussée,

Fissuration par fatigue thermique suite à un vieillissement du bitume.

Couches d'assise traitées.

Fissuration de fatigue due à la répétition des efforts de traction par flexion au passage des charges,

Fissuration de prise et de retrait thermique des graves traitées aux liants hydrauliques,

Fissuration due aux gradients thermiques des dalles de béton, pompage et décalage des dalles dans les couches présentant des fissures de retrait ou des joints, du fait d'une mauvaise qualité du transfert de charge.

Couches d'assise non liées et support de chaussée.

Déformations permanentes de la structure (affaissement, orniérage...) dues au cumul de déformations plastiques.

Pour chaque type de structure de chaussée, il existe des défauts prépondérants traduisant des modes de fonctionnement particuliers.

Chapitre II

Trafic

II-1 Introduction

En général, le trafic exprime, pour une voie de circulation, le nombre de passage de véhicules, dans une période déterminée.

L'étude de trafic est menée afin de déterminer d' une part, l'intensité du trafic, caractérisée par le TJMA, soit le TJMA au dernier jour de vie de la chaussée.

Le trafic équivalente et par suite l'agressivité au trafic

Soit le trafic cumulé en PL durant la durée de vie de la chaussée,

Le trafic est caractérisé par un certain nombre de paramètres tels que :

Le débit

C'est le nombre des véhicules dont le passage est enregistré par unité de temps en un point donné ; exprimé en (nombre de véhicules / jour, heure)

- La capacité

Elle exprime le nombre de véhicules sur la longueur de la section d'une route considérée

$$D = \frac{\text{nombre de véhicules}}{\text{la longueur de section}}$$

II-2 Les méthodes d'observation du trafic

L'observation du trafic est destinée pour l'établissement des statistiques, en vue surtout de caractériser l'usure des routes et les dépenses de leurs entretiens.

Alors pour aboutir à ces objectifs on procède aux méthodes suivantes :

2-1 Les comptages

A-les comptages manuels

Consiste à faire compter, par un observateur le nombre des véhicules passant devant lui. L'observateur dispose de chronomètre, et de compteur à dé clic qu'il manoeuvre à chaque passage.

Souvent ce type de comptage sert à déterminer la composition de la circulation, notamment les types des véhicules.

B- Les comptages automatiques

Les méthodes manuelles sont bien sûr utilisables, mais il faut signaler l'apparition récente d'appareils de comptage automatique. On peut citer :

- Les compteurs automatiques : sont actionnés par des dispositifs de captage ou de détection de types très divers
- Le compteur pneumatique : Il est constitué d'un détecteur en caoutchouc placé sur la chaussée, obturé à une extrémité et relié à l'autre extrémité à une capsule manométrique. Ce compteur est un compteur d'essieux qu'un compteur de véhicules.

Il y a d'autres modèles des capteurs qui sont réalisés sur le principe des cellules magnétiques.

Pour ces types de comptages automatiques, il est indispensable d'effectuer un comptage manuel parallèle, pour étalonner l'appareil et passer du nombre d'essieux enregistrés au nombre de véhicules passés.

C- Les comptages directionnels

On a besoin parfois, pour étudier un carrefour, de connaître les différents courants qui le traversent. On effectue alors un comptage directionnel en plaçant un nombre d'observateurs suffisant. Chacun de ces observateurs se voit affecter le comptage d'un ou plusieurs mouvements suivant leur importance.

2-2 Les enquêtes

A- Les enquêtes simplifiées

Lorsque la zone à étudier s'avère grande et les courants deviennent très nombreux, l'observation simple des véhicules devient insuffisante. Il faut les identifier, de façon plus ou moins précise, pour pouvoir les suivre. Plusieurs procédés sont utilisés :

- Relevé des numéros minéralogiques.
- Enquête par papillons.
- Enquête par cartes.

B- Les enquêtes complètes

Elles consistent à interroger les usagers en leur posant un certain nombre de questions qui permettent, après dépouillement, d'obtenir des renseignements très complets.

On distingue.

- Enquêtes par interview le long de la route.
- Enquêtes par interview au domicile.

C- Les mesures de vitesse

Pour les mesures de vitesse instantanée :

A côté de l'observation directe du temps de parcours d'une distance donnée ou l'étude à partir d'un film, les cinémomètres les plus couramment utilisés reposent sur deux méthodes :

- La mesure automatique du temps de parcours entre deux points fixés
- L'utilisation de moyen de radar

Pour les mesures de vitesse moyenne :

La vitesse moyenne d'un point est la moyenne des vitesses des véhicules dans un intervalle de temps $[T_0, T_1]$ passant par un point.

D- Les pesées des véhicules

Pour avoir une image plus précise de l'agressivité réelle des poids lourds circulant sur la chaussée, il est nécessaire de disposer, en plus des informations sur les trafics, des données chiffrées sur les charges à l'essieu.

Les pesées d'essieux sont essentielles pour le bon dimensionnement et la protection des chaussées vis-à-vis des trafics lourds. On les effectue, soit en arrêtant les véhicules que l'on pèse essieu par essieu en les faisant monter sur des balances portables. Soit en insérant dans la chaussée une bascule dynamique qui pèse les véhicules sans les arrêter.

2-3 Eléments à prendre en compte dans les mesures du trafic

Les fluctuations sont des éléments à prendre en compte dans les mesures du trafic pour éviter de mauvaises interprétations des résultats obtenus, On trouve ici.

- Les fluctuations hebdomadaires :

Elles ne sont pas rentables suivant le caractère de la voie considérée, alors que les voies urbaines, les jours fériés présentent un creux sur Certaines routes de réseau ou la circulation est plus ce jour la.

A- Les fluctuations journalières

Il est clair que le trafic n'est pas constant tout au cours de la journée, alors il est intéressant de considérer une heure de pointe journalière qui impose les contraintes les plus sévères.

B- Les fluctuations saisonnières

Il est évident que la circulation durant les mois d'été est plus élevée qu'en hiver, ce qui nous conduit à constater des creux, des pointes maximales ne se présentent pas partout durant les mêmes périodes

Alors, en faisant l'abstraction de ces fluctuations, il est habituel d'utiliser la notion de la moyenne journalière annuelle (M.J.A)

2-4 agressivité du trafic

Définition de l'agressivité :

Le passage d'une charge lourde sur une chaussée provoque des dommages de différentes natures:

- Le support de la chaussée, sol support ou couche de forme en matériau non traités, enregistre à chaque passage d'une charge une déformation permanente fonction de la contrainte verticale qui lui est appliquée. L'accumulation de ces déformations permanentes se traduit à la surface de la chaussée par des déformations profils
- Les structures des chaussées qui comportent des couches liées fléchissent à chaque passage de la charge. Ce fléchissement donne lieu, à la base de la chaussée. à des contraintes de traction- par flexion.
- Le passage des charges peut aussi entraîner d'autres dommages dans la couche de surface de la chaussée.

A- Dommages causés par le passage d'un essieu

On calcule, en utilisant une représentation schématique de la structure et de la charge exercée par l'essieu, des paramètres caractéristiques du niveau des sollicitations de la chaussée; on retient en général :

- La contrainte de traction σ_r (ou l'allongement T) à la base des couches liées. Ce paramètre est représentatif du travail en flexion de la couche liée.
- La déformation E_z au niveau du sol support, ce paramètre est représentative des déformations permanentes au niveau du sol support.

Disposant des valeurs de σ_r et E_z sous un essieu lourd, on peut calculer les nombres de cycles à la rupture (N_T et N_Z) et leur associer des dommages définis par :

$$D_T = \frac{1}{N_T} \quad D_Z = \frac{1}{N_Z}$$

B- Agressivité d'un essieu (ou d'un groupe d'essieux)

Cette agressivité repose sur une notion de dommage relatif quand on cherche comparer un essieu par rapport à un autre. Un essieu type est choisi en référence d'agressivité égale à 13t; (en Algérie l'essieu de référence est l'essieu jumelle' de 13 tonnes).

A cet essieu de référence on peut associer des valeurs d_t et d_z des dommages (couches liées et sol support). Un essieu quelconque étant caractérisé par deux valeurs, d_t et d_z on introduit les rapports :

Les deux grandeurs Y_T et Y_Z sont représentatives des dommages relatifs subis par le support de la chaussée et par les couches liées. L'agressivité d'un essieu ou d'un groupe d'essieux est caractérisée par deux paramètres Y_T et Y_Z pour pouvoir effectuer des

Comparaisons entre charges, il est commode de le réduire à un seul paramètre :

$$Y = f(Y_T + Y_Z)$$

Par souci de simplicité et car la dépendance entre ces deux paramètres n'est pas connue et varie avec l'état de la chaussée, les chercheurs ont choisi pour la fonction F une fonction linéaire de Y_T et Y_Z

$$Y = aY_T + bY_Z$$

Les coefficients a et b varient selon l'état (type) de la chaussée.

Comme on a vu:

La notion d'agressivité d'une charge se présente comme une valeur relative, ce qui est confirmée par la formule générale de l'agressivité

$$Y' = \frac{Y}{Y_E}$$

Où :

Y_E : L'agressivité du nouveau essieu de référence par rapport à l'essieu de 13 t

Y : L'agressivité de l'essieu considéré dans l'ancien système (ie : par rapport a. l'essieu de 13 tonnes)

Y' : L'agressivité de l'essieu considéré dans le nouveau système

La notion d'agressivité (comme une valeur relative) et la comparaison des dommages par rapport au dommage d'un essieu de référence sont des raisons qui nous poussent à assimiler le trafic qui est composé de différents types d'essieux à un trafic équivalent composé d'un ensemble d'essieu de référence

C- La fatigue des matériaux

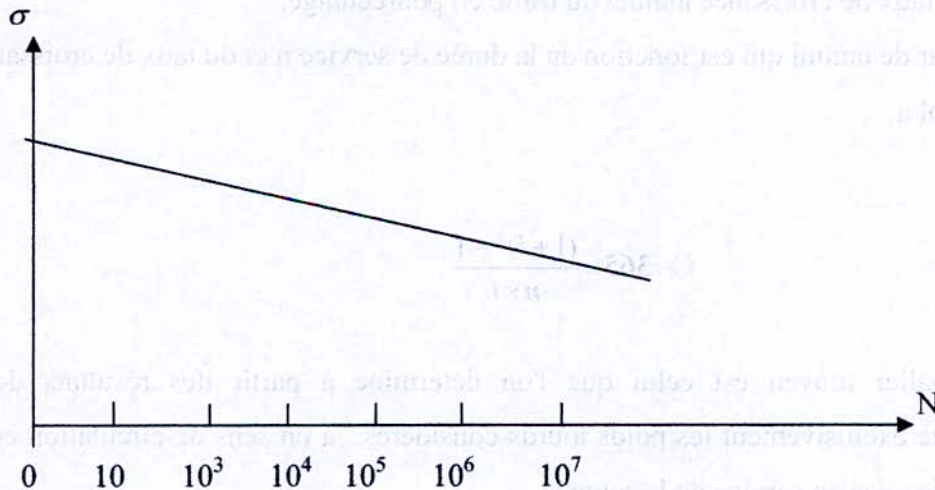
Depuis très longtemps on a observé des pièces ou des matériaux peuvent se rompre si on leur applique de façon répétée un grand nombre des sollicitations, dont l'amplitude est inférieure à la résistance à la rupture instantanée. C'est ce phénomène que l'on désigne sous le nom de fatigue.

Ce phénomène de fatigue est d'une très grande importance dans les diverses constructions. Il y a en effet des nombreux cas où les matériaux doivent résister à des sollicitations répétées à très grand nombre de fois par exemple ; la sollicitation des matériaux routiers dans une chaussée liée au passage répété des véhicules lourds.

D- La courbe de WÖHLER

L'expérience de base, permettant de mettre en évidence le comportement à la fatigue d'un matériau, consiste à soumettre une éprouvette de matériau à des sollicitations répétées toutes identiques et à déterminer le nombre de répétitions entraînant rupture.

Courbe de wohler



2-5 Prise en compte du trafic dans le dimensionnement

Le trafic s'exprime en nombre N cumulé d'essieux équivalents d'un tonnage déterminé.

L'agressivité des véhicules légers étant pratiquement négligeable, c'est à partir du trafic poids lourds que se fait le dimensionnement des chaussées.

Selon le pays le poids lourd est défini de diverses manières par exemple :

Comme un véhicule dont la charge utile est supérieure à 5 t, ou

Comme un véhicule de poids total en charge supérieur à 3,5 t

La formule permettant le calcul de N est la suivante :

$$N = 365 \times t \times A \times n \frac{(1+i)^n}{n \times i} = t \times A \times n \times C$$

N = représente le trafic cumulé en nombre d'essieux standard après n années,

t = est le trafic moyen journalier en nombre (le poids lourds à l'année de mise en service,)

A = est un coefficient (l'agressivité qui est fonction de la composition ou du spectre d'essieux du trafic des poids lourds considérés).

n = est la durée de service, en nombre d'années,

i = représente le taux de croissance annuel du trafic en pourcentage.

C = est un facteur de cumul qui est fonction de la durée de service n et du taux de croissance du trafic, et qui est égal à

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

Le trafic journalier moyen est celui que l'on détermine à partir des résultats de comptages. Il concerne exclusivement les poids lourds considérés, à un sens de circulation et correspond à l'année de mise en service de la route.

Le nombre de poids lourds recensés ou pris en compte au cours de l'année de mise en service, est affecté d'un coefficient qui traduit l'agressivité du trafic sur l'itinéraire considéré. Cette agressivité dépend de la composition même du trafic lourd.

Pour les routes bidirectionnelles à 2 voies, dont la largeur totale bitumée est au moins égale à 6,50 m, et lorsque la circulation est bien canalisée sur les deux voies, le trafic à prendre en compte est le trafic par sens de circulation. En règle générale, c'est le trafic sur la voie ou dans le sens le plus chargé qui est considéré pour le dimensionnement.

Toute fois. En cas de déséquilibre notoire du trafic entre les deux voies de circulation (en intensité ou en agressivité), on peut concevoir pour chaque voie une structure différente de renforcement, fonction de son trafic respectif.

Pour les routes bitumées de largeur comprise entre 5,50 m et 6,50 m. et pour tenir compte d'un certain recouvrement des bandes de roulement. On prend les trois quarts du trafic total dans les deux sens (coefficient de répartition transversale).

Enfin. Pour les routes de largeur bitumée inférieure à 5,50 m on suppose que le recouvrement est total et on prend en compte la totalité du trafic dans les deux sens de la circulation. Pour les aménagements à 2 x 2 voies ou à 3 x 2 voies, des études spéciales peuvent être nécessaires mais. En général, c'est le trafic poids lourds sur la voie la plus chargée qui doit normalement être pris en compte.

Dans les pays en développement, le taux de croissance annuel peut varier considérablement 0%, à 15% par exemple. En règle générale. Et lorsque on ne dispose pas d'informations précises sur l'évolution du trafic. On retient un taux compris entre 5%, et 7% pour l'ensemble du trafic. Dans la mesure du possible, on étudie le taux de croissance concernant plus particulièrement les poids lourds.

La durée de service correspond au nombre d'années pour lequel le dimensionnement doit être conçu. Elle représente la période au cours de laquelle on n'aura pas en principe à effectuer d'entretien structurel.

Le choix de celle durée de service est intimement lié à la stratégie de dimensionnement que l'on adopte. Celle-ci doit se faire en tenant compte d'un certain nombre de facteurs tels que :

L'intensité du trafic,

La localisation de la route. (En rase campagne ou en zone urbaine).

Sa destination ou sa vocation.

Le niveau de service souhaité pour les usagers.

L'importance des crédits disponibles.

Les possibilités de financement pour la réalisation des entretiens ou renforcements ultérieurs.

L'existence des moyens ou des facilités permettant de réaliser convenablement des campagnes de suivi du réseau.

On considère soit le nombre cumulé d'essieux équivalents lui-même dans les méthodes où des abaques permet de définir les épaisseurs des chaussées, soit un nombre limité des classes de trafic quand le choix des structures est proposé par un catalogue.

Rappelons que le dimensionnement des chaussées est un dimensionnement à la fatigue.

On calcule le trafic cumulé équivalent au trafic devant réellement circuler sur cette chaussée pendant sa durée de vie telle qu'il a été conventionnellement défini. On en déduit ensuite les contraintes et les déformations.

Ce nombre N_{eq} est en fonction du trafic à la mise en service, exprime en nombre de poids lourds ou en nombres d'essieux et l'agressivité de ce trafic, exprime en nombre d'essieux standards de la durée considérée est du taux de croissance.

Selon les méthodes. C'est le nombre de cycles N_{eq} ou le trafic à la mise en service qui constitue le paramètre d'entrée dans les méthodes pratique de dimensionnement

La détermination de N_{eq} nécessite de faire les hypothèses et des choix de l'agressivité du trafic, la durée du service de la chaussée et le taux de croissance Selon les cas, ces hypothèses et ces choix seront implicites (cas du catalogue) du structures type des chaussées neuves ou laisser au choix du traître d'ouvrage (cas du manuel de conception des chaussées neuves a faible trafic)

Le choix et la détermination de ces paramètres caractéristique du trafic appellent quelques commentaires

A Trafic a la mise en service.

C'est le paramètre qui était objet de mesure ou de prévision dans les études préalables et c'est donc lui. Le plus souvent qui sera utilise comme entrée dans les méthodes de dimensionnement des chaussées

Il savent exprimer en nombre de poids lourds (de charge utile supérieure a 50 KN) mais en peut désormais envisager de l'exprimer en nombre d'essieux équivalents a l'essieu type (130 KN dans la mesure ou les appareils automatiques permettant de déterminer les histogrammes des charges a l'essieu se développent cela permettra de mouille en compte l'agressivité réelle du trafic.

2-6 Durée de service et taux de croissance du trafic

Le calcul du trafic cumulé N_{ep} a partir du la mise en service et de l'agressivité du trafic, nécessite de se fixer deux paramètres définissant la longévité de la chaussée

- la durée de service
- Le taux de croissance du trafic

A- Durée de service

Le choix d'une durée de service traduit une stratégie de dimension, en tenant compte notamment des dépenses que le maître d'ouvrage veut consacrer à la construction d'une part et d'autre part, au budget qui sera alloué à l'entretien

La durée du service est en fait la période pendant laquelle on n'aura pas en principe à effectuer d'entretien structurel, les opérations nécessaires étant celles liées aux caractéristiques superficielles (adhérence) il convient d'ajouter que le comportement effectif d'une structure de chaussée est en fonction de la qualité de travaux (épaisseurs, capacités,), du trafic réellement supporte et constitue de toute façon un phénomène assez dispersé.

Le choix du couple durée de service et l'état final traduit est, en faite, le choix d'un coefficient de sécurité ou d'un niveau de risque, que l'on module en fonction du niveau du trafic.

B- Taux de croissance du trafic

Le taux de croissance à prendre en compte doit représenter non seulement l'augmentation probable du trafic poids lourds mais également celle de son agressivité ; c'est pour cette raison que le catalogue de structure et le guide de dimensionnement des renforcements ont été établis pour un taux géométrique de 7% car réalisées en 1975 et 1976 ils tenaient compte de résultats intérieurs montrant une progression d'agressivité.

Il semble bien qu'aujourd'hui, l'agressivité ne semblant plus progresser, il faudrait plutôt tabler sur un taux de croissance de 4% mais il est bien difficile d'avancer des précisions en la matière.

C- répartition du trafic par voie

La répartition du trafic par voie de dimensionnement de chaussée est celui circulant sur la voie la plus chargée

A défaut d'information précises a ses sujets on considère les hypothèses suivantes pour repartir se trafic par voie de circulation

1er cas : Routes bidimensionnelles

* A deux voies de circulation, le trafic est considère équilibre dans ces deux voies

$$T = TJMA / 2$$

A trois voies de circulation le trafic est pris égale a 50 % TJMA

* A 2x2 voies le comptage se fait sur chaque sens le trafic est pris égale a 1 00 % de TJMA sur chaque voies de même sens

2érne cas : Routes unidirectionnelles

Le trafic est pris égal a 100% du TJMA par voie de circulation pour les routes a une voie et 50%du TJMA pour les toutes les routes a voies

Dans le cas où il y a voies on repartie le trafic en considérant 80% du TJMA voie de circulation

Calcul du trafic

Trafic PL a la année de mise en service

$$T_{ms} = (i+1)^n TPL$$

I : aux d accroissement

n : nombre d'année s écoulant entre l'année de mise en service et l' année de comptage

TPL : trafic lourd par voie de circulation considérée

Chapitre III

Matériaux

III 1-Introduction

De nombre types de matériaux ont été testés et utilisés dans la construction des chaussées, avec plus ou moins de réussite. en effet., le choix des matériaux appropriés a, depuis toujours, constitué un problème majeur dans ce domaine, à cause de la dimension de l'ouvrage à réaliser les chaussées peuvent atteindre plusieurs centaines de kilomètres de long et par conséquent à la quantité des matériaux à mettre en oeuvre, mais aussi à cause des nombreux critères de résistance, de confort, de traficabilité et de sécurité routière auxquels les structures de chaussées, et par conséquent les matériaux qui Les constituent, doivent répondre.

Cependant, la conception, la construction, la qualité et la durée de vie d'une route dépendent essentiellement de son environnement : climat, qualité du sous sol, teneur en eau du sol, matériaux disponibles, trafic.

A ce titre, les critères de choix pour les matériaux qui seront retenus en zone humide ne seront pas les même que ceux retenus pour les zones arides : le Sahara algérien est un exemple significatif ;

Dans ce chapitre il sera question des matériaux utilisée en zone humide le chapitre suivant sera consacré à la zone aride.

De manière générale. On peut dire que, lors du choix des matériaux qui vont constituer les structures de chaussées, on doit tenir compte de deux grandes familles de critères Fondamentaux :

Les critères mécaniques, physiques et géométriques : il faut que ces matériaux aient une résistance mécanique acceptable aux sollicitations engendrées par le trafic, mais il faut aussi qu'ils possèdent certaines propriétés physiques et géométriques comme la dureté, la propreté, la résistance aux frottements et à l'attrition, etc. ;

Les critères économiques : il faut que les matériaux choisis soient bon marché vu la grand quantité mettre en oeuvre, mais il faut également que ces matériaux soient disponibles pour; unité du chantier pour ne pas ajouter le coût de leur transport - qui peut être souvent excessif à leur pris intrinsèque et au coût de leur mise en oeuvre.

III 2-Matériaux utilisés dans les corps de chaussées :

Les granulats sont le constituant de très loin majoritaire des couches de chaussées, qu'elles soient des assises hydraulique des enrobés, des enduits ou du béton : tableau III-1

Tableau III-1

Granulat matériau compose	Pourcentage de granulat	Pourcentage des Autres constituants	Nature des autres constituants
Crave non traitée	100%		
Grave ciment	94 a 97%	3 a 6%	ciment
Grade laitier	80 a 90%	10 a 20%	Laitier granulé
Grave bitume	95 a 96%	4 a 5%	bitume
Grave émulsion	96%	env 4%	bitume
Crave cendres	75 a 85%	15 a 25 %	Cendres volantes
Béton	80 a 85%	15 a 20%	ciment
Enduit superficiel	93 a 95%	5 a 7 %	Bitume pur ou modifié

Actuellement, il existe grosso modo trois grandes classes de matériaux utilisés dans la construction des chaussées, et la plupart des structures dans le monde sont conçues de l'utilisation conjointe de classes. Ce sont :

- les matériaux non traités:
- les matériaux traités aux liants hydrauliques (y compris les bétons):
- les matériaux traités aux liants hydrocarbonés, ou matériaux bitumineux (y compris les enduits superficiels).

Sans donner une description détaillée de chaque classe, on se contentera d'évoquer quelques caractéristiques générales.

III 3-Graves non traitées :

Comme leur nom l'indique, ce sont des matériaux qui sont mis en oeuvre sans avoir subi au préalable un traitement particulier, sinon celui effectué dans les carrières afin de répondre à certains critères géométriques ou de propreté. On évoque surtout le type de matériau qui est le plus

communément utilisé, en particulier dans les couches de base et de fondation des structures de chaussées souples la Grave Non Traitée (GNT).

La grave non traitée est le plus ancien des matériaux modernes Depuis qu'elle s'est substituée au macadam, dans les années 50, le progrès des méthodes de fabrication a permis d'en faire un matériau de qualité sans cesse améliorée, l'expression la plus achevée de cette technique étant la "grave Recomposée humidifiée" ou G.R.H

Une grave non traitée est un mélange à granularité continue, de cailloux, de graviers et de sable, avec généralement une certaine proportion de particules plus fines.

Pour pouvoir être mise en oeuvre dans de bonnes conditions et jouer correctement son rôle dans la chaussée. La grave non traitée doit avoir certaines propriétés.

III 4-Les propriétés physiques et géométriques des graves non traitées :

Les propriétés que nous citons ici sont la granularité, l'angularité, la propreté et la dureté.

A-granularité

La granularité est caractérisée par deux paramètres :

- la dimension "D" des plus gros éléments. Une réduction de "D" diminue la ségrégation à la mise en oeuvre et améliore l'uni. On admet généralement que "D" doit être limitée à 14 ou 20 cm pour les couches de base et à 20 ou 31,5 cm pour la couche de fondation

- la courbe granulométrique. Celle-ci joue un rôle fondamental car elle conditionne, la possibilité d'obtenir un bon arrangement des grains sous l'effet de compactage. D'où compacité satisfaisante

En effet, une compacité élevée assure une bonne stabilité et une bonne résistance et l'orniérage sous charges répétées. Elle limite l'attrition des grains, elle augmente le module d'élasticité "E" et assure un meilleur étalement des charges sur le sol support.

Toute fois, il faut faire attention à la valeur de cette compacité, car si elle est très élevée, elle peut entraîner des résultats contradictoires avec les paramètres précités :

La teneur en fines est un Facteur important. Un manque de fines entraîne une diminution de la cohésion. Inversement, un excès de fines peut conduire à l'instabilité en présence d'eau.

Pour une formule granulométrique on définit des classes granulaires données par le tableau III-2 les frontières entre ces classes ne sont pas toujours nettes et rigoureuses, elles peuvent dépendre des techniques d'utilisation et des origines de production

Tableau III-2

Classes de produits	Dimensions en millimètres
Fines	0/d ou d 0.080
Sables	0/d ou d 6.30
Gravillons	d/d ou d 2.00 et d 31.50
Cailloux	d/d ou d 20.00 et d 80.00
graves	0/d ou 6.30 d 80.00

B-Angularité et forme

La forme, l'angularité et la texture superficielle des granulats concourent à une bonne stabilité. A ce titre, les graves entièrement roulées ne peuvent convenir que pour les chaussées à très faible trafic.

HOLTZ a montré qu'un milieu granulaire a éléments ronds à un angle de frottement interne variant de 28° à 35° selon la compacité, alors que si les éléments étaient anguleux cet angle peut atteindre 34° à 46°

C-Propreté

C est un élément essentiel de la stabilité par temps humide. La propreté est appréciée par l'essai d'équivalent de sables.

Le tableau II-3 montre les seuils retenus en fonction du nombre de poids lourds par jour et par voie.

	ES	ES
Pl/j/voie	Couche de base	Couche de fondation
<25	>40	>40
25 a 150	>50	>50
>150	>60	>50

Tableau III-3: Seuil des Equivalents de sables.

D-Dureté résistance mécanique

Par suite de l'absence de liant, les efforts de fragmentation et d'attrition supportés par les granulats sont nettement plus intenses que pour une assise traitée. La dureté est donc un élément essentiel pour la permanence des qualités de l'assise sous l'effet du trafic.

On se base sur l'essai Los Angeles pour évaluer la résistance à la fragmentation et sur l'essai Microdeval en présence de l'eau pour la résistance à l'attrition le tableau II-4 donne les valeurs repères pour les deux caractéristiques.

VALEURS REPERES		VALEURS REPERES	
COEFFICIENT LOS ANGELES	APPRECIATION	MICRO-DEVAL EN PRESENTATION	APPRECIATION
<15	Très bon à bon	< 10	Très bon à bon
15 à 25	Bon à moyen	10 à 20	Bon à moyen
25 à 40	Moyen à faible	20 à 35	Moyen à faible
> 40	Médiocre	> 35	Médiocre

Tableau III-4: Valeurs repères pour les caractéristiques mécaniques des granulats

On définit des catégories granulaires pour les granulats en fonction des valeurs des coefficients

Los Angeles et Microdeval en présence d'eau : Tableau III-5.

L'appartenance à une catégorie nécessite de satisfaire simultanément aux 3 conditions						
	CATEGORIES	LA +MDE		LA		MDE
Couches De liaison	A	25	et	20	et	15
	B	35		25		20
Base fondation	C	45		30		25
	D	55		35		30
	E	80		45		45
	F	80		45		45

Tableau III-5 : Catégories granulaires pour les couches d'assise.

On définit des seuils de dureté en fonction de l'emploi préconisé de la grave non traitée et de l'intensité du trafic projeté exprimé en nombre de poids lourds par jour et par voie : tableau III-6

Pl/j/voie	LA.		MDE	
	Couche de base	fondation	Couche de base	fondation
<25	<30	<40	<25	<35
25 à 150	<25	<30	<20	<25
>150	<25	<25	<20	<20

Tableau III-6 : Seuils de dureté en fonction de l'intensité du trafic

III 5-Conclusion d'élaboration :

Il existe dans la nature des gisements alluvionnaires dont la courbe granulométrique est à peu près satisfaisante, après éventuellement élimination des plus gros éléments. On peut alors les utiliser tels quels, mais seulement pour les chaussées à faible trafic car ils ne comportent que

des granulats roulés. Une attention particulière doit être portée à leur teneur en fines et leur propreté.

Dès que le trafic devient plus élevé, on a intérêt à dire subir au matériau un minimum d'élaboration par criblage, concassage et recombinaison. Le produit le plus élaboré fabriqué suivant cette méthode est la GRH. (Grave recomposée humidifiée) dont on maîtrise non seulement la

granularité, grâce à la recomposition; mais également la teneur en eau par un dispositif approprié d'humidification. La GRH. est normalement destinée à une utilisation immédiate. L'humidification a alors pour avantage de réduire la ségrégation et de permettre le compactage dans des conditions optimales de teneur en eau.

Comportement mécanique des matériaux non traités

Une des données qui peuvent fournir des indications sur la résistance mécanique d'un type donné de matériau est son module d'élasticité (dit module de Young). Le cas idéal serait d'avoir une seule valeur de ce module, auquel cas on aurait affaire à un matériau ayant un comportement élastique linéaire dont la loi, très simple, s'écrit ($\sigma = E\xi$) où σ est la contrainte dans le matériau, ξ sa déformation et E son module d' Young.

En réalité, ceci n'est malheureusement pas le cas, car très peu de matériaux ont une loi (le comportement élastique linéaire, et les GNT n'en font pas partie. Ainsi, on peut distinguer dans le cas des GNT pas moins de 4 modules distincts qui sont mis en évidence par un essai triaxial sur une éprouvette :

Le module tangent à l'origine E_0 ;

Le module tangent intermédiaire E_t

le module sécant $E_s = (\sigma_1 + \sigma_3)/3$

On le ; soit. Le problème n'est pas simple à modéliser. Néanmoins, on peut admettre en première approximation que le module réversible M_r , est celui qui caractérise le mieux l'état du milieu et l'élasticité acquise après quelques cycles de chargements.

De plus, ce module est fonction de l'état de contrainte, de la nature et de la granulométrie de la grave; son évolution suit celle de la contrainte moyenne. Isotrope ni débite par:

$$\sigma_i = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3 \quad \text{selon une relation du type: } M_r = M_0 \sigma_1^\alpha$$

Sous certaines hypothèses portant sur la granulométrie de la gawe, ses dimensions et le rapport $\frac{\sigma_1}{\sigma_3}$, on peut supposer que le comportement de la GNT est plus ou moins élastique linéaire.

Plusieurs approches ont été proposées pour déduire une valeur de module, directement utilisable dans un schéma rationnel de dimensionnement, à partir de la valeur retenue pour le CBR; on peut citer en particulier

la formule $E=6.5\text{CBR}^{0.65}$ proposée par Jeuffroy et Bachelez.

la formule $E=10 \cdot \text{CBR}$ proposée par Shell

- la formule $E=5 \cdot \text{CBR}$ proposée par le I.CPC

Notons que c'est surtout sa cohérence avec la valeur limite retenue pour r , qui impute de plus et qu'étant donné le caractère non lié des grains et en absence de traitement par des liants, les $G/V1$ et les sols ne supportent aucune traction.

III-6- Graves et sables traités aux liants hydrauliques

Il s'agit de mélanger la grave initialement non traitée avec un liant hydraulique ce type de matériaux, employés à grande échelle dans les autres créneaux du Génie Civil (aliment, ouvrages d'art, barrages), ne sont pas utilisés aussi massivement dans la construction des chaussées, surtout à cause du coût des liants hydrauliques. Néanmoins, ils sont intéressants à examiner car leur résistance à la compression, à la flexion et à la traction et la relative homogénéité des couches traitées aux liants hydrauliques par rapport aux autres couches (GNT, enrobés bitumineux...) leur donnent des atouts non négligeables. D'ailleurs, on rencontre de plus en plus souvent des structures de chaussées qui comportent des couches de matériaux traités aux liants hydrauliques, ou même carrément des chaussées limnées de dalle en béton de ciment (Cas de l'avenue Mohamed V à Tunis).

III-7- Les liants hydrauliques:

Les premières tentatives d'utilisation de la GHTL ont porté sur l'utilisation du ciment comme liant. Ensuite on a expérimenté l'utilisation du laitier granulé seul, puis additions d'un catalyseur de prise. Les techniques de traitement aux liants hydrauliques ont ensuite été étendues à l'utilisation de mélanges de cendres volantes et de chaux, puis de r , pouzzolanes et di chaux.

Chapitre IV

conception des
chaussées en milieu
désertique

CONCEPTION EN MILIEU DESERTIQUE

IV-1-INTRODUCTION

L'insertion de la route dans ce milieu a nécessité une révolution dans la façon de concevoir et de réaliser le corps de chaussée.

La mise en place de la technique routière saharienne fut le résultat de plusieurs années d'expérience après la réalisation de plus de 2500 km en milieu désertique ;Aujourd'hui le défi est d'adapter cette technique aux nouvelles réalités, d'établir des critères de classification des matériaux sahariens afin de faciliter leur utilisation pour les projecteurs (choix de matériaux selon les possibilités offertes sur le terrain , les techniques de réalisation, le dimensionnement de la chaussée).

L'exposé portera sur la technique routière saharienne, la classification des matériaux et sur quelques techniques de réalisation, après une présentation succincte du contexte saharien.

IV-2- LE CONTEXTE SAHARIEN

A- LE CLIMAT

Le Sud algérien est caractérisé par des étés très chauds (50° à l'ombre) et des hivers rudes avec d'importants écarts de température (-5° le soir et 30° le jour).

Les pluies sont rares et tombent généralement sous forme d'averses (précipitations annuelles moyennes inférieures à 50 mm qui peuvent tomber en une ou deux averses). Les vents de sable y sont fréquents.

La zonalité climatique en Algérie basée sur la pluviométrie est la suivante :

Zone 1 : méditerranéenne humide $H > 600$ mm.

Zone II : méditerranéenne subhumide $350 \text{ mm} < H < 600$ mm.

Zone III: semi-aride ou steppique $100 \text{ mm} < H < 350$ mm.

Zone IV : aride ou désertique $H < 100$ mm.

D'après cette classification, le Sahara est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 100 mm, à laquelle s'ajoutent d'autres paramètres :

- Des températures très variables et élevées en été (entre 38 et 45°C) ;
- Un écart thermique entre le jour et la nuit, de 12 à 15° C en été et de 9 à 15° C en hiver ; une
- extrême sécheresse atmosphérique ;
- Une fréquence des vents de sable ;
- Une rareté et irrégularité des pluies.

B- LE RELIEF

Le sud algérien est caractérisé par un relief peu accidenté constitué par des vastes pénéplaines. Les paysages sont généralement monotones à l'exception des quelques zones montagneuses ou passages d'ergs.

C- Principales ressources en matériaux locaux dans le Sud algérien

L'uniformité de l'aspect de surface du sol saharien dissimule une grande variété de matériaux ; on distingue :

- Des encroûtements calcaires,
- Des encroûtements gypso calcaires, des sols gypseux ou salins,
- Du tout-venant de plateaux,
- Du tout-venant de buttes et pentes, des arènes granitiques,
- Des sables,
- Des argiles.

D- L'hydrogéologie

Du point de vue hydrologique, on distingue deux zones :

La partie secondaire et tertiaire constituant le nord du Sahara et renfermant diverses nappes souterraines dont l'une (albiennaise) est particulièrement abondante et étendue.

La partie primaire constituant l'extrême Sud où les seules ressources disponibles sont constituées par des nappes d'enferflux des oueds importants.

1V -3- La Technique Routière Saharienne

3 -1. Principale innovation

La principale innovation de la technique routière saharienne a été l'utilisation en couches de chaussée des matériaux fins, utilisation rendue possible grâce au climat et au trafic relativement faible prévue sur les routes à construire.

3 -2. Les idées générales

Le trafic saharien est essentiellement composé de camions gros porteurs souvent en surcharge ; donc on se dirigera vers une chaussée qui accepte sans désordres immédiats des déformations élastiques même relativement importantes, car les répétitions des charges étant faibles, les phénomènes de fatigue doivent apparaître lentement.

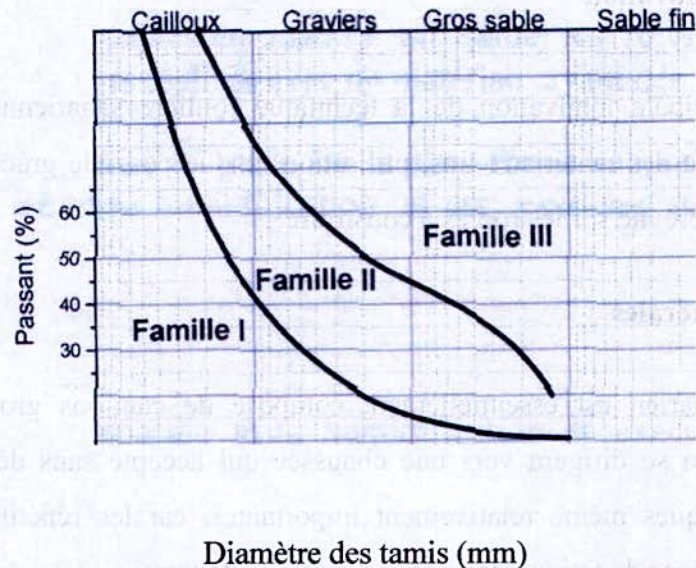
Le climat saharien est très sec. Les quelques pluies tombent presque toujours en précipitations relativement importantes pendant un temps très court. L'imbibition n'est pas à craindre à la seule condition que la forme de la surface permette l'écoulement des eaux.

Le problème des chotts doit être dissocié de la technique routière saharienne

Principe de la technique :

La couche de roulement doit être souple pour plier sans rompre.

Le matériau de la couche de base doit pouvoir supporter des déformations élastiques (réversibles).



3-3. Domaine d'application

Climat très sec (moyenne annuelle des pluies < 100 mm). Risques d'imbibition des sols sous chaussées très réduits.

3-4 Classification des matériaux

Il est établi que l'environnement désertique permet l'utilisation, en corps de chaussée, d'une large gamme des matériaux : depuis les graves caillouteuses jusqu'aux matériaux fins en passant par ceux dont la courbe granulométrique est tout entière à l'intérieur d'un fuseau discriminant de type AASHO —voir Figure]. Fuseau discriminant de Béni-Abbes- Les matériaux sont alors classés en trois familles selon leur granularité :

Famille I: ceux dont la courbe granulométrique se trouve au-dessous du fuseau entièrement ou partiellement (zone I du graphique), ce sont des matériaux à ossature à forte teneur en vide (ballate) IL n'est pas interdit d'envisager leur emploi en couche de base ou de fondation mais

Chaque cas doit être étudié en fonction des risques de ségrégation et de compactage ; parfois la réalisation des planches d'essai est nécessaire avant de se prononcer.

Famille II: les matériaux dont la courbe granulométrique est tout entière à l'intérieur du fuseau (zone II du graphique) ; Ces matériaux doivent leur tenue à l'enchâssement des différents éléments et à l'angle de frottement important dû au contact grain sur grain ; on les appelle matériaux à angle de frottement élevé. Ce sont des matériaux à ossature, analogues à ceux dits classiques utilisés en zone humide pour lesquels il est toutefois toléré quelques faibles écarts grâce à la sécheresse (pourcentage de fines plus élevé). Ce type de matériaux doit assurer une certaine cohésion tout en évitant une lubrification du squelette

Famille III : ceux dont la courbe granulométrique se trouve au-dessus du fuseau entièrement ou partiellement (zone III du graphique). Matériaux à matrice d'éléments fins, le squelette est inexistant ou noyé dans les éléments fins. Ces matériaux sont caractérisés par :

- Leur nature minéralogique (taux de carbonates, sulfates, chlorures et insolubles) ;
- Leur résistance à la compression simple ;

-Leur susceptibilité à l'humidité (gonflement, retrait chute de résistance).

Les seuils imposés à ces paramètres dépendent du niveau de service pour lequel ils seront sollicités (couche de fondation, couche de base, nature et intensité du trafic).

IV-4 Matériaux et mise en oeuvre

4-1. Terrassement

Les routes en zones désertiques sont souvent réalisées en remblai de faible hauteur 20 à 30 cm, cette disposition facilite le drainage et modifie favorablement la teneur en eau d'équilibre sous chaussée

Les déblais sont à éviter autant que possible car ils favorisent l'ensablement des chaussées.

Il n'y a pas de sélection de matériaux pour l'exécution des terrassements à l'exception des matériaux trop fins et pulvérulents qui sont à écarter :

Lorsque les matériaux de bonne qualité sont disponibles à des distances de transport économiques , les remblais sont confectionnés avec ces matériaux et constituent déjà une fondation qui permet de réduire au minimum l'épaisseur du corps de chaussée — couche de base d'environ 15 cm

-en zones dunaires, le sable peut constituer le corps du remblai, cependant sa mise en oeuvre pose des problèmes particuliers : difficultés de répannage du matériau de couche de base sur le sable de dune, cette opération ne peut se faire sans contamination de la couche supérieure sauf si l'on prend des précautions lors de la mise en oeuvre (approvisionnement à l'avancement).

-Les terrassements sont compactés à sec de manière à atteindre des densités de l'ordre de 90 ° de l'optimum Proctor. La dernière couche étant compactée à l'eau, à 96 % de l'optimum Proctor.

-La couche supérieure des terrassements devra être traitée de façon à acquérir une compacité maximale, de l'ordre de 98% de l'optimum Proctor.

4-2 Couche de fondation

Dans les zones désertiques, la présence de sol mou n'est pas envisageable ; de même, les conditions climatiques arides ont pour conséquence la rigidité des sols supports et des assises. Le principe d'une assise unique est alors retenu ; son épaisseur varie entre 15 cm et 30 cm. Elle est réalisée, à chaque fois que c'est possible avec un matériau identique soumis à des normes strictes.

Lorsque les matériaux performants (par rapport aux normes imposées par la technique routière saharienne) ne sont pas disponibles en quantité suffisante, les 10 cm inférieurs jouant le rôle de couche de fondation, sont alors réalisés avec un matériau ayant des caractéristiques moins bonnes.

La couche de fondation est mise en place sur la plate-forme support de la chaussée (terrassements terminés) par compactage avec humidification et est exécutée sur toute la largeur de la plate-forme.

4-3 Couche de base

La couche de base est compactée avec humidification et exécutée sur toute la plate-forme. Lorsqu'elle est terminée, elle a une largeur de 7.50 à 10.50 m suivant les projets, avec des élargissements sur certaines sections passages submersibles, remblais de grande hauteur, etc.

Les matériaux utilisés en couche de base appartiennent soit à la famille II (matériaux à ossature), soit à la famille III (matériaux fins).

La construction des chaussées avec matériaux fins, dits à cohésion élevée, est le privilège des régions à climat sec. On détermine leur qualité par des essais d'Atterberg, l'analyse chimique et on apprécie leur cohésion par des essais de résistance à la compression simple. Cet essai est effectué sur des éprouvettes type :

- compactées humides, à la teneur en eau Optimum Proctor Modifié,
- présentant une densité sèche égale approximativement à 95% de la densité sèche maximum Proctor modifié
- séchées à une température de 60° C maximum.

Leur résistance doit être au moins de 25 bars à teneur en eau finale quasiment nulle.

Ces matériaux nécessitent une teneur en eau optimale élevée, d'où les risques de retrait au séchage et de fissuration.

La résistance chute brutalement avec la compacité (de l'ordre de 50% quand on passe de 98 à 95%

De l'optimum Proctor modifié); il est donc indispensable d'exiger un bon compactage avec des tolérances très limitées

Il est à noter qu'un bon compactage est souvent difficile à obtenir, lorsque le matériau est très fin car sa surface spécifique importante exige :

- une teneur en eau au moment du compactage parfaitement homogène et proche de l'optimum Proctor modifié,
- un malaxage puissant,
- une grande énergie de compactage.

Il est également déconseillé de rapporter, sur une surface déjà compactée, une couche mince car il se produit ce qui est appelé le feuilletage : la couche supérieure se détache du corps de la chaussée dès qu'un effort lui est appliqué ; une reprise sur l'épaisseur totale de la couche de base par grattage des matériaux déjà mise en place est indiquée lorsqu'une correction s'impose.

Ces types de matériaux sont assez aléatoires et demandent une mise en oeuvre soignée. Ils donnent un excellent unite. Leur tenue est parfaite en l'absence d'eau mais leur imbibition avec maintien du trafic lourd entraîne la ruine de la chaussée.

4 -5Couche de roulement

Imprégnation

Préalablement à la réalisation d'une couche de roulement, les matériaux d'encroûtements notamment, doivent recevoir une couche d'imprégnation bitumineuse dont l'utilité est triple :

- assurer l'accrochage de la couche de roulement sur un matériau souvent très fermé en surface ; servir éventuellement de couche de roulement provisoire ; protéger la couche de base d'éventuelles précipitations.

L'imprégnation est réalisée sur toute la largeur de la plate-forme, le plus souvent au cut-back 0/1 et parfois au cut-back 10/1.

Les assises de chaussées étant réalisées avec des matériaux naturels non élaborés et en couches relativement minces, les déflexions élastiques produites sont relativement importantes (de l'ordre du millimètre). Ceci impose l'exécution d'un revêtement souple et mince. Selon

l'intensité du trafic, la couche de roulement sera constituée par un enduit superficiel, un enrobé à froid, un enrobé à chaud ou un sable bitume. Toutefois, l'enrobé à froid est le plus indiqué.

Actuellement le revêtement est réalisé sur une largeur de 7 m avec des élargissements sur certaines sections, car les anciennes routes revêtues sur une largeur moindre ont connu des dégradations prématurées, par les accotements, malgré le faible tra

5-6 Enduits superficiels

Le dosage en liant hydrocarboné est assez élevé, les films de liant sont assez épais pour que le vieillissement soit lent, malgré la température et la présence permanente de sable fin siliceux ; le liant garde ainsi sa ductilité assez longtemps. Les risques de ressuyages ne sont pas graves au Sahara à cause de l'apport continu de sable fin siliceux en surface de chaussée.

-La couche est assez compacte pour que du sable ne s'introduise pas dans les interstices du gravier et mobilise le liant au détriment des liaisons entre grains.

L'enduit superficiel retenu pour les zones arides est soit une bicouche, soit une tricouche dont la formulation est la suivante :

Bicouche : 8/16 et 3/8 ou 12,5/18 et 5/12,5 ;

Tricouche : 15/25 ; 8/15 et 3/8.

La réussite des enduits superficiels est souvent difficile à cause de la pollution des granulats par le sable et l'absence de compactage par un trafic régulier ; les rejets de granulats sont

Importants et constituent un grave danger pour les véhicules circulant à grande vitesse .les enrobes ouverts sont plus facile a mettre en œuvre et donnent un uni de meilleure qualité.

Enrobés ouverts à froid

Les enrobés ouverts ont l'avantage d'être assez souples aussi, mais l'épaisseur de la couche les soumet à une fatigue accélérée. Leur formulation se présente comme suit :

-granulométrie continue 2/16 ou 2/18

-dosage en liant 6 à 6,50%

-épaisseur 3,5 à 5cm

-liants cut-backs 150 /250 ou 400/600 et 011 pour l'imprégnation.

- enrobage en centrale classique.

Le pourcentage des vides après compactage reste important (20 à 25%) mais ces vides sont parfaitement comblés par le sable éolien et les effets du trafic lourd, et Les enrobés denses classiques.

L'utilisation des enrobés dense est possible mais coûteuse. L'épaisseur minimale recommandée est de 6 cm, compte tenu des déflexions élastiques importantes sur couches de base ; les bitumes durs sont recommandés.

Les risques de fluage et d'orniérage sont limités, le trafic étant faible et non canalisé. Il est à signaler qu'un revêtement légèrement fissuré peut durer plusieurs années sans grand dommage pour la chaussée.

Chapitre V
Méthodes de
dimensionnement

DIFFERENTES METHODES DE CALCUL

Nous avons choisi trois méthodes de calcul qui répondent aux trois approches citées dans l'introduction de ce chapitre

- ✓ La méthode CBR : La roue la plus chargée
- ✓ La méthode de SHOOK - FINE Equivalence des essieux
- ✓ Le catalogue Le cumul de poids lourds

V.1 La méthode CBR (California Bearing Ratio)

La roue la plus chargée

Elle connaît une faveur croissante dans tous les pays, basée sur des essais de poinçonnement, elle consiste à mesurer dans des conditions standardisées la résistance du sol de la plate forme , en supposant que toute la chaussée n'est composé que grave bien graduée

A -Détermination de l'épaisseur

La détermination de l'épaisseur s'établit suivant la formule suivante (formule de PELTIER)

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

Utilise pour le dimensionnement des bondes d arrêt d urgences.

– BAU vu que la bonde d arrêt d urgence (BAU) n'est pas sollicités par le trafic de l'autoroutes que pour des cas exceptionnelles (arrêts , accidents , déviation momentanées) La méthode CBR ne tenant pas compte de l'intensité du trafic parait le mieux adoptée pour le dimensionnement du corps de chaussée de la BAU

Avec :

e : épaisseur de la chaussée en cm

P : Charge maximale par la roue en tonnes 6.5 T

CBR : Indice de portance de sol en (%)

Seulement cette formule ne tient pas compte de la répétition de charge, élément non négligeable dans le dimensionnement d'une chaussée.

Pour cela, les anglais l'ont amélioré en tenant compte de répétition de charge du trafic, et ils ont aboutit à la formule suivante (La formule de PELTIER corrigée)

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

N : représente le nombre moyen journalier de camions de plus 1,5 tonnes à vide

$$e = \frac{100 + 130 \sqrt{p}}{CBR + 2}$$

V.2 La méthode de SHOOK - FINN (ASPHALT INSTITUTE) :

Équivalence des essieux

.2.1 Introduction

Bien que cette méthode de dimensionnement des chaussées souples soit relativement récente; elle dérive des nombreux essais AASHO.

Elle est basée sur les notions équivalence de trafic En effet. L'une des difficultés majeures rencontrées lors de l'utilisation des méthodes modernes de calcul des chaussées est l'appréciation du trafic. C'est -à- dire la distribution statistique des charges par essieu aussi que l'appréciation des effets destructeurs d'essieux de divers poids

Grâce. Aux essais AASHO. Il a été possible d'établir une équivalence de ces charges. C'est - a- dire qu'à partir d'un essieu -de référence. Obtenir le nombre des passages d'un essieu diffère qui produirait les mêmes effets destructeurs sur la chaussée que cet essieu de référence

En prépondérant le poids de l'essieu. Par un facteur de équivalence. On peut se ramener d'un trafic mixte. Composé d'essieux divers a un trafic homogène. Équivalent, exprime en nombre de passages de l'essieu de référence choisi (8.2 t ou 13 t, en général)

.2.2 Détermination de l'épaisseur

Pour déterminer l'épaisseur de la chaussée. La méthode de SHOOK - FINN est: basée sur les hypothèses suivantes

1°)- Indice de viabilité (définissant l'état de la chaussée)

- Initial : 4,2 (Chaussée neuve)
- Final : 2,5 (Chaussée hors d'usage)

2°)- Coefficient d'équivalence des matériaux : Les matériaux utilisés sont analogues à ceux des section courantes de l'essai AASHO

- Revêtement en béton bitumineux
- Couche de base en pierres concassées
- Couche de fondation en graver sableuses

3°)- Facteur de charge pour le trafic (coefficient d'équivalence) pour représenter l'influence de la charge, L'asphalte INSTITUTE a aboutit à la relation suivante :

$$F = 10^{0.25(p-8.15)}$$

Avec :

F : Coefficient d'équivalence de la charge P

P poids de l'essieu simple en tonnes. Où 0.57 du poids pour essieu jumelé 8.15 représente le poids en tonnes de l'essieu de référence choisi

4°)- Influence de la répétition de charge

La relation fondamentale reliant épaisseur équivalente au nombre de passage W de l'essieu de référence est

$$T \text{ (en pouces)} = (-8.50 - 5.53 \text{ Log } W)$$

5)- influence du sol de fondation Pour faire apparaître l'influence du paramètre variable du sol de fondation. L'ASPHALTE INSTITUTE trouvera que L'épaisseur équivalente égale :

$$T(\text{en Pouces}) = (-8.5 + 5.53 \log W) \left(\frac{2.5}{\text{CBR}} \right)^{0.4}$$

* TRAFIC CUMULE TOTAL (TC)

$$TC = 365 T_0 (1+i)^{n-1}$$

T₀ = trafic de 1 année de mise en service

i = taux d'accroissement annuel

n = durée de vie

Tableau V- 1 : type des véhicules

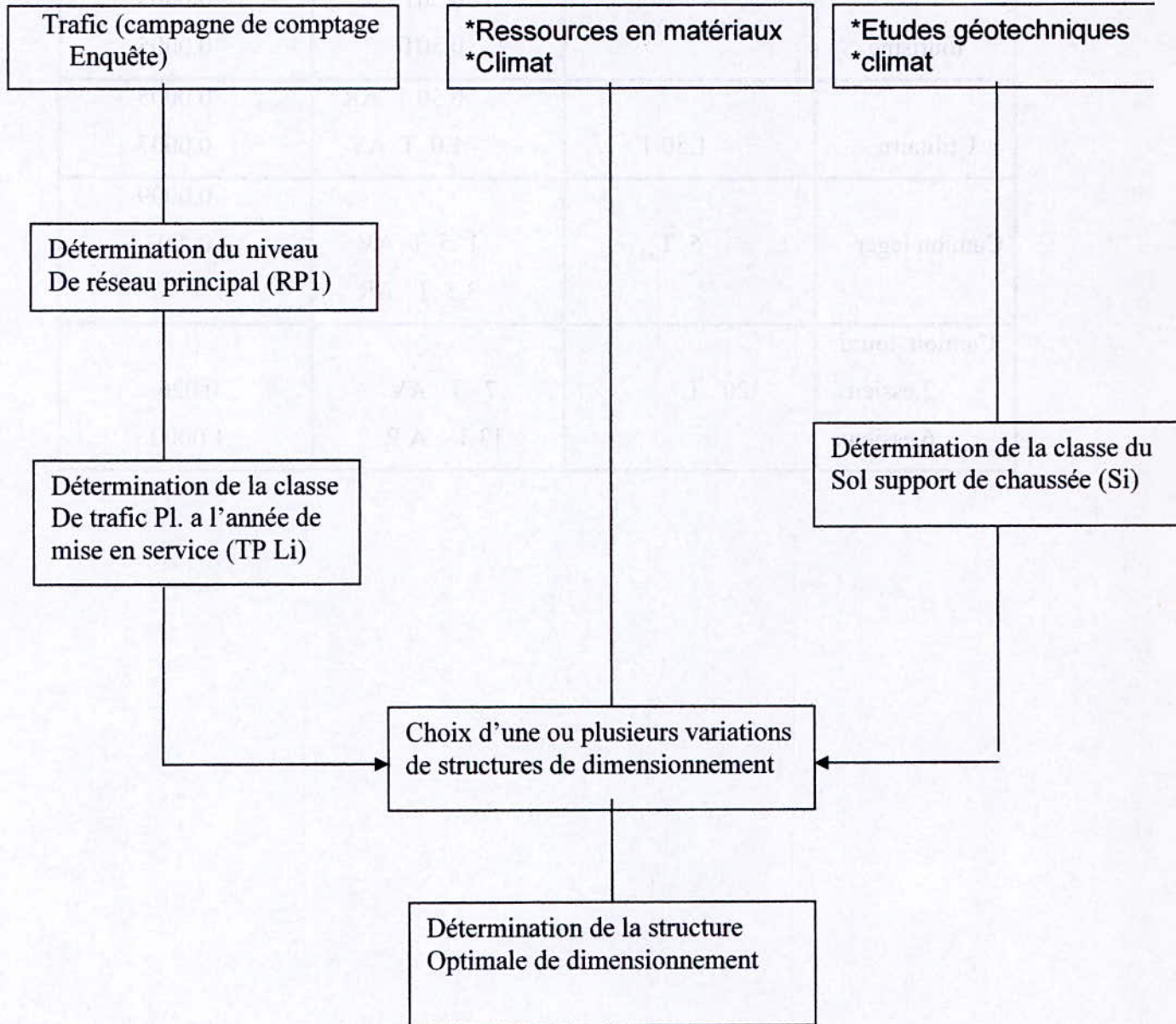
véhicule	Poids total	Poids d essieux	Valeur d F
tourisme	1T	0.50T	0.0005
		0.50T	0.0005
Utilitaire	1.50 T	0.50 T AR	0.0005
		1.0 T AV	0.0007
Camion léger	5 T	1.5 T AV	0.0009
		3.5 T AR	0.003
Camion lourd 2 essieux	20 T	7 T AV	0.026
		13 T AR	1.0000

Choix d'un ou plusieurs véhicules
de structures de dimensionnement

Détermination de la structure
Optimale de dimensionnement

V.3. La méthode du CATALOGUE (Structures Types des Chaussées neuves)

LA DEMARCHE CATALOGUE



.3.1 données d'entrées du dimensionnement

Les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées sont:

- la durée de vie
- le risque de calcul considéré
- les données climatiques
- le trafic
- le sol support de chaussée
- les caractéristiques des matériaux.

Nous examinerons dans ce chapitre les différents paramètres précités ci-dessus

A - Durée de vie

La durée de vie est en étroite relation avec la stratégie d'investissement retenue par le maître de l'ouvrage. Elle correspond à un investissement initial moyen à élever et des durées de vie allant de 15 à 25ans en fonction du niveau de réseau principal considéré.

Les durées de vie fixées par niveau de réseau principal (RP1, RP2) et par matériaux types sont synthétisées dans le tableau (V-2) ci-dessous:

Tableau V-2 : Durées de vie adoptées

niveau de réseau principal (R _{Pi})	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
R _{P1}	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
R _{P2}	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF ITUF, SG/SG, AGI AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

B - Risque de calcul

Compte tenu du caractère probabiliste relatif au dimensionnement des chaussées dû à l'importance de la dispersion et du caractère aléatoire des essais de fatigue, l'objectif qui est retenu est que la probabilité d'apparition des dégradations avant une période donnée de x années soit inférieure à une valeur fixée. Cette probabilité de rupture est appelée le «risque de calcul» et la période de x années la «durée de vie» ou durée du dimensionnement

Définition du risque

Un risque $r\%$ sur une période de x années pris pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité.

Pour qu'apparaissent au cours de ces x années des dégradations structurelles qui impliqueraient des Travaux de renforcement de la chaussée.

Les niveaux de risque choisis sont en fait en étroite relation avec les options retenues par le maître de l'ouvrage en matière de niveau de service de la stratégie d'investissement et d'entretien. Les risques de calcul ($r\%$) adoptés dans le dimensionnement des structures, lui sont fonction du limite et du niveau de réseau principal. sont donnés dans les tableaux V-3 et V-4 ci-dessous.

Tableau V-3: Risques adoptés pour réseau RP1

	Classe de trafic (Tpli) (PI/J/Sens)	TPI3	TPI4	TPI5	TPI6	TPI7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg	12	10	5	2	2

Tableau V-4: Risques adoptés pour le réseau RP2

	Classe de trafic (Tpli) (PI/J/Sens)	TPI0	TPI1	TPI2	TPI3
Risque (%)	GNT/GNT ,TUF/TUF SG/SG,SB/SG	25		20	

C - Données climatiques

Les données directement utilisées dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent:

- à l'état hydrique du sol support,
- aux cycles saisonniers de température.
- Etat hydriques du sol support

L'état hydrique du sol est pris en compte à travers la portance du sol support. Cette portance est estimée à partir d'un essai de poinçonnement CBR dont les conditions d'imbibition (immédiat ou à 4 jours) sont liées à la zone climatique considérée.

Les différentes zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau V-5

Tableau V-5: Zones climatiques de pluviométrie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	région
I	>600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts plateaux
III	100-350	semi - aride	<u>Hauts plateaux</u>
IV	< 100	Aride	Sud

Cycles saisonniers de température

Les cycles saisonniers de température qui influent sur les caractéristiques mécaniques des matériaux bitumineux, (GB, BB, SB) sont pris en compte à travers la notion de température équivalente.

. Définition de la température équivalente

Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente θ_{eq} . Celle-ci est telle que la somme des dommages subis par la chaussée pendant une année, pour une distribution de température donnée, soit égale au dommage que subirait la chaussée

soumise au même trafic mais pour une température constante θ_{eq} . Cette dernière se détermine par application du cumul des dommages de la loi de Miner.

Les valeurs de température équivalentes (θ_{eq}) retenues pour le calcul du dimensionnement sont données dans le tableau V-6 ci-dessous:

Tableau V-6: Choix des températures équivalentes

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

D – Trafic

La connaissance du trafic, essentiellement le trafic poids lourds (véhicules de plus de 3,5 tonnes) intervient :

- comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées.
- dans le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux (MDE, LA). Pour la

fabrication des matériaux des chaussées.

Pour le calcul du dimensionnement proprement dit. C'est le trafic cumulé sur la durée de vie choisie qui est à prendre en considération. Ceci fait intervenir les notions d'agressivité des poids et de trafic cumulé équivalent (TCEi)

Classes de trafic (TPLi)

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic PL/j/sens compté en moyenne journalière annuelle (MJA), sur la voie la plus chargée, à l'année de mise en service.

Le tableau V-7 ci-dessous donne par niveau de réseau (RP 1 ou RP2), les classes de trafic adoptées

Tableau V-7: Classes de trafic TPLi adoptées

Classe de trafic		TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Pl/j/sens	RP1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000
	RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-

Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il

Est donnée par la formule suivante

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1-i)^n - 1}{i}$$

Ou :

- i = taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0,04 dans le calcul de dimensionnement), ce taux de 4 % résulte d'une enquête nationale de trafic réalisée dans le cadre de l'étude du schéma directeur routier national.

n = durée de vie considérée.

. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

Le calcul de TCEi qui fait intervenir l'agressivité (A) des PL, est donné par la formule:

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

Cette formule peut être simplifiée comme suit: $TCEi = TCi.C.A.10^3$

$$\text{Avec: } C = \frac{(1-i)^n - 1}{i} \times 365 \times 10^3 \text{ (appelé facteur de cumul)}$$

A : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes A titre indicatif, le tableau V-8 ci-dessous donne les valeurs de C en fonction de i et n :

Tableau V-8: Valeurs du facteur de cumul C

n(années) i(%)	10	15	20	25
2	4.0	6.3	8.9	11.7
4	4.4	7.3	10.9	15.2
7	5.0	9.2	15.0	23.1
10	5.8	11.6	20.9	35.9

Les coefficients d'agressivité A ont été calculés conformément à la norme NFP98-082, à partir de diagrammes des charges obtenus lors des différentes campagnes nationales des pesages des poids lourds, Les résultats des calculs sont donnés dans le tableau V-9 ci-après:

Tableau V-9: Valeurs du coefficient d'agressivité A

Niveau de réseau principal	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume: GB/GB, GB/Tuf, GB/SG...	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques: GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités: GNT /GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à matériaux traités au bitume: <u>SB/SG</u>	0.4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0.6

E - Sol support

Classes de sols supports retenues

Le sol support de chaussées est assimilé à un massif semi-infini élastique, homogène et isotrope. Les caractéristiques mécaniques nécessaires pour la modélisation (Alizé III) sont le

- module de Young (E)

-le coefficient de Poisson (ν),

- Le coefficient de Poisson (ν) pour les sols est en général pris égal à 0,35,

- Le module du sol support (E) appelé également module de Young

Calcul des déformation admissibles sur le sol support ($\varepsilon_{z,ad}$)

La déformation verticale ε_z calculée par le modèle Alizé III, devra être limitée à une valeur admissible

E qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement

Des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante:

$$\varepsilon_{z,ad} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot (TC E i)^{-0.235}$$

F. Calcul des sollicitations admissibles

Les sollicitations admissibles pour chaque type de matériaux sont calculées par de relation. Le calcul de la déformation admissible de traction ($\varepsilon_{t,ad}$) à la base des couches bitumineuses est donné par la relation suivante :

$$\varepsilon_{z,ad} = \varepsilon_6(10^\circ c, 25Hz) \cdot kne \cdot k\theta \cdot kr \cdot kc$$

Où :

$\varepsilon_6(10^\circ c, 25Hz)$: Déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à $10^\circ C$ et 25Hz (essai de fatigue).

kne: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée

$k\theta$: Facteur lié à la température

kr : facteur lié au risque et aux dispersions

kc :facteur lié au calage des résultat, Du modèle de calcul avec le comportement observé Sur chaussées

Avec :

$$kne = \left(\frac{10^6}{TCEi} \right)^b,$$

$$k\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta eq)}}$$

$$kr = 10^{-tb\delta}$$

D'où :

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^\circ c, 25Hz) \cdot \left(\frac{10^6}{TCEi} \right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta eq)}} \cdot 10^{-tb\delta} \cdot kc$$

Avec :

TCE! : Trafic en nombre Cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

B : pente de la droite de fatigue ($b < 0$)

E ($10^\circ C$) : Module complexe du *matériau* bitumineux à $10^\circ C$

$E(\theta_{eq})$: Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de

La zone climatique

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

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

C : coefficient égal à 0,02

t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%). Voir tableau V-10

Tableau V-10: Valeurs de $t=f(r\%)$

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

Matériaux traités aux liants hydrauliques

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

$$\sigma_{t,ad} = \sigma_6 .kne.kr.kd.kc$$

où :

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

kne, kr, kc : idem matériaux traités au bitume

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

$\sigma_{t,ad}$: peut s'écrire de la façon suivante:

$$\sigma_{t,ad}(\text{bars}) = \sigma_6 \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b 10^{-tb\delta} .kd.kc$$

Matériaux non traités (MNT)

Il n'existe pas de calcul de sollicitations admissibles pour ce type de matériau. Il faut s'assurer du bon choix des caractéristiques du matériau afin d'avoir une bonne tenue à l'orniérage. Il faut également

S'assurer que le sol support ne soit pas trop déformable

Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol-support

Matériaux traités au bitume (MTB)

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

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

Matériaux traités au liants hydrauliques (MTLH)

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

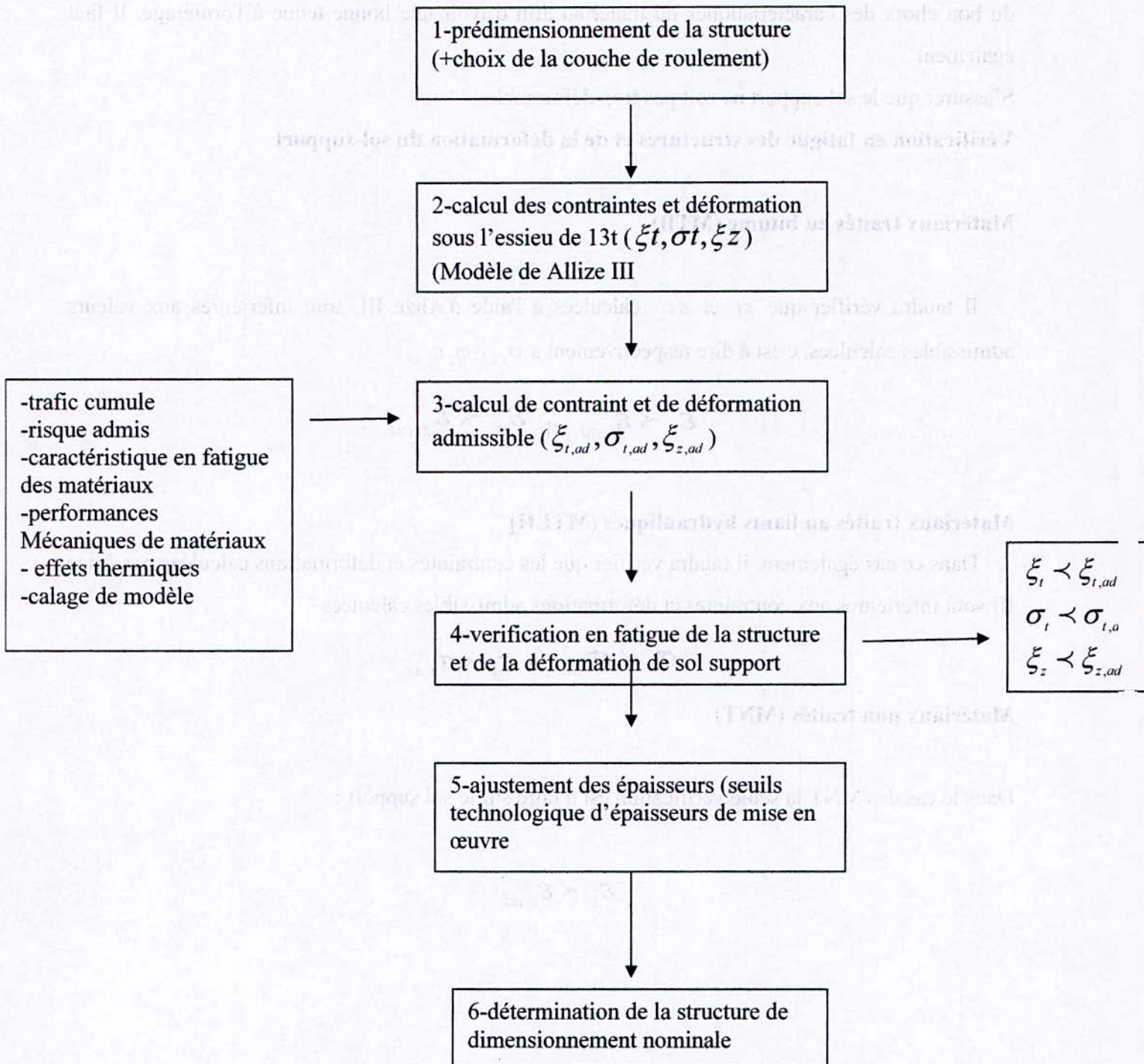
$$\sigma_t < \sigma_{t,ad} \text{ et } \sigma_z < \sigma_{z,ad}$$

Matériaux non traités (MNT)

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

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

3-2-2- EXEMPLES D'UTILISATION



Chapitre VI

Application

VI-1- Introduction

Après avoir analysé les différents paramètres qui interviennent dans le dimensionnement des chaussées, nous proposons un calcul d'épaisseur de chaussée souple avec les trois méthodes présentées au chapitre précédent.

Le trafic considéré pour cette application est un trafic moyen, choisi dans ce sens pour pouvoir varier les matériaux utilisés (le tuf étant préconisé que pour le réseau RP2 dans le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves).

Les matériaux retenus sont la grave non traitée et le tuf (le tuf étant retenu pour des indices portants supérieurs à 20% caractérisant les sols du Sud algérien).

Les indices CBR sont de 8%, 10%, 12%, 20%, 30% et 35%.

1-1. Application des différentes méthodes

Dans cette application nous aurions traité un exemple réelle d'une chaussée souple sous un trafic journalier moyen annuel donné et suivant certaines conditions imposées dans cette dernière, en la dimensionnant par des différentes valeurs de CBR donnés

L'application contient comporte deux calculs essentiels sont les suivants

- Calcul du trafic.
- Calcul des épaisseurs des différentes couches.

. Calcul du trafic

- Type de sol: divers valeur de la portance.
- Type de chaussée: Chaussée à deux voies
- Durée de vie: $n = 15$ ans
- .- Condition du trafic :

*TJMA (trafic journalier moyen annuel) égal à 650v/j/voie

*Taux d'accroissement annuel égal à 4%

*Classe de type de véhicule

*Nombre d'année s'écoulant entre l'année de mise en service et l'année de comptage égal à ($k= 3$).

On a Six (06) types de véhicules ont été pris en compte, regroupés en deux catégories :

1- véhicules légers : - voitures particulières.

- véhicule utilitaires.

- bus

2- poids lourds : - camions a 2 essieux.

- ensemble articulé.

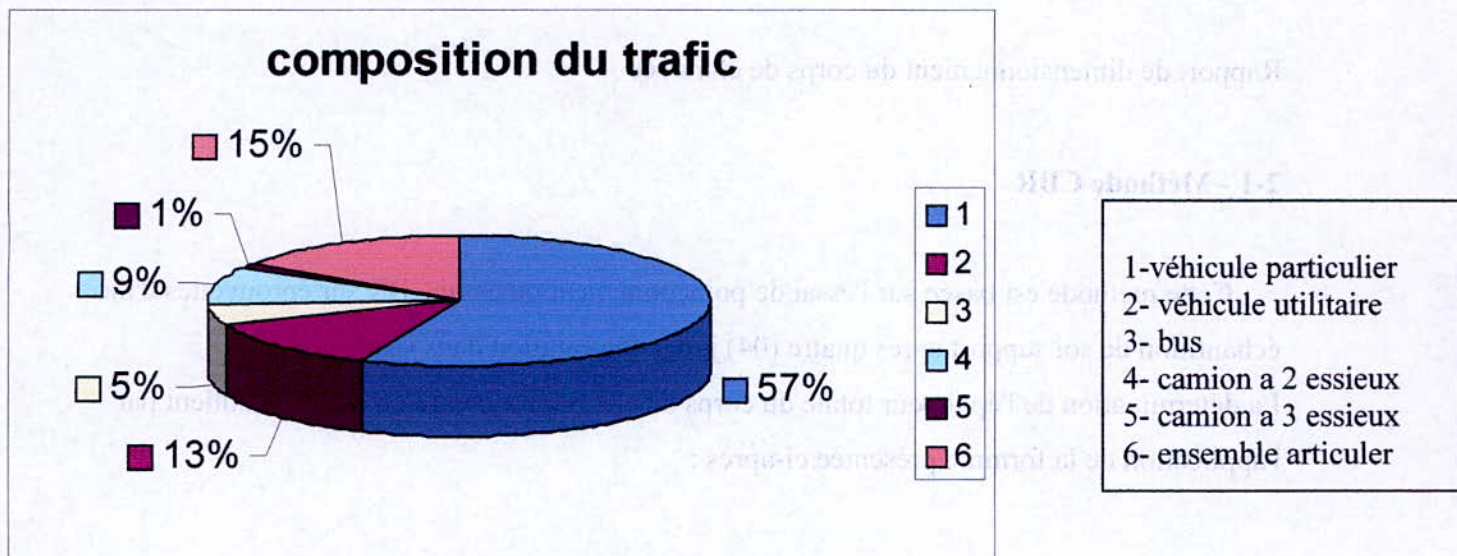
- camions 3 essieux.

Le pourcentages de poids lourds : PL= 25.93%

Tableau VI-1 Répartition des trafics

Type de véh	Poids total	Nombre des essieux	Poids de l essieu avant	Poids de l essieu arrières	Distribution du trafic (%)
Véh particulier	1	2	0.5	0.5	56.25%
Véh utilitaire	1.5	2	0.5	1	12.73%
Bus	5.5	2	2	3.5	5.09%
Camion a 2 essieux	5	2	1.5	3.5	9.49%
Camion a 3 essieux	20	2	7	13	1.16%
Ensemble articuler	30	3	7	10 13	15.28%

_ Composition du trafic



Calcul du trafic de poids lourds a 15 années de mise en service

On : TJMA = 650 véh/ j/voie

i = 0.04

k= 3 ans

% P4 =9.49%

% P5 = 1.16%

%P6 =15.28%

TJMAS= 190 v /j /voie

Calcul du trafic cumulé pour la durée de vie estimée

On a – Tjmas= 190v /j/voie

n = 15 ans

D ou

$$T_c = 365 \times TJMAS \times \frac{(i+1)^n - 1}{i} = 1.3 \times 10^6 \quad 365 \times TJMAS \times \frac{(i+1)^n - 1}{i} = 1.3 \times 10^6$$

$$T_c = 1.3 \cdot 10^6 \text{ véh}$$

VI-2 METHODES DEMENSIONNEMENTS

Rapport de dimensionnement du corps de chaussée

2-1 - Méthode CBR

Cette méthode est basée sur l'essai de poinçonnement ou essai CBR sur éprouvettes d'un échantillon de sol support après quatre (04) jours d'imbibition dans l'eau.

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

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

e : épaisseur équivalente (cm).

P : poids de la roue maximum (6,5t pour l'essieu standard 13t).

N : nombre moyen journalier de camions de plus de 1,5 tonnes à vide. I : indice CBR (sol support).

log : logarithme décimal.

- L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$$

Où : a₁, a₂, a₃ : coefficients d'équivalence (voir annexes : coefficients d'équivalence)

e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des différentes couches.

$$N = TJMAS (i+1)^n$$

$$TJMA = 650 \text{ véh/j/voie}$$

$$e_3 = \frac{e - (a_1 e_1 + a_2 e_2)}{a_3}$$

$$TJMAS = (i+1)^k TJMA = (1+0.03) 3 \times 34592 = 731.16 \text{ v/j/voie}$$

$$N = 731.16 (1+0.03)^{15} = 1050.5 \times 0.18 = 341.44 \text{ p l / jour / voie}$$

En prendre les coefficients a1, a2, a3 (Tableau VI-2)

Tableau VI-2 des coefficients (a_i)

CBR	08	10	12	20	30	35
a 1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
a 2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
a 3	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6
e 1	05	05	05	05	05	05
e 2	10	10	10	10	05	05

Tableau VI-3 des structures

CBR	08	10	12	20	30	35
Epaisseur(e)	59 cm	44 cm	39 cm	27 cm	19 cm	15 cm
Epaisseur de la Fondation (e ₃)	34 cm	26 cm	21 cm	11 cm	12 cm	05 cm
Structure de la chaussée	5BB + 20GB + 34GK	5BB + 15GB + 26GK	5BB + 15GB + 21 GK	5BB + 10GK + 11TF	5BB + 05GB + 12TF	5BB + 05GB + 05TF

Ce tableau présente tous les résultats souhaitables sur les épaisseurs totales réelles de la chaussée qui a été dimensionnée par la méthode précédente (méthode CBR)

Tableau VI-2 des coefficients (a)

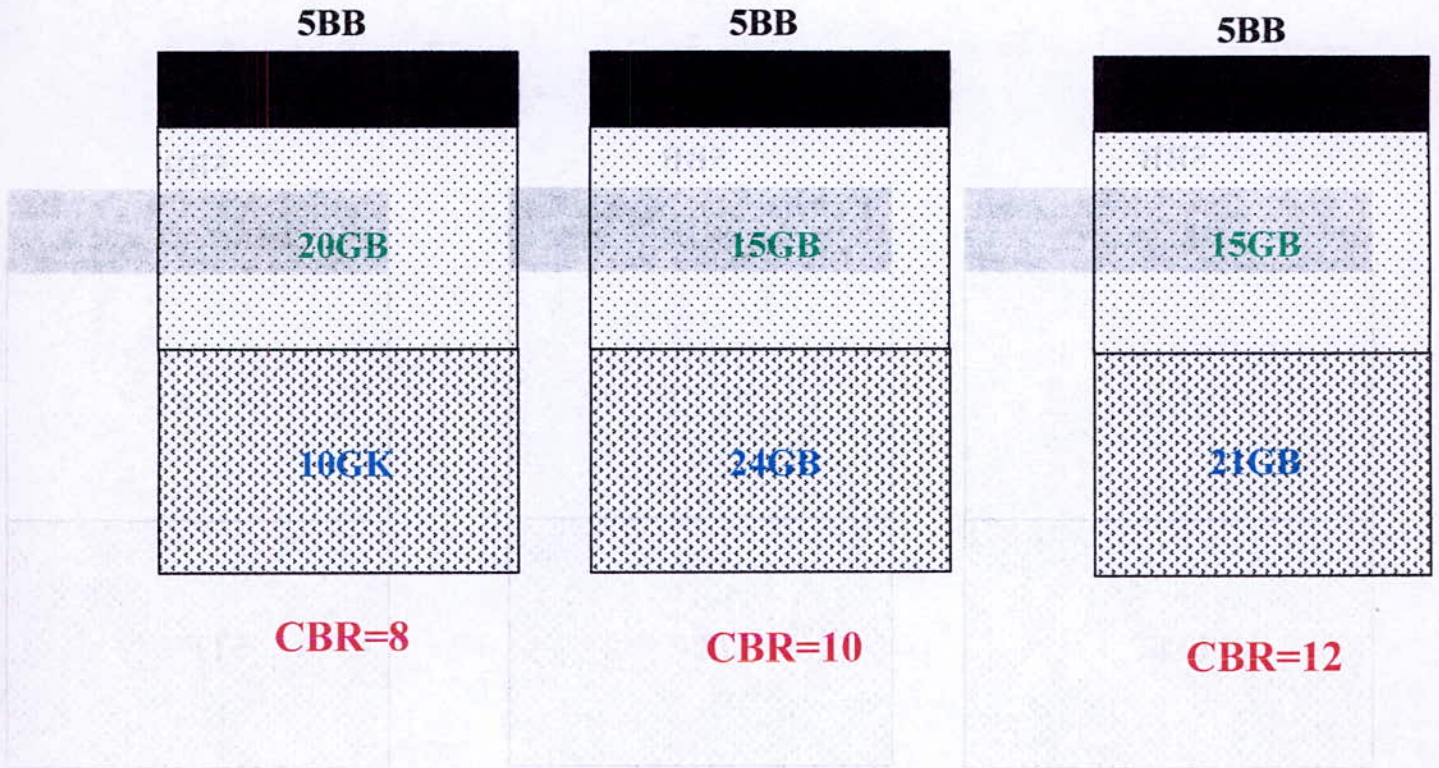
0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Tableau VI-3 des structures

CBR	08	10	12	15	20	30	35
Épaisseur	35 cm	41 cm	47 cm	53 cm	61 cm	71 cm	81 cm
Épaisseur de la Fondation (e)	24 cm	26 cm	28 cm	31 cm	34 cm	39 cm	45 cm
Structure de la chaussée	20CB 20GK	15CB 15GK	10CB 10GK	8CB 8GK	6CB 6GK	4CB 4GK	3CB 3GK

SCHEMA DES STRUCTURES

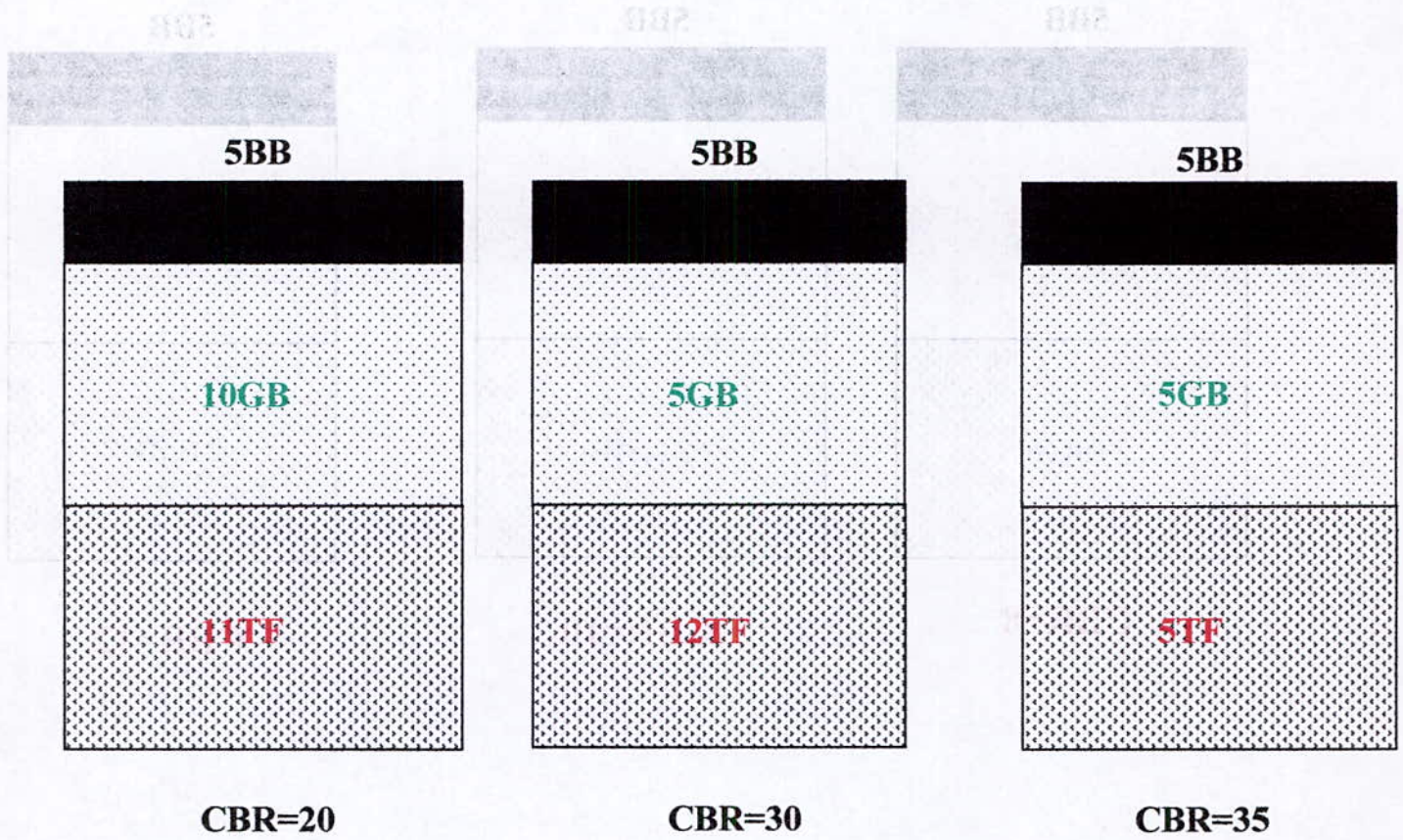
Zone de nord



Méthode de CBR

SCHEMA DES STRUCTURES

Zone de sud



Méthode de CBR

2-2- Méthode de l'asphalte institué

Elle est basée sur :

- une prise en considération du trafic composite par une échelle de facteurs d'équivalence.
- un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

* Trafic cumulé total (T_c)

$$T_c = 365T_o \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

- T_o : Trafic de l'année de mise en service.
- i : Taux d'accroissement annuel.
- n : Durée de vie escomptée.

* Trafic cumulé équivalent

Pour évaluer le trafic équivalent (T_e), on détermine le nombre moyen journalier de diverses catégories de véhicules dans les deux (02) sens, et on applique à chaque charge d'essieu un facteur d'équivalence, donné par la formule suivante :

$$F = 10^{0.256(p-8.15)}$$

Avec : $P_o = 8.15$ t : poids de l'essieu de référence

P (en tonnes) : poids de l'essieu à comparer avec l'essieu de référence.

- - Epaisseur et structure de chaussée

En peut utilisée la formule suivant

$$E(\text{pouce}) = (-8.5 + 5.53 \log w) \left(\frac{2.5}{CBR} \right)^{0.4}$$

Au bien utilisent les annexes

A partir du couple (Tc, CBR), la planche (1) (voir annexes) donne l'épaisseur équivalente de la chaussée. Puis on détermine la structure de chaussée en utilisant la formule

$$T_0 = T_{JMAS} = T_{JMA} (i+1)^k = 650 \times (1+0.03)^3 = 731.16 \text{ v/j/voie}$$

$$T_C = 365 \times 731.16 \frac{(1+0.04)^{15} - 1}{0.04} = 5.35 \times 10^6 \dots \text{véh}$$

Tableau VI-6 de la répartition des coefficients équ

Type de véhicule	% de répartition	nombre de véhicules	nombre d'essieux	coefficient d'équivalent	nombre passages d'équivalent	Le cumul de passage d'équivalent
Véh particulier	56.25%	3 10 ⁶	(1) 0.5	0.012	3.6 10 ⁴	7.2 10 ⁴
			(1) 0.5	0.012	3.6 10 ⁴	
Véh utilitaire	12.73%	67.97 10 ⁴	(1) 0.5	0.012	8.15 10 ³	1.90 10 ⁴
			(1) 1	0.016	1.087 10 ⁴	
Bus	5.09%	27.18 10 ⁴	(1) 2.0	0.029	7.89 10 ³	2.63 10 ⁴
			(1) 3.5	0.068	1.84 10 ⁴	
Camion a 2 essieux	9.49	50.68 10 ⁴	(1) 1.5	0.022	1.11 10 ⁴	4.56 10 ⁴
			(1) 3.5	0.068	3.45 10 ⁴	
Camion a 3 essieux	1.16	6 10 ⁴	(1) 7.0	0.515	3.09 10 ⁴	7.01 10 ⁴
			(1) 13	0.653	3.92 10 ⁴	
Ensemble articulé	15.28	82 10 ⁴	(1) 7.0	0.515	4.22 10 ⁵	16.16 10 ⁶
			(1) 10	2.900	2.37 10 ⁶	
			(1) 13	16.31	13.37 10 ⁶	

$$W = 1.64 \cdot 10^7$$

$$W = 1.64 \cdot 10^7 \text{ véhicule d'essieux équivalents de 8.15 t}$$

$$e = (-8.5 + 5.53 \log w) \left(\frac{2.5}{CBR} \right)^{0.4}$$

$$e = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$$

$$e_3 = \frac{e - (a_1.e_1 + a_2.e_2)}{a_3}$$

$$TJMAS = (i+1)^k \quad TJMA = (1+0.03) 3 \times 34592 = 731.16 \text{ v/j/voie}$$

$$N = 731.16 (1+0.03)^{15} = 1005 \times 0.18 = 341.44 \text{ pl/ jour /voie}$$

En prendre les coefficients a_1, a_2, a_3

Tableau VI-7 des coefficients (a_i)

CBR	08	10	12	20	30	35
a 1	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
a 2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
a 3	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6
e 1	05	05	05	05	05	05
e 2	10	10	10	10	05	05

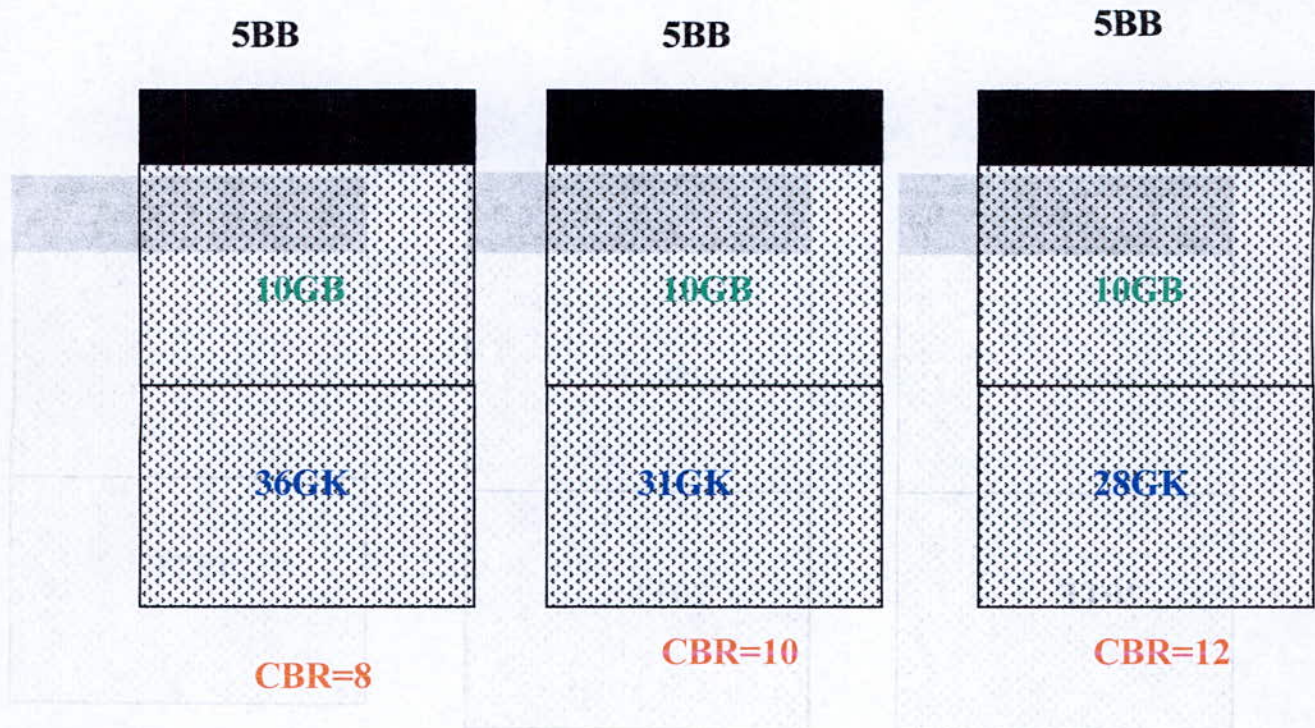
Résultats

Tableau VI-8 des épaisseurs

CBR	08	10	12	20	30	35
E Epaisseur(e)	51 cm	46	43	35 cm	30 cm	28 cm
Epaisseur de la Fondation (e ₃)	34 cm	31cm	28cm	20 cm	20 cm	18 cm
Structure de la chaussée	5BB + 10GB + 34GK	5BB + 10GB + 31GK	5BB + 10GB + 28GK	5BB + 10GK + 20TF	5BB + 05GB + 20TF	5BB + 05GB + 18TF

SCHEMA DES STRUCTURES

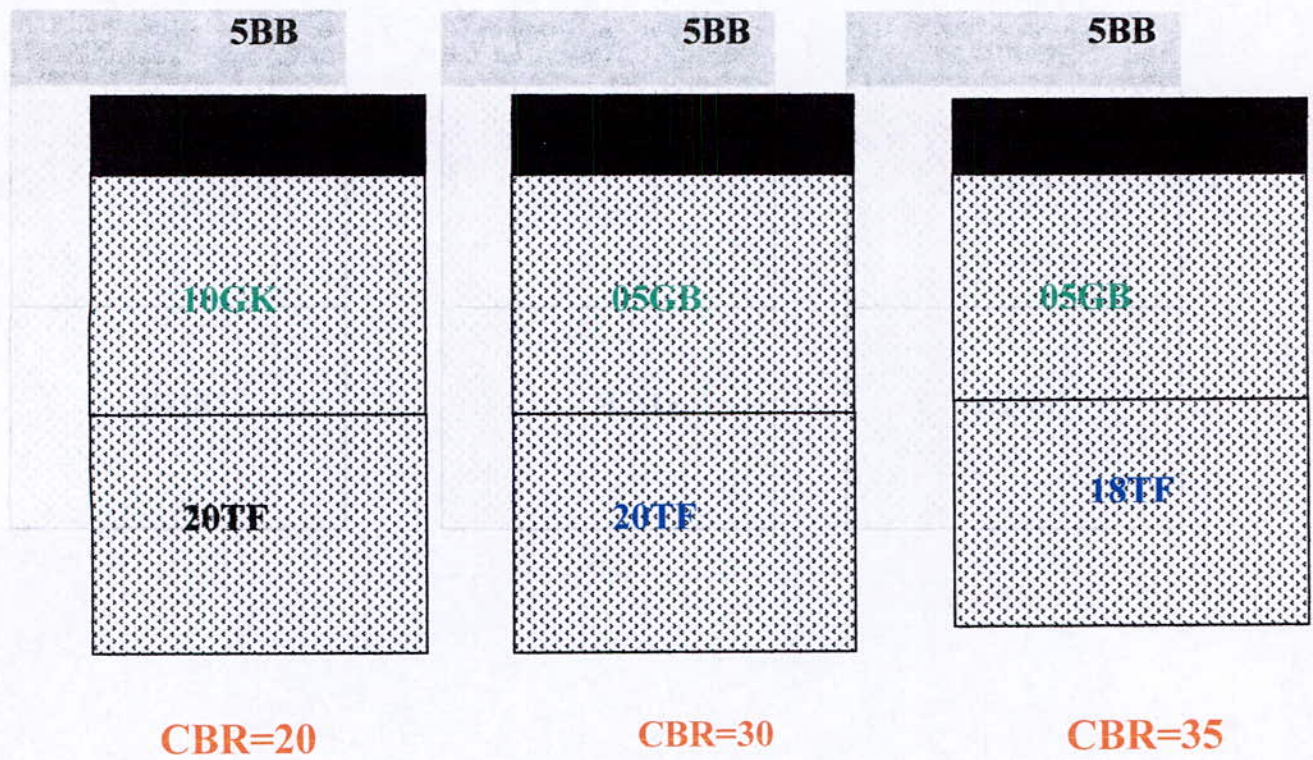
Zone de nord



Méthode de l'asphalte instiue

SCHEMA DES STRUCTURES

Zone de sud



Méthode de l'asphalte institue

2-3- Méthode de catalogue

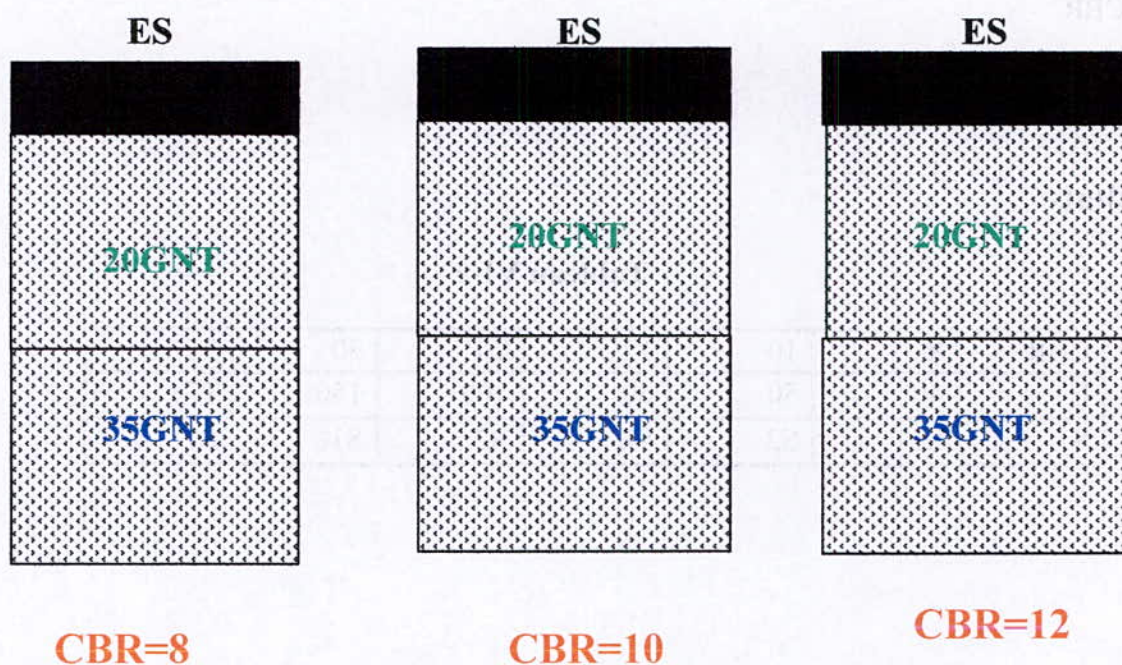
$$\alpha = 10^{0.256(p-13)}$$

TPLI = TJMA X % PL = 650x 25.93 = 169véh/j/voie
E=5CBR

Résultats

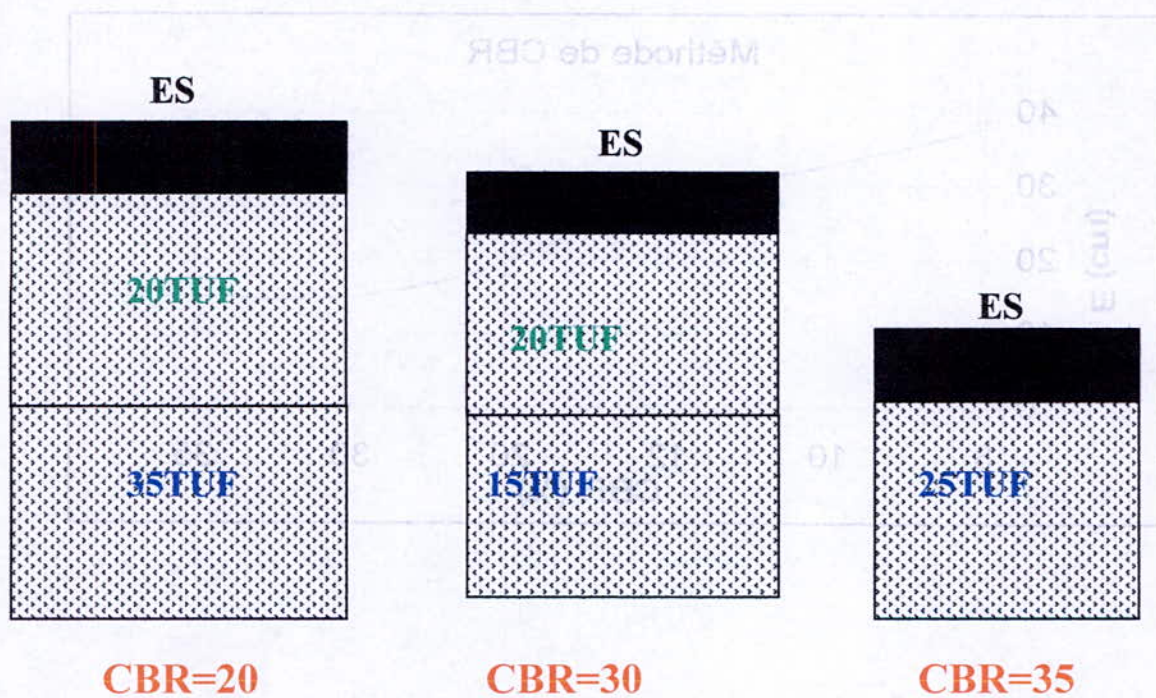
Tableau VI-9

CBR	8	10	12	20	30	35
E	40	50	60	100	150	175
S	S3	S2	S2	S2	S1	S1

SCHEMA DES STRUCTURES**Zone de nord****Méthode de catalogue**

SCHEMA DES STRUCTURES

Zone de sud

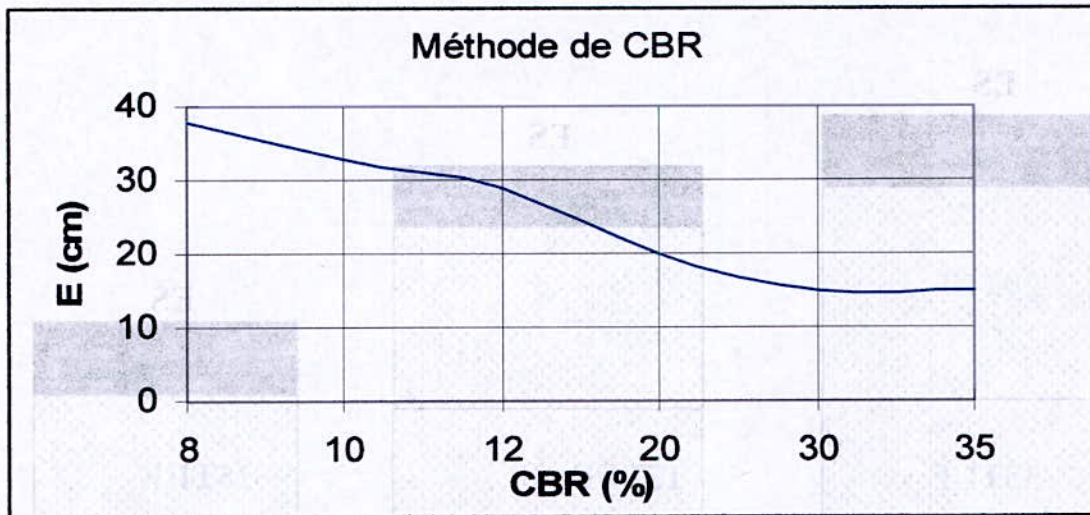


Méthode de catalogue

VI-3 Représentation graphique des épaisseurs en fonction de CBR :

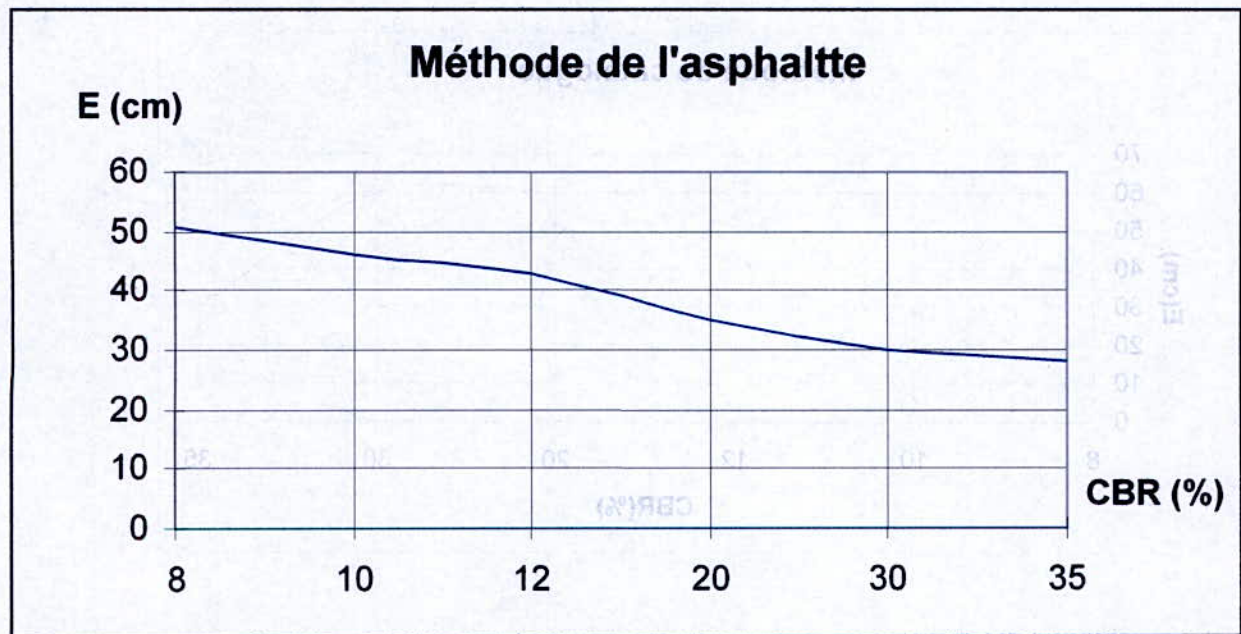
A - Méthode CBR

GRAPHE VI-1 Méthode de CBR



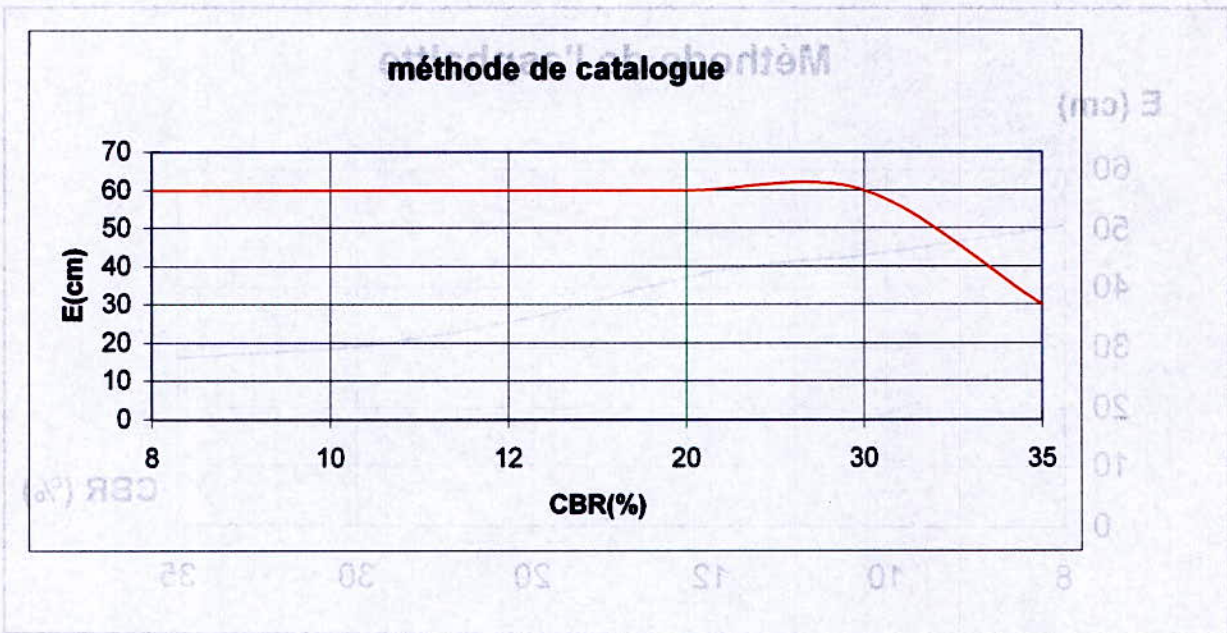
B – Méthode shook finn

GRAPHE VI-2 Méthode de l'asphalte



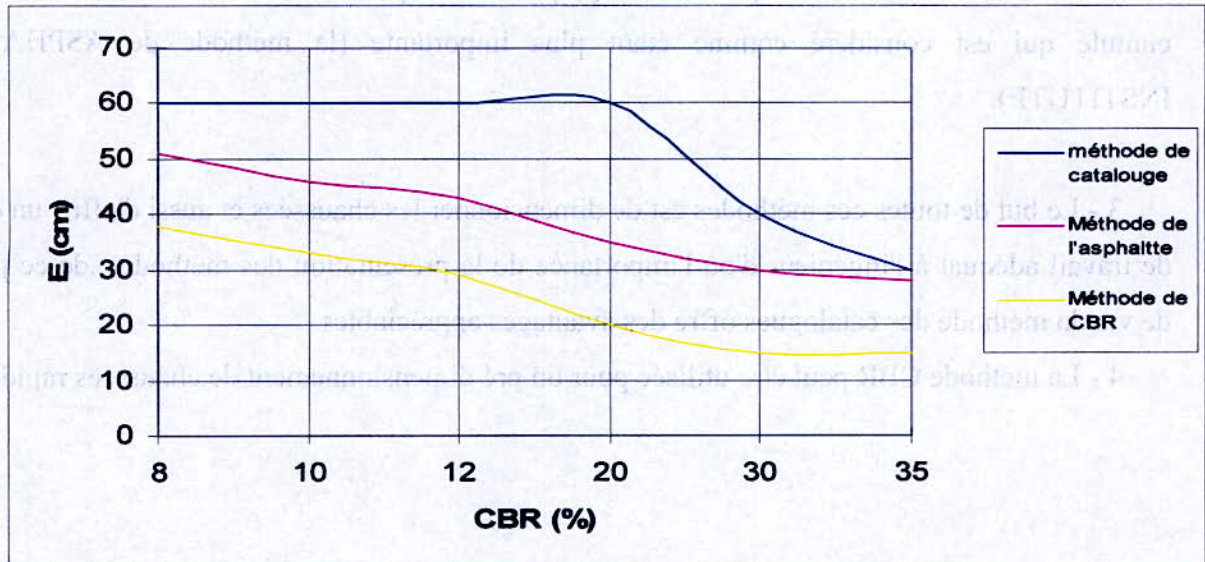
C – Méthode de catalogue

GRAPHE VI-3 Méthode de catalogue



Graphe des épaisseurs en fonctions de CBR des trois méthodes :

GRAPHE VI-4



REMARQUES GENERALES SUR LES METHODES

1- En vue de ce travail, on remarque que toutes les méthodes font intervenir les principaux facteurs qui sont le trafic et le sol support, les matériaux n'intervenant que dans certaines entre-elles.

Les factures climatiques telle l'influence de température, le gel et le dégel n'entrent pas d'une manière directe dans le dimensionnement des chaussées souples.

2 - Si toutes les méthodes font intervenir le même facteur de l'indice de portance CBR pour prendre en compte la portance du sol elles divergent en ce qui concerne la prise en compte du trafic, ce dernier est à préciser différemment.

Dans certain cas c'est la roue la plus lourde qui prie en compte, d'autre c'est l'influence du trafic cumulé qui est considéré comme étant plus importante (la méthode de ASPHALTE INSTITUTE).

3 - Le but de toutes ces méthodes est de dimensionner les chaussées et aussi d'offrir un outil de travail adéquat à l'ingénieur d'où l'importance de la présentation des méthodes ,de ce point de vue la méthode des catalogues offre des avantages appréciables .

4 - La méthode CBR peut être utilisée pour un pré dimensionnement de chaussées rapide.

ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

En prenant en compte les résultats de l'application précédente nous avons aboutis aux résultats représentés au quatrième graphe, à partir de Ce dernier on tire les conclusions suivantes:

- En maintenant le même trafic, les mêmes matériaux (pour les méthodes qui interviennent les matériaux) et en faisant varier l'indice CBR nous obtenons des courbes à partir des différentes méthodes qui ont la même allure générale, c'est à dire de grandes épaisseurs pour les sols de faible portance situe dans la zone nord ($CBR < 20$) avec une tendance asymptotique (à 20cm) pour les bons sols situe dans la zone de sud ($CBR > 20$).

- Lorsque la portance du sol support est 8% on remarque que les résultats des trois méthodes donne une grande différence de l'épaisseur de chaussées, Pour le même indice CBR car les hypothèses d'études s'éloignent d'une méthodes à une autre, ce dernier intervalle caractérise le sol support comme il est un sol de faible portance dû à sa propriété plastique.

Cette propriété engendre un problème théorique complexe qui impose une intervention d'hypothèse incompatible avec la réalité.

Mais lorsque la portance du sol est $> 8\%$ la différence d'épaisseur de la chaussée s'atteigne avec l'augmentation de l'indice de portance ; et comme cet intervalle est le plus courant dans la pratique, la méthode des catalogues donne une grande importance à ces valeurs dans leur dimensionnement de chaussée, dans le but d'avoir des épaisseurs les plus proches possibles des épaisseurs idéales recherchés.

Dans l'intervalle restant de portance l'épaisseur de la chaussée converge vers une même valeur pour les trois méthodes, cette convergence s'explique par le fait que l'hypothèse prise est relativement réelle.

- Les courbes correspondant à la méthodes des catalogues et celle de la nouvelle se superposent et donne des épaisseurs de chaussée supérieure à la méthode origine CBR pour les mêmes valeurs CBR car dans les deux intervient dans leurs calculs des épaisseurs de trafic cumulé et les matériaux ainsi elle traite les problèmes de dimensionnement comme étant le corps de chaussée indépendant totalement du sol support.

- La méthode CBR considère le corps de chaussée et le sol de fondation comme masse homogène isotope, Ce qui a amené l'épaisseur de chaussée à des valeurs relativement faibles comparées à celle obtenues en utilisant les deux autres méthodes.

- En générale les seules épaisseurs de chaussées relativement réelles sont données par la méthode des catalogues, car cette dernière est basée sur des données statistiques du trafic et prend en considération les matériaux utilisés dans le corps de chaussée.

CONCLUSION

Les problèmes posés dans le premier intervalle peuvent être résolut d'une manière pratique

- Soit en adoptant un tracé qui passe par un meilleur sol (ce qui règle les problèmes techniques et économiques au même temps)

- Soit si la première solution ne pas être retenue; en adoptant rigide

Ces méthodes sont des méthodes pratiques de dimensionnement, elles se sont inspirées de comportement théoriques de chaussée et également et surtout de comportement pratique de chaussée mises en observation, soit en laboratoire soit sur champs ce qui impose un climat, des matériaux donnés et une façon de réalisation, ce qui nous amène à poser le problème de l'utilisation en algerie.

CONCLUSION GENERALE

Le comportement d'une chaussée est intimement lié à l'environnement dans lequel elle a été construite et aux matériaux utilisés pour sa réalisation ainsi qu'au trafic qu'elle aura à subir.

Les méthodes de dimensionnements des chaussées ne peuvent être importées d'ailleurs ; elles peuvent cependant être adaptées après une meilleure connaissance de nos gisements en matériaux susceptibles d'être utilisés en technique routière (en zone humide ou en zone aride).

Dans l'optique d'un dimensionnement de chaussée, deux axes se doivent de coexister : les critères de choix, de mise en oeuvre des matériaux et les caractéristiques mécaniques, facteurs indispensables pour le calcul des épaisseurs.

Le premier de ces deux axes est le résultat d'enquêtes et d'expérience sur chantiers et le deuxième est le résultat de recherche théorique et expérimentale.

Actuellement, des travaux continus à se faire en vue d'une capitalisation de l'expérience algérienne dans le domaine de la construction routière pour une meilleure maîtrise du dimensionnement des chaussées.

CONCLUSION GENERALE

Les Annexes

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) GNT/GNT
FICHE STRUCTURE GRAVE NON TRAITEE / GRAVE NON TRAITEE

Type : MNT

Zone climatique : I ,II,III

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
		25MPa	50MPa	125MPa	200MPa
300 TPL3 150.			ES 20GNT 35GNT	ES 20GNT 15GNT	ES 25GNT
150 TPL2 100		ES 20GNT 50GNT	ES 20GNT 30GNT	ES 20GNT 15GNT	ES 20GNT
100 TPL1 50		ES 20GNT 45GNT	ES 20GNT 25GNT	ES 15GNT 15GNT	ES 20GNT
50 TPL0 0		ES 15GNT 40GNT	ES 15GNT 25GNT	ES 20GNT	ES 15GNT

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es : enduit superficiel, gnt : grave non traitée

Épaisseur de mise en œuvre : gnt (min=15,max=25)

NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) TUF1/TUF1

FICHE STRUCTURE TUF1 /TUF1

Type : MNT

Zone climatique : II,III

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
		25MPa	50MPa	125MPa	200MPa
300 TPL3			ES 20 TUF 35 TUF	ES 20 TUF 15 TUF	ES 25 TUF
150 TPL2			ES 20 TUF 30 TUF	ES 20 TUF 15 TUF	ES 20 TUF
100 TPL1		ES 20 TUF 50 TUF	ES 20 TUF 25 TUF	ES 25 TUF	ES 20 TUF
50 TPL0		ES 15 TUF 45 TUF	ES 15 TUF 25 TUF	ES 20 TUF	ES 15 TUF
0					

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es : enduit superficiel, TUF : tuf calcaire de classe1 (tuf)

Epaisseur de mise en œuvre : tuf (min=15,max=25)

NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) TUF2/TUF2

FICHE STRUCTURE TUF2/ TUF2

Type : MNT

Zone climatique : II,III

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
	25MPa	50MPa	125MPa	200MPa	
300 TPL3					
150 TPL2				ES 20 TUF 15 TUF	ES 25 TUF
100 TPL1			ES 20 TUF 30 TUF	ES 15 TUF 15 TUF	ES 20 TUF
50 TPL0			ES 15 TUF 30 TUF	ES 25 TUF	ES 15 TUF
0					

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es : enduit superficiel, TUF : tuf calcaire de classe2 (tuf2)

Épaisseur de mise en œuvre : TUF : (min=15,max=25)

NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) SG1/SG1

FICHE STRUCTURE SABLE GYPSEUX / SABLE GYPSEUX

Type : MNT

Zone climatique : IV

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
		25MPa	50MPa	125MPa	200MPa
300 TPL3			ES/EF 	ES/EF 	ES/EF
150 TPL2			ES/EF 	ES/EF 	ES/EF
100 TPL1			ES/EF 	ES/EF 	ES/EF
50 TPL0			ES/EF 	ES/EF 	ES/EF
0					

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es/EF : enduit superficiel ou enrobé à froid, SG : sable gypseux classe 1 (SG1)

Épaisseur de mise en œuvre : SG (min=10,max=25)

NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) SG2/SG2
FICHE STRUCTURE SABLE GYPSEUX 2 / SABLE GYPSEUX 2

Type : MNT
 Zone climatique : IV
 Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
	25MPa	50MPa	125MPa	200MPa	
300 TPL3					
150 TPL2				ES/EF 20 SG 15 SG	ES/EF 20 SG
100 TPL1			ES/EF 20 SG 25 SG	ES/EF 15 SG 15 SG	ES/EF 20 SG
50 TPL0			ES/EF 15 SG 25 SG	ES/EF 20 SG	ES/EF 15 SG
0					

Si : classe de sol support
 TPLi : classe de trafic pl/j/sens
 Es/EF : enduit superficiel ou enrobé à froid, SG : sable gypseux classe2 (SG2)
 Epaisseur de mise en œuvre : SG (min=10,max=25)
 NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) AG/AG
FICHE STRUCTURE ARENE GRANITIQUE / ARENE GRANITIQUE

Type : MNT

Zone climatique : IV

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
		25MPa	50MPa	125MPa	200MPa
300 TPL3				ES/EF 20AG 15AG	ES/EF 20AG 10AG
150 TPL2				ES/EF 20AG 10AG	ES/EF 25AG
100 TPL1			ES/EF 20AG 30AG	ES/EF 20AG 10AG	ES/EF 20AG
50 TPL0			ES/EF 15AG 30AG	ES/EF 25AG	ES/EF 15AG
0					

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es/EF : enduit superficiel ou enrobé à froid, **AG** : arene granitique

Epaisseur de mise en œuvre :AG (min=10,max=25)


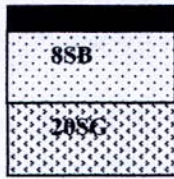
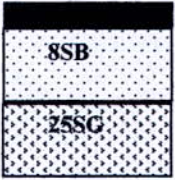

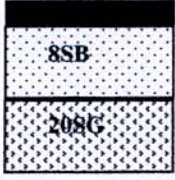
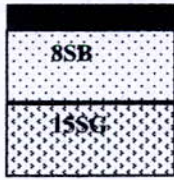
NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

1-reseau principal de niveau 2 (Rp2) SB/SG1
FICHE STRUCTURE SABLE BITUME / SABLE GYPSEUX1

Type : MNT

Zone climatique : I

Durée de vie : 15 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi Pl/j/sens	SI	S3	S2	S1	S0
		25MPa	50MPa	125MPa	200MPa
300 TPL3					
150. TPL2					
100 TPL1					
50 TPL0					
0					

Si : classe de sol support

TPLi : classe de trafic pl/j/sens

Es/EF : enduit superficiel ou enrobé à froid, SG : sable bitume

Épaisseur de mise en œuvre : SB (min=4,max=10) ,SG (min=10,max=25)

NB : toutes les épaisseurs sont données en cm

Tableau Coefficients d'équivalence (matériaux neufs)

	matériaux	Coefficients (ai)
Revêtement en matériaux hydrocarbonés	-Enrobé dense en épaisseur < 5 cm	1.7
	-béton bitumineux en épaisseur < 5 cm	1.8
	-béton bitumineux en épaisseur de 5 cm à 7 cm	2.0
	-béton bitumineux en épaisseur > 7 cm	2.2
Base en matériaux hydrocarbonés - grave bitume	-épaisseur < 10 cm	1.2
	-épaisseur > 10 cm	1.4
	-épaisseur de l'ordre de 15 cm	1.6
	-épaisseur de l'ordre de 20 cm	1.7
fondation	-Grave concassée	0.9
	-tuf graveleux	0.75
	-tuf	0.6

BIBLIOGRAPHIE

- [1] dimensionnement des chaussées souples (ENP)
- [2] analyse des méthodes empiriques et rationnelles dans dimensionnement des chaussées
- [3] conception et réalisation des chaussées en milieux désertiques (ENP)
- [4] cours de mécanique des sols (ENP)
- [5] cours d infrastructure de transport (ENPTP)
- [6] dimensionnement des chaussées (ENPC)
- [7] catalogue des structures des chaussées (CTTP)
- [8] les routes dans les zones tropicales et désertiques (CEBTP)
- [9] mécanique des chaussées (LCPC)
- [10] le projet routier (CPU)
- [11] dimensionnement des chaussées souples thèse de BFE juillet 1995 (ENP)
- [12] les techniques routières sahariennes – Beni ABBES (CTTP) Souples (USTHB)