

Université Mohamed khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Civil et  
d'Hydraulique Référence :...../ 2019

جامعة محمد خيضر - بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم الهندسة المدنية و الري  
المرجع:...../2019



**Mémoire de Master**  
**Spécialité : Travaux Publics**  
**Option : Voies Et Ouvrage D'art**

**Thème :**

**Etude comparative entre les méthodes de dimensionnement des chaussées utilisées en Algérie**

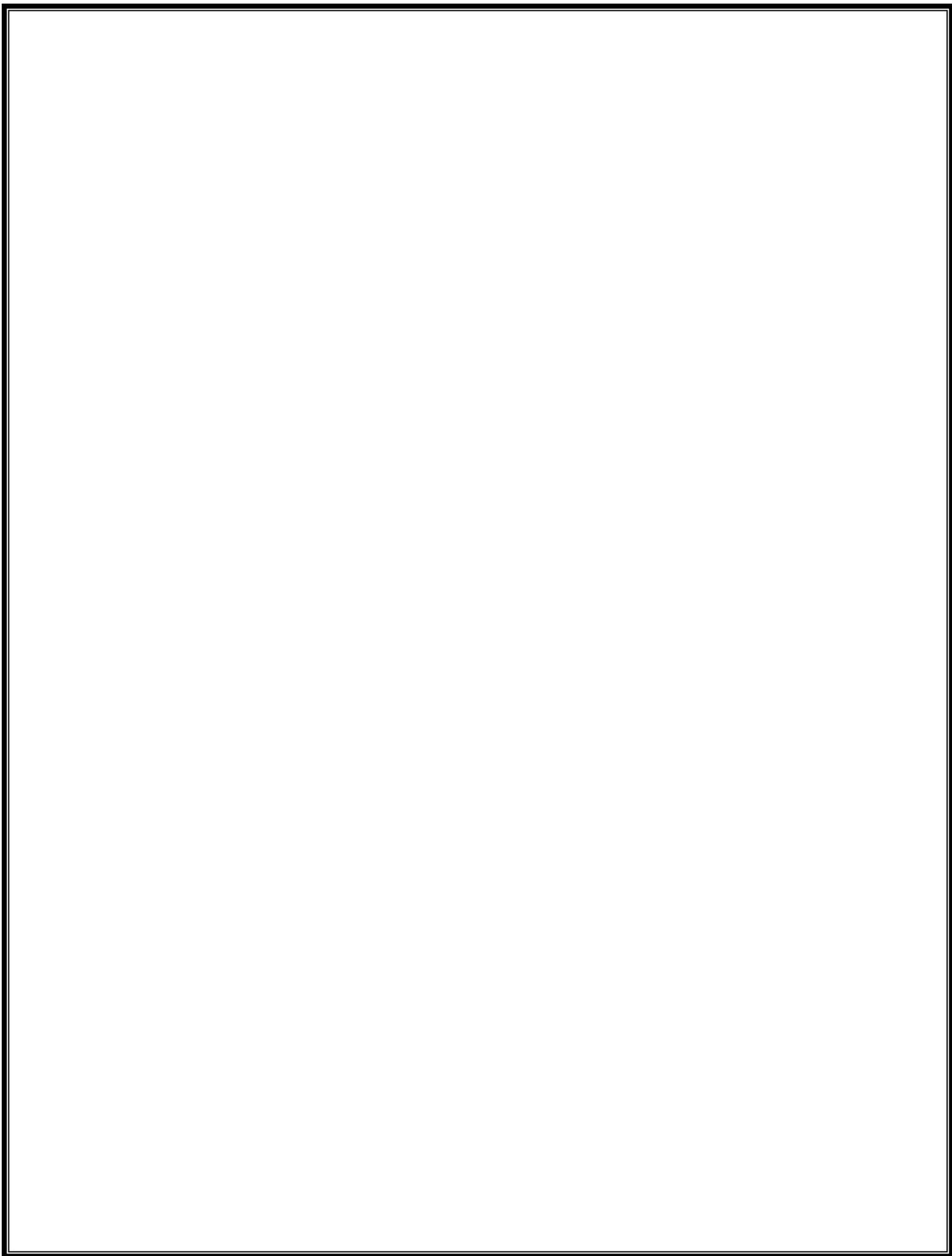
**Nom et Prénom de l'étudiant :**

**OULMANE Salaheddine**

**Encadreur :**

**Dr. KHELIFA Tarek**

**Promotion: Juin 2019**





# REMERCIEMENT

➤ Tout d'abord, nous tenons à remercier *Allah*, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

➤ Nous remercions également nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études.

➤ Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à mon encadreur :

**Dr. KHELIFA Tarek.**

➤ Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de me profonds Respects pour avoir pris la peine d'examiner notre mémoire.

➤ Nos remerciements vont également à tous ceux et celles qui de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

# *Dédicaces*

*À mon père*

*À ma mère*

*À mes frères*

*À mes sœurs*

*À mes amis*

*Pour leur patience, leur encouragement et  
Leur soutien affectif sans lequel ce travail  
N'aurait pu être mené à bien.*

*À tous les étudiants du VOA2.*

*À tous ceux qui me sont chers*

*Salaheddine*

## Résumé

Ce travail est une recherche sur les différentes méthodes utilisées pour dimensionner et mesurer la taille de chaussée.

Et nous avons fait la définition détaillée de chaussée et différents types, ainsi différent des matériaux utilisés et éléments de base lors de son établissement, puis l'évaluation de ces méthodes et enfin la proposition d'une qu'on juge la plus économique.

**Mot clé :** structure, chaussée, dimensionnement, route

## ملخص

هذا العمل المنجز هو بحث حول الطرق المختلفة المستخدمة لتحديد الأبعاد الأولية وقياس حجم قارعة الطريق.

و مما قمنا بالتعريف التفصيلي لقارعة الطريق و مختلف أنواعها و تحديد المواد المستعملة و مختلف الأساسيات في إنشائها، ثم تقييم مختلف الطرق المعمول في حساب أبعاد قارعة الطريق واقتراح طريقة تعتبر الأكثر اقتصادا.

**كلمات مفتاحية:** هيكل، قارعة الطريق، التحجيم، الطريق

# Sommaire

---

**Remerciement**

**Dédicaces**

**Résumé**

ملخص

**Listes des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale..... 1**

## Chapitre I : Structure des chaussées.

I.1 –Introduction.....3

I. 2 -Définition la chaussée.....3

I. 3 –Constitution des structures de chaussée .....3

a) Couche de forme .....4

b) La couche d'assise.....4

❖ Couche de fondation.....4

❖ Couche de base.....4

c) La couche de surface .....5

❖ Couche de liaison .....5

❖ Couche de roulement.....5

I.4 –Principe de la constitution de la chaussée.....5

I.5 - Différentes types de structures de chaussée.....6

❖ Les chaussées souples.....6

❖ Les chaussées semi-rigides .....7

# Sommaire

---

❖ Les chaussées rigides.....	8
I.6 –Conclusion.....	9

## Chapitre II : Matériaux utilisés de chaussée.

II.1 –Introduction.....	11
II.2 –Les matériaux utilisés dans la structure de chaussée .....	11
II.2.1 –Matériaux de revêtement.....	11
a) -Béton bitumineux très mince (B.B.T.M) 0/6,3 et 0/10 de classes 1 et 2.....	11
b) -Béton bitumineux mince (B.B.M) de type A 0/10 et de classes 2 et 3.....	12
c) -Béton bitumineux souple (B.B.S) 0/10 faible trafic BBS 2.....	12
d) -Béton bitumineux semi-grenu (B.B.S.G) 0/10 de classes 1, 2 et 3.....	13
e) -Béton bitumineux a module élevé (B.B.M.E) 0/10 de classes 2.....	13
II.2.2 –Matériaux traités aux bitumes.....	14
a) -Grave bitume (GB).....	14
b) -Sable bitume (SB).....	14
II.2.3 –Matériaux traités aux liants hydrauliques.....	15
a) -Graves –laitier (GL).....	15
b) -Béton de ciment (Bcg) « béton non armé et goujonné ».....	15
c) - Grave -Ciment (GC).....	16
II.2.4 –Matériaux non traités.....	16

# Sommaire

---

a) -Grave non traitée (GNT).....	16
b) -TUFS Calcaires (TUF) «encroûtements calcaires ».....	17
c) -Sables gypseux (SG) « encroûtements gypseux ».....	17
d) -Arènes granitiques (AG).....	18

## Chapitre III : Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée.

III.1 –Trafic.....	21
III.2 – La plate-forme support de chaussée.....	23
III.3 – Les matériaux de chaussée.....	23
III.4 – Le climat et l’environnement.....	24
III.5 – La qualité de réalisation.....	25

## Chapitre IV : Méthodes de calcul des chaussées

IV –Introduction.....	27
IV.1–Les Méthodes empiriques.....	27
IV.1.1–La méthode de C.B.R (California-Bearing -Ratio).....	27
IV.1.2 –la méthode du catalogue des chaussées neuves «CTTP »...35	
IV.1.3 –Méthode du catalogue des structures «SETRA».....	40
IV.1.4 –Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials».....	41
IV.1.5 –La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).....	42
IV.1.6 – Méthode de l’Asphalte Institute.....	42

# *Sommaire*

---

IV.2 –Les Méthodes analytiques (théoriques).....	43
IV.2.1 –Le modèle de Boussinesq (1885).....	43
IV.2.2 –Le modèle de Westergaard (1925).....	45
IV.2.3 –Le modèle bicouche de Hogg (1938).....	45
IV.2.4 –Le modèle de Burmister (1943).....	47
IV.2.5 –Modèle d'Odemark (1949):.....	48
IV.2.6 – Modèle monocouche de Pasternak (1954).....	48
IV.2.7 –Le modèle de Jeuffroy-Bachelez (1955).....	49
IV.2.8 – Modèle monocouche de Kerr (1964).....	49
IV.2.9 – Modèle aux éléments finis.....	50
IV.3 – Avantages et Inconvénients des méthodes de dimensionnement.....	50
IV.4 – Evaluation entre les méthodes de dimensionnement.....	51
IV.5 – Conclusion.....	51
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>52</b>

## **Bibliographique**

# Liste des tableaux et des figures

## Les tableaux :

N	Titres	page
Tableau III.1	Classification des trafics en France.	21
Tableau III.2	Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd.	22
Tableau III.3	Portance de sol en fonction de l'indice de CBR.	23
Tableau IV.1	Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.	29
Tableau IV.2	spécification CBR.	30
Tableau IV.3	Classes de trafic <b>TPLi</b> adoptées.	37
Tableau IV.4	Classes de portance des sols Si.	38
Tableau IV.5	Classes de portance de sol-support de la déflexion.	39
Tableau IV.6	Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.	39
Tableau IV.7	Les zones climatiques de l'Algérie.	40
Tableau IV.8	La classe du trafic poids lourd.	41
Tableau IV.9	Avantages et Inconvénients des méthodes de dimensionnement.	50
Tableau IV.10	les Principes entre les méthodes <b>CBR</b> et catalogue ( <b>CTTP</b> )	51

## Les figures :

N	Titre	page
Figure I.1	Coupe transversale d'une chaussée.	4
Figure I.2	Déformation de chaussée sous charges.	6
Figure I.3	Chaussées souples.	7
Figure I.4	Chaussées semi-rigides.	8
Figure I.5	Chaussées rigides.	8
Figure III.1	Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques.	25
Figure IV.1	Moule de CBR.	32
Figure IV.2	Machines de compactage Proctor.	32
Figure IV.3	échantillon type du sol à étudier.	33
Figure IV.4	Organigramme de la démarche du catalogue.	36
Figure IV.5	Diffusion des pressions dans un massif de Boussinesq.	44
Figure IV.6	Schéma du modèle de Westergaard.	45
Figure IV.7	Modèle Bicouche de Hogg(1938).	47
Figure IV.8	Schéma du modèle de Burmister 1943.	47

### **INTRODUCTION GENERALE :**

A l'instar de nombreux réseaux routiers dans le monde, le réseau Algérien est constitué principalement de structures de chaussées souples comportant des assises de fondation granulaires de qualités diverses reposant sur des sols-supports de portances différentes présentant souvent d'importantes variations de rigidité en profondeur. Par ailleurs, un dimensionnement adéquat d'une structure de chaussée souple ou, en d'autres termes, la détermination optimale des épaisseurs des couches constitutives du corps de chaussée passe inévitablement par une bonne connaissance des caractéristiques réelles des plates-formes de sols-supports et notamment du comportement mécanique non-linéaire des matériaux utilisés dans les assises de fondation (Paute et al, 1994).

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

L'une des fonctions principales de la chaussée est de distribuer la charge induite par le trafic. L'ingénieur doit donc pouvoir vérifier que les contraintes et déformations engendrées à l'intérieur de la chaussée et transmises à l'infrastructure sont en deçà des valeurs tolérables par les matériaux.

À l'instar des matériaux qui la composent, les chaussées subissent des déformations qui sont principalement élastiques, mais aussi plastiques et visqueuses.

Par souci de simplicité, la plupart des méthodes de calcul de la réponse mécanique de la chaussée sont basées sur des hypothèses simplificatrices.

# *Chapitre I*

## *Structure des chaussées*

### **I.1 -Introduction :**

Le dimensionnement d'une structure de chaussées consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs (durée de vie souhaitée de l'ouvrage) sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien). [3]

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs (L'environnement de la route et le climat essentiellement), et aux surcharges d'exploitations (trafic). [3]

### **I. 2 -Définition la chaussée :**

- ❖ **Au sens géométrique :** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [2]
- ❖ **Au sens structurel :** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges . [2]

### **I. 3 –Constitution des structures de chaussée:**

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme de chaussée, constituée du sol terrassé, le plus souvent surmonté d'une couche de forme (Figure I.1) [3]

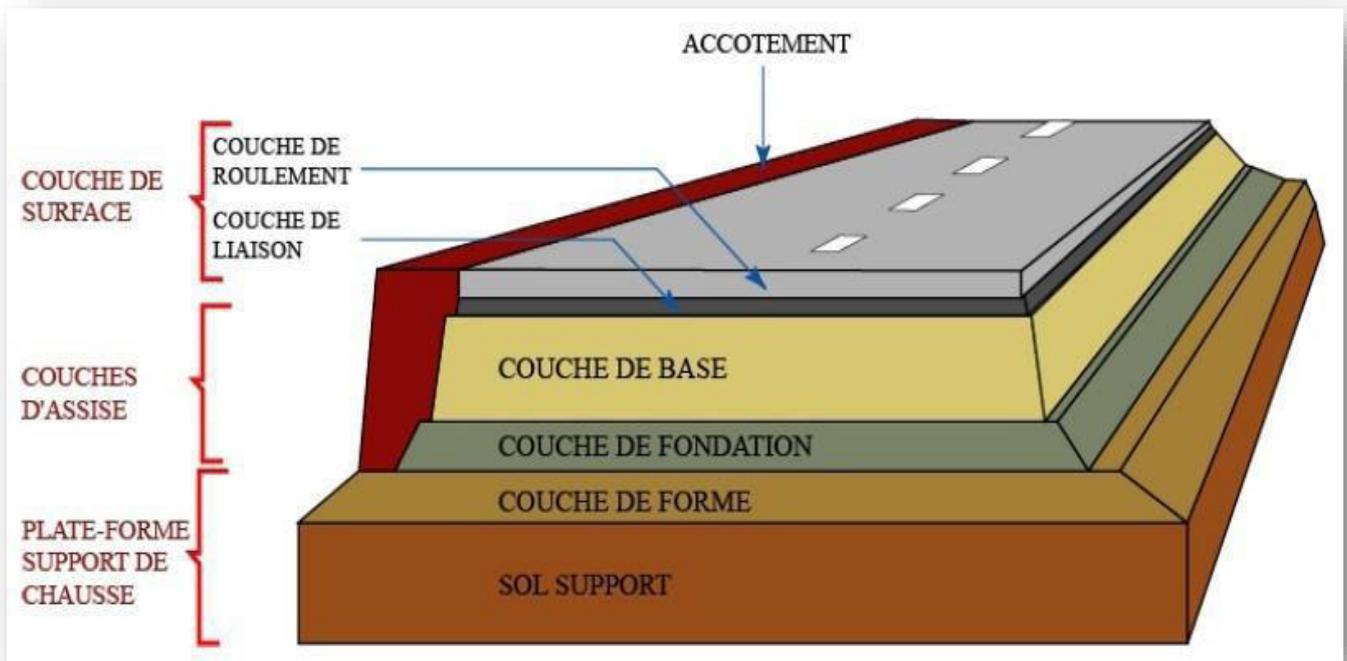


Figure I.1 Coupe transversale d'une chaussée.[3]

a) **Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm. [1]

b) **La couche d'assise :**

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

❖ **Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne tenue et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base[3].

❖ **Couche de base :**

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux,... [1]

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.[1]; [3]

**c) -La couche de surface :**

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une : [3]

❖ **Couche de liaison :**

L'apport structurel de cette couche est secondaires (sauf les chaussées à assise granulaire dont la couche de la surface est la seul couche liée ), elle est tributaire de la pérennité de la chaussée. [3]

❖ **Couche de roulement :**

C'est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et de climat. On lui demande des qualités d'usage précises à savoir : une forte adhérence, une bonne draina lité , un bon niveau d'uni et une réduction du bruit de roulement des véhicules [3].

L'épaisseur de la couche de roulement (surface) en général entre 6 et 8 cm [3].

### **I.4 –Principe de la constitution de la chaussée:**

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous L'effet : [1]

- De la charge des véhicules ;
- Des chocs ;
- Des intempéries ;
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage[1]

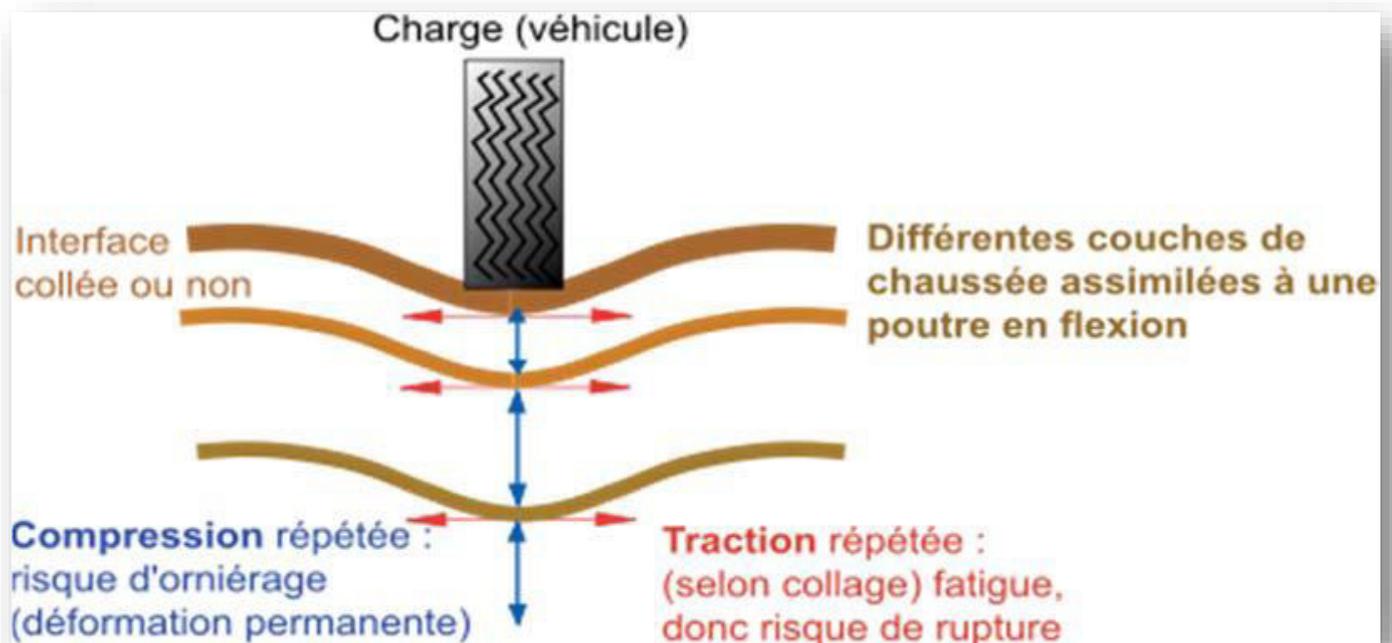


Figure I.2 Déformation de chaussée sous charges. [3]

### **I.5 - Différentes types de structures de chaussée:**

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants : [3]

- ❖ Les chaussées souples ;
- ❖ Les chaussées semi-rigides ;
- ❖ Les chaussées rigides.

#### **I.5.1 -Les chaussées souples:**

Les chaussées souples tiennent leur nom du fait qu'elles se déforment réversiblement sous sollicitations. Elles sont constituées d'une couche bitumineuse en surface et d'une assise en matériaux granulaires. La couche bitumineuse est relativement mince, la couche de base et la couche de fondation sont généralement en matériaux non traités. [9]; [13]

Plus la chaussée est épaisse, moins la contrainte appliquée à la base de la plateforme est importante. Le dimensionnement des structures souples repose sur la limitation de la déformation verticale du sol support. [9]

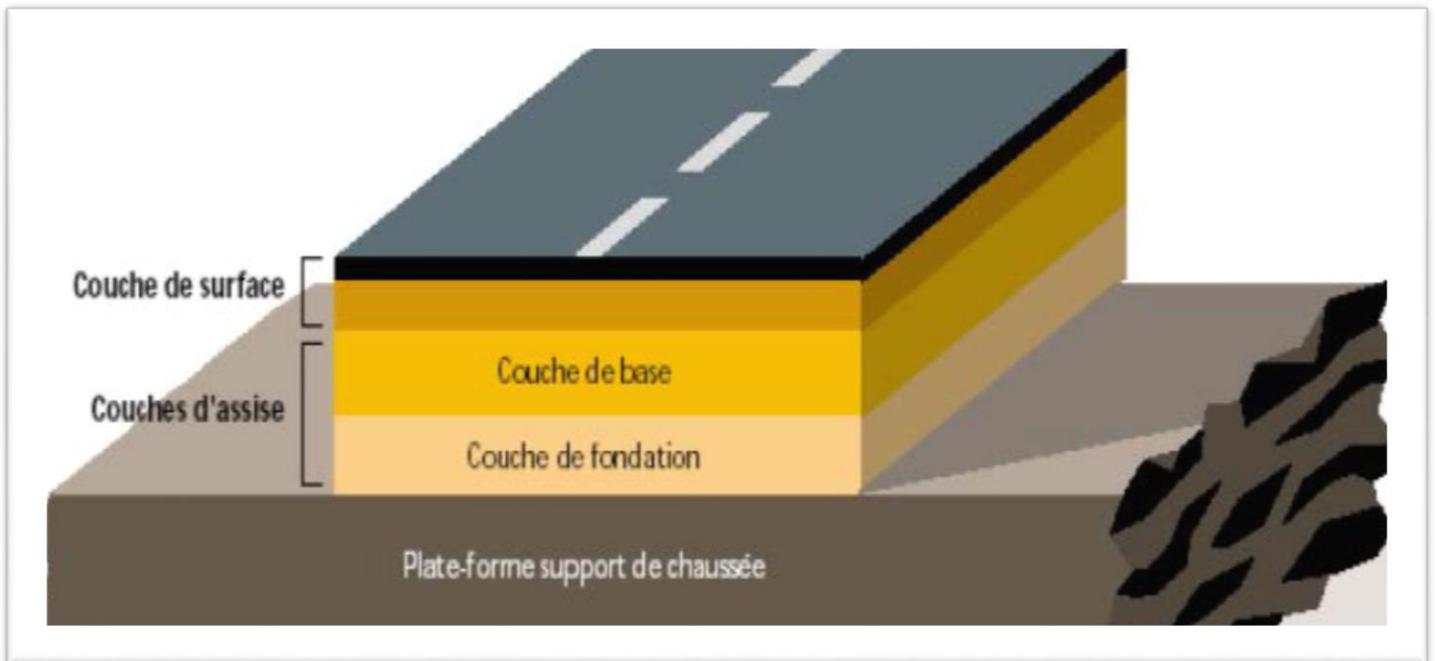


Figure I.3 Chaussées souples. [2]

### I.5.2 -Les chaussées semi-rigides:

Encore appelée chaussée mixte ou chaussée à assise traitée aux liants, sa structure comporte un revêtement bitumineux mince et un corps de chaussée en matériaux traités (en liants hydrauliques ou hydrocarbonés). Elle est utilisée lorsque le trafic devient important et que les matériaux crus ne satisfont pas aux exigences mécaniques. Le liant augmentant la rigidité de l'assise, les déformations verticales sont relativement faibles et le dimensionnement de la chaussée porte essentiellement sur la limitation de la contrainte de traction par flexion à la base des couches traitées. [9]; [13]

Une chaussée semi-rigide est constituée d'un revêtement bitumineux relativement mince, d'une couche de base traitée et d'une couche de fondation traitée ou non. Son dimensionnement porte sur la rupture par fatigue à la base de la couche liée et l'orniérage du sol support. On doit s'assurer que la contrainte de traction à la base de la couche traitée est inférieure à la contrainte de traction admissible du matériau et que la déformation verticale à la surface des couches non liées et sol support est inférieure à une valeur admissible. [9]

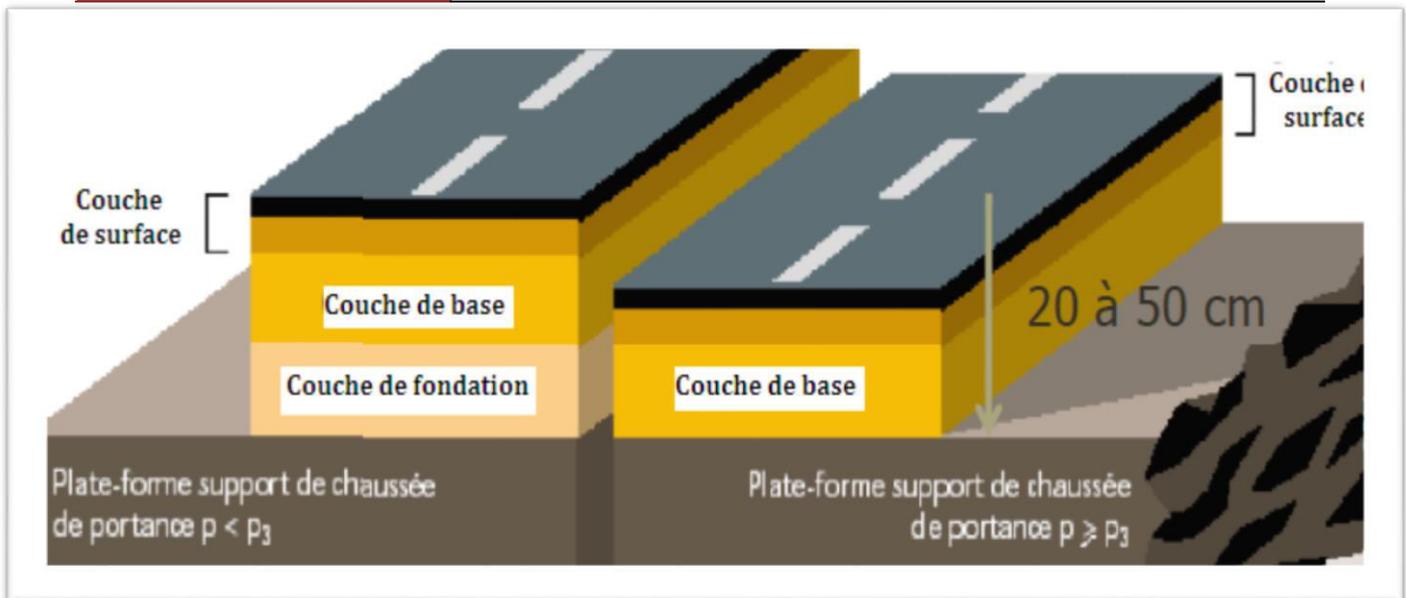


Figure I.4 Chaussées semi-rigides. [3]

### I.5.3 -Les chaussées rigides:

Ces structures comportent une couche de béton de ciment de 15 à 40 cm d'épaisseur éventuellement recouverte d'une couche de roulement mince en matériaux bitumineux. [13] Elle est peu déformable, elle absorbe la charge enfin d'éviter une déformation, sur la fondation ou l'infrastructure, susceptible de causer la rupture. Des structures rigides mobilisent des efforts notables de traction par flexion très important par rapport à ceux subis par les structures semi-rigides et se déforment essentiellement par fissuration.[9]

Le dimensionnement des structures rigides repose sur la limitation des efforts de traction par flexion du béton sous l'effet des charges. Pour les trafics élevés, ces types de chaussée ont des performances mécaniques très intéressantes, comparées aux autres types de structures. [9]

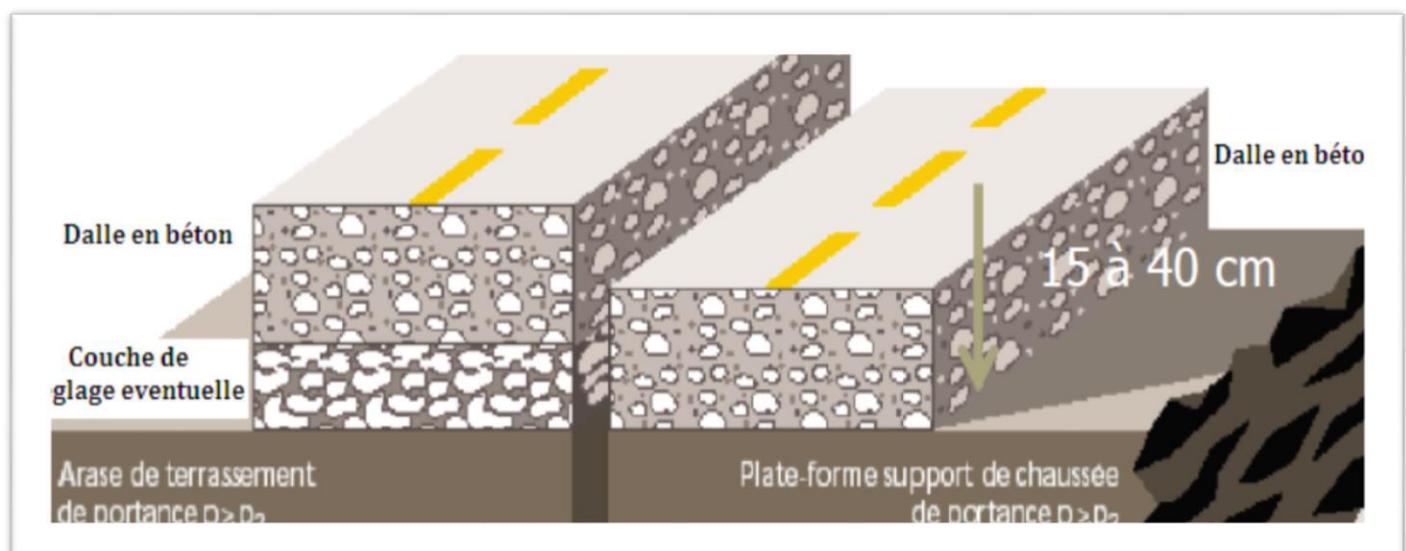


Figure I.5 Chaussées rigides. [3]

**I.6 -Conclusion :**

La chaussée est une structure plane et imperméable, conçue et dimensionnée pour assurer son rôle sur une période de service minimale fixée au stade d'élaboration du route.

Le rôle principal de la chaussée est la protection du sol support des agressions du trafic et du climat, tout en y résistant elle-même.

# *Chapitre II*

*Matériaux utilisés de chaussée*

## **II.1 -Introduction:**

Les différents matériaux constitutifs des diverses couches d'une chaussées doivent présenter des caractéristiques mécaniques leur permettant de résister aux différentes sollicitations que subit la chaussée durant sa vie de service. Pour un dimensionnement rationnel des chaussées, il est nécessaire de prendre en compte les facteurs qui influent significativement sur le comportement d'une chaussée en service. [7]

## **II.2 –Les matériaux utilisés dans la structure de chaussée:**

### **II.2.1 –Matériaux de revêtement:**

#### **a) –Béton bitumineux très mince (B.B.T.M) 0/6,3 et 0/10 de classes 1 et 2:**

##### **1- Domaine d'utilisation:**

- Couche de roulement.
- Epaisseur minimale 2 cm pour le BBTM 0/10 et 1,5 cm pour le BBTM 0/6,3.
- Epaisseur moyenne d'utilisation 2,5 cm pour le BBTM 0/10 et 2 à 2,5 cm pour le BBTM 0/6,3. [10]

Ce type de couche de roulement est à exclure en couche de roulement de giratoire.

Le BBTM 0/6 de classe 2 est à réserver aux sites pour lesquels l'atténuation du bruit de roulement est recherchés.

Le BBTM 0/10 de classe 2 est à réserver aux sites pour lesquels une microrugosité importante est recherchés. [10]

##### **2- Caractéristiques générales :**

Etude de niveau 2 au minimum, réalisée selon la norme NF P 98-150 et présentant des caractéristiques mécaniques conformes à la norme XP P 98-137, pour les BBTM de classes 1 ou 2. [10]

- Granularité 0/10 ou 0/ 6,3 mm.
- Module de richesse : 3,40 à 3,50.
- Granularité : doit permettre l'obtention des caractéristiques mécaniques.

**b) –Béton bitumineux mince (B.B.M) de type A 0/10 et de classes 2 et 3:**

**1- Domaine d'utilisation:**

Compte tenu de l'expérience régionale, et de la disponibilité de granulats sur centrales, il ne sera retenu de la norme que les formulations de Bétons Bitumineux Minces de granularité 0/10 avec une discontinuité 2/6,3, de type A et de niveau de performances Classes 2 et 3, cette dernière catégorie sera privilégiée pour les trafics supérieurs ou égaux à T2. [10]

- Couche de liaison ou de roulement.
- Epaisseur minimale 2,5 cm.
- Epaisseur moyenne d'utilisation 3 à 4 cm.

Ce type de formulation est inadapté en couche de roulement de giratoire de chaussées à trafic T1 et plus. [10]

**2- Caractéristiques générales :**

Etude de niveau 2 au minimum, réalisée selon la norme NF P 98-150 et présentant des caractéristiques mécaniques conformes à la norme NF P 98-132.

- Module de richesse : 3,30 à 3,55.
- Granularité : 0/10 discontinue entre 2 mm et 6,3 mm, pour permettre l'obtention des caractéristiques mécaniques. [10]

**c) –Béton bitumineux souple (B.B.S) 0/10 faible trafic BBS 2:**

**1- Domaine d'utilisation:**

- Couche de roulement chaussée faible trafic sur support déformable (T < 150 PL/j/sens).
- Epaisseur minimale 3 cm.
- Epaisseur moyenne d'utilisation 4 - 6 cm. [10]

**2- Caractéristiques générales :**

Etude de niveau 2 au minimum, réalisée selon la norme NF P 98-150 et présentant des caractéristiques mécaniques conformes à la norme NF P 98-136.

- Module de richesse : > 3,60.

- Granularité : doit permettre l'obtention des caractéristiques mécaniques avec un pourcentage de fines de l'ordre de 8 %. [10]

**d) –Béton bitumineux semi-grenu (B.B.S.G) 0/10 de classes 1, 2 et 3:**

**1- Domaine d'utilisation:**

- Couche de liaison ou de roulement.
- Epaisseur minimale 4 cm.
- Epaisseur moyenne d'utilisation 5 - 7 cm. [10]

**2- Caractéristiques générales :**

Etude de niveau 2 au minimum, réalisée selon la norme NF P 98-150 et présentant des caractéristiques mécaniques conformes à la norme NF P 98-130.

- Module de richesse : supérieur ou égal à 3,40.
- Granularité : doit permettre l'obtention des caractéristiques mécaniques prescrites par la norme. [10]

**e) –Béton bitumineux a module élevé (B.B.M.E) 0/10 de classes 2:**

**1- Domaine d'utilisation:**

- Couche de roulement ou liaison pour sites fortement sollicités ( $T \geq T2$ ).
- Couche de roulement pour voies et arrêts de bus.
- Epaisseur minimale : 4 cm.
- Epaisseur moyenne d'utilisation : 5 à 7 cm. [10]

**2- Caractéristiques générales :**

Etude de niveau 3 au minimum, réalisée selon la norme NF P 98-150 et présentant des caractéristiques mécaniques conformes à la norme NF P 98-141, pour un béton bitumineux à module élevé de classe 2. [10]

- Module de richesse :  $\geq 3,50$ .
- Granularité : doit permettre l'obtention des caractéristiques mécaniques.

**II.2.2 –Matériaux traités aux bitumes:****a) –Grave bitume (GB)****1- Définition :**

Les graves-bitumes 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et bitume pur). [4]; [7]

**2- Domaine d'utilisation :**

La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation) et dans le réseau principal de niveau 1 (RP1) : classes de trafic TPL3 à TPL7. [4]; [7]

**3- Mise en œuvre :**

- Répandage : finisseur.
- Compactage : atelier «vibrant en tête». [4]

**b) –Sable bitume (SB)****1- Définition :**

Le sable bitume est un mélange d'un ou plusieurs sables avec bitume pur. Généralement, le mélange nécessite l'ajout de fines provenant soit des matériaux de concassage-broyage (sable fileries, fines calcaires), soit des pulvérulents industriels (chaux, ciment). Le bitume utilisé doit être assez dur, de classe 40/50 ou 20/30 afin d'assurer une rigidité et une stabilité convenable. La fabrication du mélange (sable+bitume) se fait en central d'enrobage à chaud. [4]; [7]

**2- Domaine d'utilisation :**

L'emploi du sable bitume est envisageable en couche de base pour les chaussées du réseau principal de niveau 2 (RP2). [4]; [7]

**3- Mise en œuvre :**

- Répandage -Compactage. [4]

**II.2.3 –Matériaux traités aux liants hydrauliques:****a) –Graves –laitier (GL)****1- Définition :**

Une grave laitier est un mélange effectué en centrale de malaxage continue : d'une grave reconstituée O/D, d'un laitier granulé réactif et d'un activant basique. Ce mélange est réalisé à une teneur en eau proche à celle de l'OPM. [4]; [7]

**2- Domaine d'utilisation :**

1. Couche d'assises de chaussées (base, fondation)
2. Chaussées neuves de type RP1 : réseau principal de niveau 1 trafic : TPL3 à TPL7 [4]; [7]

**3- Mise en œuvre :**

Le Répandage de la GL sera fait à l'aide des engins suivants :

- la niveleuse : pour les chantiers de petite à moyenne importance
- le finisseur : pour les chantiers de plus grande importance
- le répondeur à coffrages glissants : pour les chantiers de grand volume à fort débit. [4]

**b) –Béton de ciment (Bcg) « béton non armé et goudonné »****1- Définition :**

Les chaussées modernes en béton peuvent se présenter sous différentes conceptions ; on peut citer les dalles courtes (3 à 5m) non armées, à joints goudonnés ou non, les dalles moyennes (5 à 7m) goudonnées ou non ; les dalles épaisses (30 à 40cm) courtes et non armées, etc. [4] ; [7]

**2- Domaine d'utilisation :**

1. Couche de roulement et couche de base.
2. Réseau principal de niveau 1 (RP1) classes de trafic TPL3 à TPL7 [4]; [7]

**3- Mise en œuvre :**

La mise en œuvre (Répandage) se fera à l'aide d'un finisseur avec un coffrage fixe ou glissant. Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont : [4]

- Épaisseur minimale : 15 cm.
- Épaisseur maximale : 35 cm.

### **c) –Grave -Ciment (GC)**

#### **1- Définition :**

Un grave ciment est un mélange de granulat, de ciment, éventuellement de retardateur de prise, et d'eau. [4]; [7]

#### **2- Domaine d'utilisation :**

- Couche de fondation de chaussée en béton de ciment
- Chaussées neuves de type RP1 : réseau principal de niveau 1 [4]; [7]

#### **3- Mise en œuvre :**

- Le Répandage de la GC est fait à l'aide des engins
- Le compactage fera appel aux engins
- Protection de la grave-ciment
- Épaisseurs technologiques de mise en œuvre. [4]

## **II.2.4 –Matériaux non traités:**

### **a) –Grave non traitée (GNT)**

#### **1- Définition :**

Les Graves non traitées (GNT) sont définies comme étant des graves 0/D, ne comportant pas de liant. On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration : [4]; [7]

- Les GNT de type « A » : sont obtenus en une seule fraction (ce type de GNT ne permet pas une optimisation de la granulométrie et n'offre pas de garantie d'homogénéité),
- Les GNT de type « B » : sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale. [4]

#### **2- Domaines D'utilisation :**

- Couches d'assises de chaussées (couche de base et de fondation) pour le réseau RP2
- Couche de fondation pour le réseau de niveau 1 (RP1) [4]; [7]

#### **3- Mise en œuvre :**

-Répandage -Humidification -Compactage [4]

## b) –TUFs Calcaires (TUF) «encroûtements calcaires »

### 1- Définition :

Les tufs calcaires ou « encroûtements calcaires » sont des matériaux composés essentiellement, mais pas exclusivement de carbonate de calcium. Les tufs calcaires B existent à l'état poudreux, nodulaire ou très induré ; ils sont dus à la cimentation, à l'accumulation ou au remplacement de quantité plus ou moins grande de sols, roches ou matériaux altérés par du calcaire dans une zone d'infiltration. Ils sont très répandus dans les zones climatiques II et III.

On les rencontre dans les bassins relativement plats irrigués par les eaux de ruissellement provenant des massifs calcaire limitrophes. On distingue deux classes de tufs, selon la granularité et leurs performances mécaniques ; il s'agit de TUF1 et TUF2. [4] ; [7]

### 2- Domaine d'utilisation :

1. Couches d'assises (base, fondation), pour le réseau principal 2 (RP2).
2. TUF1 en couche de fondation, pour le réseau principal de niveau 1 (RP1) [4]; [7]

### 3- Mise en œuvre :

- Cas des tufs tendres (absence de dalle)
- Cas des tufs élaborés.[4]

## c) –Sables gypseux (SG) « encroûtements gypseux »

### 1- Définition:

Les encroûtements gypseux sont situés dans la zone climatique IV, c'est la zone des chotts et souvent de grandes étendues dunaires. Les encroûtements gypseux se présentent généralement en couches horizontales affleurâtes à sub-affleurâtes. [4] [7]

Horizon A : épaisseur varie de 20 à 30 cm. Cette partie est friable, poreuse et souvent sableuse.

Horizon B : son épaisseur varie de 1 à 2 cm. Il est souvent utilisé comme pierre de bâtir. C'est l'horizon des roses de sables.

Encroûtements friables ou « sables gypseux ». Ils se différencient des encroûtements massifs que par la dureté. [4] ; [7]

Horizon C : les encroûtements tendres : Appelés sables gypseux sont les matériaux rechercher pour l'utilisation en technique routière. Ils sont d'extraction facile et évoluent en sable au compactage.

On distingue deux classes de sables gypseux selon leur granularité et performances mécaniques. Il s'agit de **SG1** et **SG2**. [4]; [7]

### 2- Domaine d'utilisation :

- Couches d'assises (base, fondation), pour le réseau **RP2**.
- **SG1** en couche de fondation, pour le réseau **RP1** [4] ; [7]

### 3- Mise en œuvre :

La mise en œuvre se fait de la façon suivante :

-Répandage - Humidification -Compactage -Imprégnation. [4]

## d) –Arènes granitiques (AG)

### 1- Définition :

Les arènes granitiques proviennent de l'altération des granites aux conditions de surface. Les feldspaths s'altèrent surtout en Kaolin, les micas s'altèrent partiellement alors que les grains de quartz ne subissent aucune altération. La roche reste en place en gardant une facile cohésion.

Les arènes granitiques sont très répandues dans la région du Hoggar (zone climatique) ; elles constituent la seule ressource en granulats routiers disponibles dans les conditions technico-économiques. [4] ; [7]

Les arènes granitiques s'extraitent facilement et fournissent un sable plus ou moins grossier suivant la texture des roches mères. Elles se classent en trois familles suivantes :

Arènes graveleuses ; Arènes grenues ; Arènes fines ; Préparation des matériaux  
Recommandations [4]

### 2- Domaine d'utilisation :

- Couche d'assises (base, fondation) , pour le réseau **RP2**. [4] ; [7]

**3- Mise en œuvre :**

-Répandage - Humidification -Compactage -Imprégnation. [4]

# *Chapitre III*

*Les critères pris en compte pour  
dimensionner une chaussée*

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

- a) Le trafic
- b) La plate-forme support de chaussée,
- c) Les matériaux de chaussée
- d) Le climat et l'environnement
- e) La qualité de réalisation,

**III.1 –Trafic :**

La connaissance du trafic et, principalement de trafic poids lourd (véhicule dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes), constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de la chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres : [6]

- ❖ Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaire pour la construction de la chaussée [6]
- ❖ Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert au calcul de dimensionnement proprement dit. [6]

**a) Trafic à la mise en service:**

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route. [2]

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de PL > 5t. [2]

**Tableau III.1** Classification des trafics en France. [6]

Classe de trafic	$T_5$	$T_4$	$T_3$		$T_2$		$T_1$		$T_0$		
			$T_3^-$	$T_3^+$	$T_2^-$	$T_2^+$	$T_1^-$	$T_1^+$	$T_0^-$	$T_0^+$	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

**b) Trafic cumulé équivalent (NE):**

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante : [2]

$$NE = N \times CAM$$

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de **13 Tonnes**.

**N:** est le nombre cumulé de **PL** pour la période de calcul de P années. [2]

$$N = 365 \times TMJA \times C$$

**C:** étant le facteur de cumul sur la période de calcul, tel que: [2]

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Avec:

**P:** durée de vie.

**\(\tau\):** Taux de croissance de trafic.

**CAM:** est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence. [2]

$$NE = 365 \times TMJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

**Tableau III.2** Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd. [6]

Classe de trafic	T5	T4	T3-	T3+	Au-delà
CAM	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8 si e < 20cm
					1,0 si e > 20cm

❖ **Remarque sur les classes de trafic:**

Le guide algérien de l'entretien routier (1995) définit des classes de trafic  $T_0$  à  $T_5$  en fonction du TJMA, alors que le guide algérien des renforcements de chaussées (1992) définit des classes de trafic  $T_0$  à  $T_5$  à partir du nombre cumulé de  $PL$  à la fin de la durée de vie. Ces deux classifications sont d'ailleurs différentes de la classification française. Par conséquent, il faudrait faire attention à l'utilisation des notations, en précisant, à chaque fois, de quelle classification il s'agit. [6]

### III.2 – La plate-forme support de chaussée:

Les chaussées reposent, soit directement sur le sol support, soit éventuellement sur une couche de forme. [6]

La portance du sol support dépend de son état hydrique et des éventuelles améliorations qui pourraient être apportées par la mise en place d'une couche de forme ou de dispositifs appropriés d'assainissement et de drainage ou encore par traitement (à la chaux ou au ciment). [6]

Les sols support sont, en général. Classés selon leur portance, elle-même fonction de l'indice CBR. [2][6]

Ce dernier est, en principe, **mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.** [2][6]

Si cette dernière facture n'est pas connue, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et une densité sèche égale à 95% de la densité à l'OPN. [2][6]

**Tableau III.3** Portance de sol en fonction de l'indice de CBR. [6]

<i>Portance</i>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>CBR</i>	<b>&lt; 3</b>	<b>3 à 6</b>	<b>6 à 10</b>	<b>10 à 20</b>	<b>&gt; 20</b>

### III.3 – Les matériaux de chaussée:

Les matériaux de chaussée peuvent être normalisés ou non conformes. Pour les matériaux

normalisés, les valeurs de résistance mécanique et de déformabilité retenues, tirées d'études en laboratoire, sont déduites des valeurs moyennes obtenues sur la formule de base établie conformément aux dispositions des normes définissant les méthodologies d'étude. En l'absence d'étude spécifique, le document de dimensionnement se réfère en général aux valeurs seuils minimales fixées par les normes. [9]

Quant aux matériaux de chaussée non conformes sur certains aspects aux normes, ou non couverts par une norme, seule une étude de laboratoire particulière, complétée le cas échéant par des planches expérimentales, peut permettre de préciser leur domaine d'emploi. [9]

#### **III.4 – Le climat et l'environnement:**

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. [2] [6]

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai. [2] [6]

Les effets de la température sont relativement complexes car la variation de la température s'effectue à vitesse très variable, du fait des différences entre cycles journaliers d'une part et cycles saisonniers d'autre part. [3]

Selon le vieillissement du matériau, la température a deux effets mécaniques principaux:

- ❖ Changement du module des matériaux.
- ❖ Création de champs de contraintes et déformations au sein du matériau en raison des dilatations ou contractions thermiques lors des changements de température : [3]

-Lors d'un refroidissement, par exemple, la chaussée a tendance à se contracter. Or, les mouvements de contraction sont empêchés dans le sens longitudinal de la chaussée. Cela revient donc à exercer une traction sur cette chaussée dans le sens longitudinal, d'où l'amorçage éventuel de fissures transversales. Ces dernières sont ensuite susceptibles de se propager à travers la structure lors de cycles thermiques, (**Figure III.1**)

-Lorsqu'une couche de base traitée aux liants hydrauliques existe dans la chaussée, elle est sujette au retrait thermique et de prise. Le retrait, empêché par le frottement à l'interface, peut provoquer une fissure dans la couche en matériaux bitumineux. (**Figure III.1**) [3]

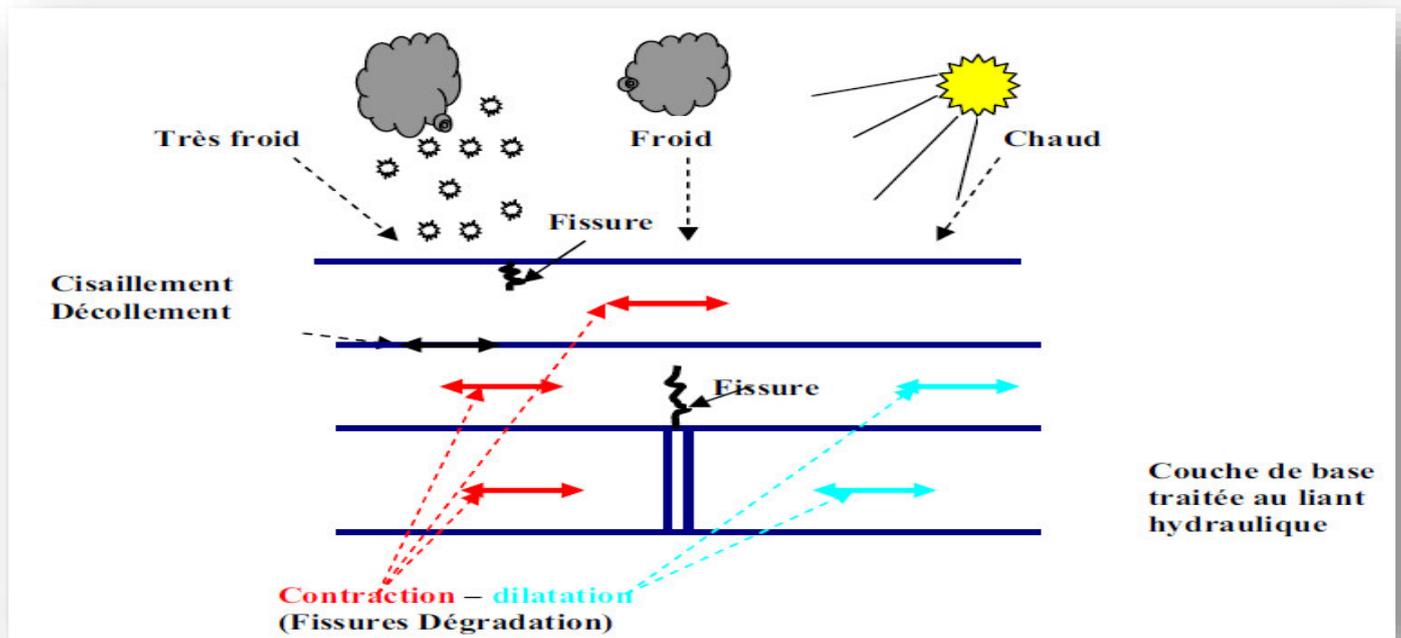


Figure III.1 Fonctionnement d'une chaussée sous les sollicitations thermiques [9]

### III.5 – La qualité de réalisation:

Pour la réalisation des structures de chaussée, les prescriptions et les règles de l'art concernant la fabrication et la mise en œuvre des matériaux doivent être respectées pour se rassurer de l'homogénéité des compositions et des caractéristiques mécaniques. [9]

Le calcul de dimensionnement doit prendre en compte le fait que la réalisation est affectée de variations aléatoires d'épaisseurs des couches. [9]

# *Chapitre IV*

## *Méthodes de calcul des chaussées*

### **IV –Introduction:**

De façon résumé, le dimensionnement d'une chaussée consiste au calcul des différentes épaisseurs des couches du corps de chaussée en prenant en compte les caractéristiques du sol support, le trafic prévisionnel et sa composition et la durée de vie projetée. [6]

En matière de dimensionnement des chaussées, il n'existe pas de méthodes de calcul universelles applicables rigoureusement à tous les pays. Ainsi, chaque pays a ses propres règles qui s'affinent au gré des progrès réalisés dans la connaissance des paramètres de l'environnement routier et des résultats théoriques sur les modèles mécaniques. [6]

Aussi, existe-t-il un certain nombre de méthodes pratiques plus ou moins adaptées à chaque contexte. Ces méthodes peuvent se regrouper en deux types : **Les Méthodes empiriques et analytiques (théoriques)** [6]

#### **IV.1–Les Méthodes empiriques:**

La méthode empirique est basée sur des essais et des observations effectuées sur des routes expérimentales. La technique est basée sur l'identification, la reproduction conforme et standard des structures de chaussées identiques à celles qui ont fait la preuve de leur performance. On utilise les matériaux, les trafics et les mêmes conditions environnementales chaque fois jusqu'à ce que des endommagements jugés sévères, pour un type de chaussée de référence, puissent être inventoriés. Les modèles empiriques les plus utilisées sont : [9]

- 1- La méthode de C.B.R (California -Bearing -Ratio)
- 2- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves «CTTP »
- 3- Méthode du catalogue des structures «SETRA »
- 4- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials)
- 5- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).
- 6- Méthode de l'Asphalte Institute.

#### **IV.1.1–La méthode de C.B.R (California-Bearing -Ratio):**

##### **IV.1.1.1 –Définition C.B.R:**

La méthode dite CBR (California Bearing Ratio) se base sur l'essai CBR-même. Ce dernier consiste en le poinçonnement d'un échantillon de sol confectionné en forme cylindrique ( $\varnothing 15\text{cm}$ ) à (90% à 100%) de l'optimum Proctor modifié (OPM). [2]

La détermination de l'épaisseur du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :[2]

- Pour un trafic en voiture particulière :  $\text{TMJA} \times 365 \times 1.5\text{t} < 100000 \text{ t/ans}$ .

$$e_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{cm}) \quad [1]$$

- Pour un trafic en voiture particulière:  $\text{TMJA} \times 365 \times 1.5\text{t} \geq 100000 \text{ t/ans}$ .

$$e_{eq} = \frac{100 + \sqrt{p} \left( 75 + 50 \log \left( \frac{N}{10} \right) \right)}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{cm}) \quad [1]$$

Avec:

$e_{eq}$  : épaisseur équivalente

$I_{CBR}$  : l'indice CBR Californien de sol support (%).

$P$ : charge par route  $P = 6.5 \text{ t}$  (essieu 13 t)

$\text{Log}$ : logarithme à base 10

$N$ : Nombre moyen journalier des véhicules ( $TJMA$ )  $> 1,5\text{t}$  à l'année horizon.

$$N = TJMA = T_H \times \%PL \quad [2]; [8]$$

Avec :

$\% PL$ : Pourcentage de poids lourds ( $Z$ )

$T_H$ : trafics prévus pour une durée de vie de 15 ans

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m \quad [2]; [8]$$

$T_0$  : trafics actuel (v/j)

$m$  : année de prévision

$\tau$  : Taux d'accroissement du trafic (%).

#### ❖ notion de l'épaisseur équivalente:

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche dont l'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches : [1]

$$e_{eq} = \sum e_{réelle} * a_i = e_1 \cdot a_1 + e_2 \cdot a_2 + e_3 \cdot a_3$$

Avec :

**e1** : épaisseur réelle de la couche de roulement.

**e2** : épaisseur réelle de la couche de base.

**e3** : épaisseur réelle de la couche de fondation.

**a1, a2, a3** : coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches **e1, e2, e3**.

- **Coefficient d'équivalence:**

Le tableau IV.1 ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

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

<i>Matériaux utilisés</i>	<i>Coefficient d'équivalence 'a'</i>
<b>Béton bitumineux ou enrobe dense</b>	2.00
<b>Grave ciment – grave laitier</b>	1.50
<b>Sable ciment</b>	1.00 à 1.20
<b>Grave concasse ou gravier</b>	1.00
<b>Tuf</b>	0.7 à 0.8
<b>Grave roulée – grave sableuse T.V.O</b>	0.75
<b>Sable</b>	0.50
<b>Grave bitume</b>	1.60 à 1.70

**Remarque :**

Les épaisseurs e1, e2 et e3 sont toutes arbitraires. Une troisième épaisseur (parmi e1, e2 et e3) est obtenue en ayant fixé les deux autres. Les épaisseurs généralement adoptées sont: [2] [8]

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

- **Classes de portance:**

Tableau IV.2 spécification CBR. [1]

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

#### **IV.1.1.2 –Bute de l’essai C.B.R:**

L’essai CBR est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers. [7]

Il s’agit de déterminer expérimentalement des indices portants (IPI, CBR) qui permettent:

- d’établir une classification des sols (GTR).
- d’évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI).
- déterminer l’épaisseur des chaussées (CBR augmente =>épaisseur diminue). [7]

#### **IV.1.1.3 –Principe de l’essai C.B.R:**

Le principe général de l’essai consiste à mesurer les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante dans une éprouvette de matériau. Les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué deux enfoncements conventionnels sont respectivement rapportées aux valeurs des forces observées sur un matériau de référence de mêmes enfoncements. [7]

L’indice recherché est défini conventionnellement étant la plus grande valeur, exprimée en pourcentage, des deux rapports ainsi calculés.

Les indices CBR et IPI ne constituent pas des caractéristiques intrinsèques d’un sol .En effet, si ces grandeurs dépendent en partie de la nature du sol, elles dépendent d’avantage de sa teneur en eau, de sa masse volumique sèche et de son degré de saturation, qui sont des caractéristiques d’état, celles-ci étant fonction des conditions de mise en œuvre et d’environnement.

L'indication de toute valeur d'un indice CBR ou IPI d'un matériau n'a donc de sens que si elle est assortie des caractéristiques d'état du sol prise en considération dans la confection de l'éprouvette c'est-à-dire : [7]

- 1- Sa masse volumique à l'état sec exprimée en pourcentage de la valeur de  $\rho_d$  OPN ou  $\rho_d$  OPM du sol
- 2- Sa teneur en eau exprimée en pourcentage de valeur de  $w$  OPN ou  $w$  OPM du sol
- 3- Son état de saturation défini qualitativement par le fait que l'éprouvette est poinçonné
  - Soit immédiatement, après sa confection, et l'on parle alors d'indice CBR immédiat, suivant le processus opératoire suivi
  - Soit après avoir été immergée durant quatre jours et l'on parle alors d'I CBR après immersion. [7]

Pour ce qui concerne l'indice CBR dimensionnement d'une chaussée, le concepteur doit choisir les caractéristiques d'état du sol qu'il entend prendre en considération en fonction des particules du projet . A titre indicatif, on peut rappeler que les caractéristiques suivantes sont souvent retenues : [7]

- 1- Teneur en eau-:  $w$  OPM
- 2- Masse volumique sèche :  $\rho_d$  OPM
- 3- Etat de saturation : celui obtenue après quatre jours d'immersion

#### **IV.1.1.4 –Appareillage:**

##### **a- Matériel de confection des éprouvettes :**

Comprend :

1. Le moule CBR ;



**Figure IV.1** Moule de CBR.

2. Les dames ou machines de compactage Proctor normal et Proctor modifié
3. L'ensemble des accessoires (plaque de base, rehausse, disque d'espacement, règle à araser.....)
4. Le matériel d'usage courant (balances, étuve, bacs, ....)
5. Matériel de poinçonnement [7]



**Figure IV.2**  
Machines de compactage Proctor.

Il comprend une presse d'une capacité efficace d'au moins de 50 KN et possédant une course d'au moins 10mm.

Cette presse doit être équipée :

1. D'un poinçon cylindrique en acier de  $49.6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$  de diamètre, soit une section circulaire de  $19.32\text{cm}^2 \pm 0.08\text{cm}^2$ , et d'une dizaine de centimètres de longueur minimale ;
2. D'un dispositif permettant l'enfoncement du poinçon garantissant la mesure avec une incertitude absolue maximum de 0.1 mm ;
3. D'un dispositif de mesure des efforts de poinçonnement. La capacité de ce dispositif doit être adaptée à l'effort mesuré. Sa précision doit garantir la mesure avec une incertitude relative maximum de 1%. [7]

#### 1. Matériels de mise en immersion et de mesure de gonflement :

Il est constitué :



**Figure IV.3** échantillon type du sol à étudier.

1. D'un ou plusieurs bacs de hauteur suffisante pour assurer l'immersion complète des éprouvettes, tout en ménageant au-dessous de chacune de chacune lame d'eau d'au moins 10 mm de hauteur ;

2. D'un disque de gonflement métallique ou plastique de 150 mm de diamètre et d'un poids n'excédant pas 300 g environ perforé sur toute sa surface par au moins de 25 trous de  $3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de diamètre, uniformément répartis.
3. D'une série d'au moins trois surcharges constituées chacune d'un disque de 150 mm  $\pm 1 \text{ mm}$  de diamètre extérieur comportant un évidement central cylindrique de  $\phi 54 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  permettant le passage aisé du poinçon.
4. D'un dispositif permettant la mesure du gonflement avec une incertitude absolue maximum de 0,01 mm ; la plage de mesure doit être de 20 mm minimum. [7]

#### **IV.1.1.5 – Exécution de l'essai:**

##### **a- Confection des éprouvettes:**

Il convient tout d'abord de choisir les différents ensembles de conditions du sol ( masse volumique sèche, teneur en eau, état de saturation ) pour lesquels on veut réaliser l'essai. [7]

Pour chaque ensemble de conditions d'état considéré, il convient de préparer 5,5 kg de matériau dans le cas où l'on recherche l'ICBR immédiat ou l'IPI et 7 kg de matériau dans le cas où l'on recherche l'ICBR immersion.

On procède ensuite à la préparation du sol et au compactage dans les moules.

Dans le cas où l'on détermine l'ICBR immersion, la teneur en eau de confection de l'éprouvette est déterminée à partir du surplus de matériau.[7]

Le moule contenant l'éprouvette est ensuite désolidarisé de sa plaque de base, retourne pour que la face supérieure de l'éprouvette se retrouve avec l'embase. Procéder à l'extraction du disque d'espacement puis à l'exécution du poinçonnement. [7]

##### **b- Exécution du poinçonnement :**

1. Positionner le disque de gonflement sur l'éprouvette avant de mettre en place les surcharges ;
2. Mettre en place et initialiser le dispositif de mesure de gonflement ;

3. Immerge l'ensemble de sorte que l'éprouvette soit recouverte par une hauteur d'eau. [7]

Après 4 jours d'immersion, relever la valeur de gonflement total atteint. Retirer le moule et l'éprouvette du bac à immersion et après égouttage, exécuter le poinçonnement comme indiqué précédemment. [7]

#### **IV.1.1.6 –Calculs et résultats:**

On calcule les valeurs suivantes : [7]

$$I_{2,5} = \frac{\text{effort de pénétration a 2,5 mm d'enfoncement (en km)}}{13,35} * 100$$

$$I_5 = \frac{\text{effort de pénétration a 5 mm d'enfoncement (en km)}}{19,93} * 100$$

L'indice recherche est par convention la plus grande de ces deux valeurs

$$I_{CBR} = \max(I_{2,5}, I_5)$$

#### **IV.1.2 –la méthode du catalogue des chaussées neuves «CTTP» :**

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées :

Trafic, matériaux, sol support et environnement. [3]

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.[3]

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves se base sur deux approches : [3]

- Approche théorique.
- Approche empirique.

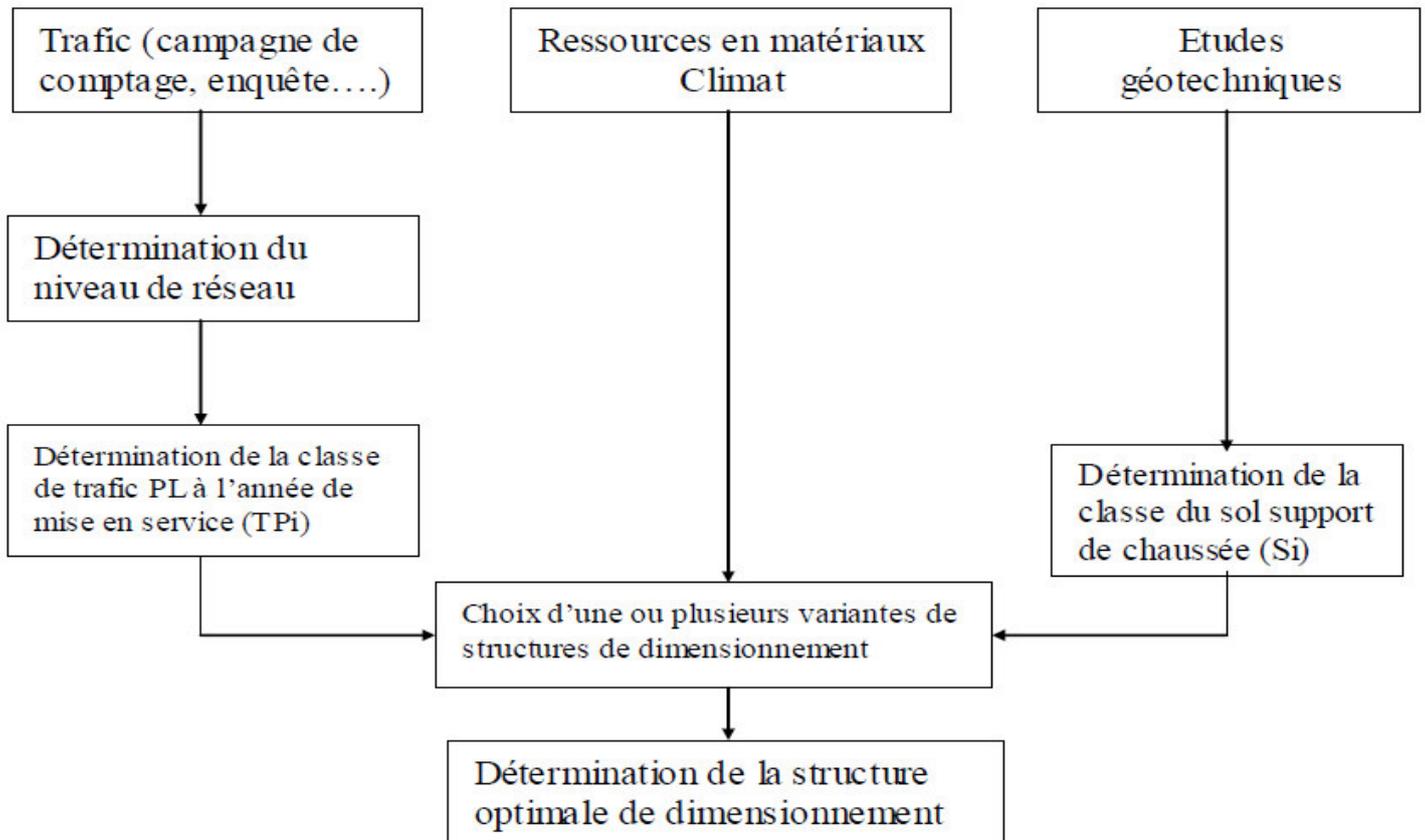
**a- La démarche du catalogue :**

Figure IV.4 Organigramme de la démarche du catalogue. [5]

**b- Détermination de la classe de trafic:**

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

**1- Réseau principal (RP) :**

Noté RP : il se compose de route reliant : [2]; [5]

- ❖ Les chefs lieux de wilaya tes ;
- ❖ Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers ;
- ❖ Les principales agglomérations et important zone industrielles ;

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux : [2]; [5]

- **RP1** ( $T > 1500V/J$ )  $\Rightarrow$  RN, Autoroute, CW.
- **RP2** ( $T < 1500V/J$ )  $\Rightarrow$  RN, CW,....
- Le linéaire total du réseau principal est de l'ordre de 18400 Km.

**2- Réseau secondaire (RS) :**

Se compose du reste des routes qui ne sont pas en (RP), son linéaire total de 7900 Km. [2]; [5]

### 3- Répartition transversale du trafic:

On adoptera les valeurs suivantes :

- ❖ Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite ;
- ❖ Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite ;
- ❖ Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL ;
- ❖ Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL. [2]; [5]

### 4- Détermination de la classe de trafic TPLi :

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2) en Nombre de poids lourds par jour et par sens (**PL/J/sens**) à l'année de mise en service. [2]; [5]

Le Tableau IV.3 : donne par niveau de réseau (RP1 ou RP2), les classes de trafic adoptées

**Tableau IV.3** Classes de trafic TPLi adoptées [5]

<i>classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)</i>	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
<i>PL/J/sens Pour (RP1)</i>	-	-	-	150 a 300	300 a 600	600 a 1500	1500 a 3000	3000 a 6000
<i>PL/J/sens Pour (RP2)</i>	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-

## 2. Détermination des classes de portance des sols:

Le Tableau IV.4 regroupe les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifié maximal. [2]; [5]

Tableau IV.4 Classes de portance des sols Si [5]

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

### 3. Détermination de la classe de portance de sol-support:

La portance de sol-support est fonction de celle du sol terrassé (déblai ou remblai), et éventuellement de l'apport de la couche de forme. Elle est considérée sous deux aspects : [2]; [5]

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

#### a) Pour les sols sensibles à l'eau :

L'étude géotechnique est obligatoire, car elle permet d'identifier les sols et d'étudier la variation de la portance grâce à l'essai de poinçonnement CBR. [2]; [5]

L'essai CBR à prendre en compte sera fonction de la zone climatique considérée , à savoir :

1. CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II La valeur de l'indice CBR imbibé à 4 jours à retenir correspond à 100% de la densité à l'OPT
2. CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV. La valeur de l'indice CBR immédiat sera déterminée à 95% de l'OPT. [2] ; [5]

#### b) Pour les sols insensibles à l'eau :

Dans le cas des sols insensibles à l'eau, sols ou l'essai CBR n'est pas réalisable, la portance sera déterminer à partir des essais de chargement à la plaque, ou des mesures de déflexion à condition que l'état hydrique au moment de l'essai soit représentatif ( $W \geq WOPM$ ) : [2]; [5]

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

Avec:

EV2 en(MPA).

dc en (1/100mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

$$E \text{ (MPA)} = 5 \times CBR \dots \dots (*) \quad [2]; [5]$$

**Tableau IV.5** Classes de portance de sol-support de la déflexion. [5]

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

(\*) Relation obtenue à partir d'essai en laboratoire réalisées sur une famille de sols prédominant en Algérie

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj). [2]; [5]

**Tableau IV.6** Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol. [5]

Classe de portance de sol terrassé (s <sub>i</sub> )	Matériau de couche de Forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (s <sub>j</sub> )
< S4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2 couches)	S1

#### 4. Les zones climatiques:

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

**Tableau IV.7** Les zones climatiques de l'Algérie. [5]

Zone climatique	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
Pluviométrie (mm/an)	>600	350 - 600	100 - 350	<100
Climat	Très humide	Humide	Semi-aride	aride
Température équivalentes(C°)	20	20	25	30
Région	Nord	Nord, hauts plateaux	Hauts plateaux	Sud

### **IV.1.3 –Méthode du catalogue des structures «SETRA»:**

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA».Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB). [2]; [3]

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens. [2]; [3]

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données : [2]; [3]

- ❖ Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année Tj.
- ❖ Les caractéristiques de sol (Sj).

#### **1- Détermination de la classe de trafic:**

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. [2]; [3]

**Tableau IV.8** La classe du trafic poids lourd. [2] ; [8]

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

Le trafic cumulé est donné par la formule: [1]; [2]; [8]

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

Avec :

**TPL** : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

**n** : durée de vie.

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

## 2- Détermination de la classe du sol:

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

[1]; [2]

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

**Tableau IV.4**

**Tableau IV.4** Classes de portance des sols Si [2]

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

### IV.1.4 –Méthode A.A.S.H.O «American Association of State Highway Officials»:

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. [2]; [6]; [8]

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs : [2]; [6]

- ❖ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- ❖ L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- ❖ L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- ❖ L'influence des charges et de leur répétition.

#### **IV.1.5 – La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées):**

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression: [2]; [8]

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

Avec:

**Teq:** trafic équivalent par essieu de 13 tonnes

**TJMA:** trafic à l'année de mise de service de la route (v/j)

**a:** coefficient qui dépend du nombre de voies (voire le calcul de la capacité du trafic)

**τ:** Taux d'accroissement annuel géométrique (pris égale 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. [8]

**n:** durée de vie considérée de la route (en année comprise entre 15 à 25).

**P:** pourcentage de poids lourds.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour les quelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base. [2]

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente *e* (en fonction de *Teq*, ICBR) à partir de l'abaque L.C.P.C. [2]; [8]

#### **IV.1.6 – Méthode de l'Asphalte Institute:**

En sus des résultats obtenus des essais AASHO, la méthode dite de l'Asphalte Institute tient compte du trafic, ainsi que d'un indice dit de structure, tenant compte de la nature des diverses couches. L'épaisseur de la chaussée est obtenue en lisant correctement sur un abaque regroupant toutes ces informations. [8]

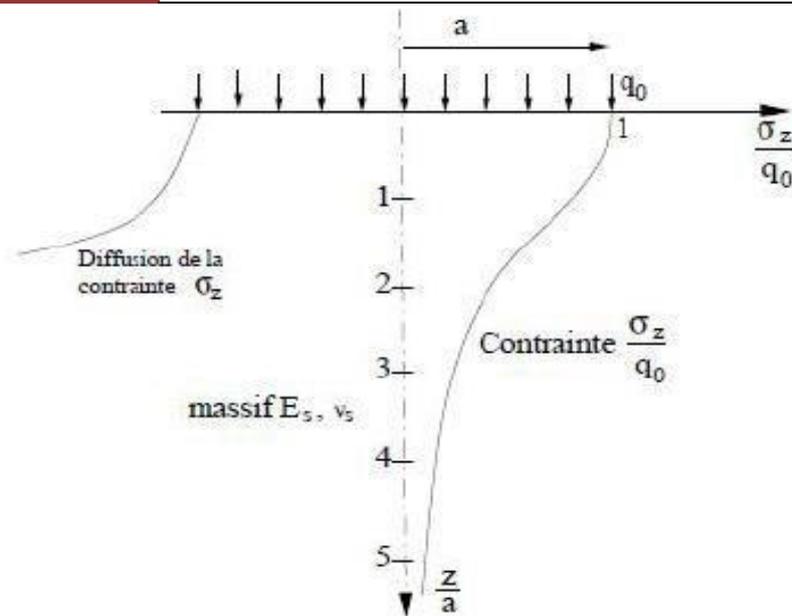
### **IV.2 –Les Méthodes analytiques (théoriques):**

La méthode est appelée ainsi car elle fait partiellement appel à une approche analytique qui est complétée par des données empiriques. Elle est basée sur la mécanique des milieux continus et sur la résistance des matériaux. Elle s'appuie sur l'analyse des résultats des essais sur les matériaux réalisés au laboratoire ou sur un chantier expérimental (planche d'essai) auxquels sont associées les données contrôlées sur le terrain pour valider les structures sélectionnées. Le processus se fait en deux étapes : [9]

- ❖ Calcul des contraintes et déformations admissibles dans la chaussée en fonction du trafic attendu (modèle de fatigue et de déformation),
- ❖ Calcul des épaisseurs requises pour rencontrer les critères de contraintes ou déformations admissibles. [9]

#### **IV.2.1 –Le modèle de Boussinesq (1885):**

Dans le cas où le corps de chaussée n'est pas trop différent du sol naturel, on peut considérer que la pression se répartit de la même manière que dans un sol. Ceci conduit à considérer la structure de chaussée comme un massif semi-infini et proposer une méthode simple de dimensionnement. Avec l'hypothèse d'isotropie et d'élasticité linéaire, ce problème a été résolu Par Boussinesq.[7]; [9]



**Figure IV.5** Diffusion des pressions dans un massif de Boussinesq. [7]

Pour une charge d'intensité  $q_0$  appliquée sur un cercle de rayon  $a$ , le déplacement, la contrainte verticale et radiale en un point sur l'axe de la charge situé à une profondeur  $z$  sont déterminés par la formule ci-dessous :

Grâce aux résultats de Boussinesq, on peut trouver l'épaisseur  $H$  de la chaussée où la pression verticale ne dépasse pas la valeur admissible du sol. Ce modèle est simple et facile à utiliser. [7]

$$\sigma_z = q_0 \times \left[ 1 - \frac{(z/a)^3}{(1 + (z/a)^2)^{2/3}} \right]$$

$q_0$  : pression appliquée par le pneumatique.

$a$  : rayon d'action de la charge,  $Z$  : profondeur

Toutefois, son application au dimensionnement de la chaussée présente les inconvénients suivants :

-Le champ d'application de ce modèle est limité (au cas où le corps de chaussée n'est pas trop différent du sol support).

Il ne caractérise pas le comportement des structures multicouches. [7]

-La contrainte  $\sigma_z$  ne dépend pas du module  $E_2$  du sol support.

Il conduit à des structures non économiques dès que la contrainte admissible du sol devient relativement faible. [7]

### IV.2.2 –Le modèle de Westergaard (1925):

Il crée le premier vrai modèle dédié aux chaussées. La simplicité du modèle retenu (modèle bicouche en termes d'aujourd'hui) associée au génie mathématique de Westergaard lui permirent d'exprimer les contraintes sous forme d'équations explicites simples et à la portée de tous. [7]; [11]

Cette hypothèse, dite de Westergaard, s'écrit :

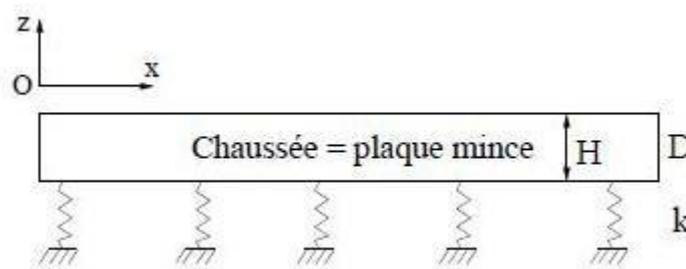
$$P = K \times W \quad [12]$$

Avec : P : contrainte verticale sur le sol

W : déplacement vertical de la plaque

K : coefficient de proportionnalité est appelé module de réaction.

Ce modèle donne les contraintes et déformations d'un système constitué d'une plaque reposant sur un sol assimilé à un ensemble de ressorts verticaux sans connexions horizontales communément appelé fondation de Winkler, dont le déplacement vertical en un point est proportionnel à la pression verticale en ce point. [7]; [11]



**Figure IV.6** Schéma du modèle de Westergaard. [7]

Cela implique que le sol réagit de manière élastique et uniquement dans le sens vertical. Or, le sol ne se comporte pas comme un massif élastique :

-Il accuse des déformations permanentes. La réaction du sol n'est donc pas strictement verticale : les contraintes se dispersent en profondeur et des contraintes de cisaillements ne sont pas à exclure.

-Tous les spécialistes reconnaissent aujourd'hui que le modèle de Westergaard surestime les contraintes. [7]; [2]

### IV.2.3 –Le modèle bicouche de Hogg (1938):

Lorsque la contrainte verticale sur le sol support est limitée à une valeur très faible (1/10 ou 1/20 de la pression exercée en surface par exemple), la répartition des pressions par un

corps granulaire peut être coûteux, l'épaisseur  $H$  est très forte. Pour diminuer cette épaisseur, il suffit d'augmenter le rapport de module entre la couche  $E1$  de la chaussée et  $E2$  du sol support. il l'aide d'un liant hydraulique (ciment, laitier). [7]

On peut avec une assise traitée aux liants hydrauliques obtenir une faible pression sur le sol support, sans que l'épaisseur de chaussée ne soit importante. La couche de chaussée fléchit sous la charge appliquée, ce fléchissement est accompagné de contraintes de traction par flexion à la base de la chaussée. Le dimensionnement de la chaussée consiste alors à vérifier deux critères qui conditionnent son comportement dans le temps: [7]

- La contrainte verticale sur le sol support doit être inférieure à une valeur limitée, fonction de (nature du sol support et du nombre de chargements envisage).
- La contrainte de traction par flexion à la base de la couche de chaussée doit être également inférieure à une valeur limitée fonction de la nature du matériau de chaussée et du nombre de cycles. [7]

Avec des assises traitées aux liants hydrauliques, le premier critère du dimensionnement est généralement satisfait lorsque le deuxième l'est, il suffit donc de vérifier le **deux** critère. C'est en cela que le dimensionnement d'une couche de chaussée diffère d'une fondation. Puisqu'en mécanique des sols, c'est le premier critère c'est-à-dire la pression sur le sol qui est prépondérant. [7]

L'étude d'un tel problème ne peut se faire à l'aide d'un modèle de Boussinesq. L'utilisation d'un modèle bicouche est nécessaire. En somme il faudra:

$$\sigma_z \leq \sigma_{zad} \text{ et } \sigma_t \leq \sigma_{tad} \text{ qui est une condition nécessaire et suffisante ; en effet } \sigma_t \leq \sigma_{tad} \rightarrow \sigma_z \leq \sigma_{zad} \text{ [7]}$$

Travail en flexion d'une couche Liée

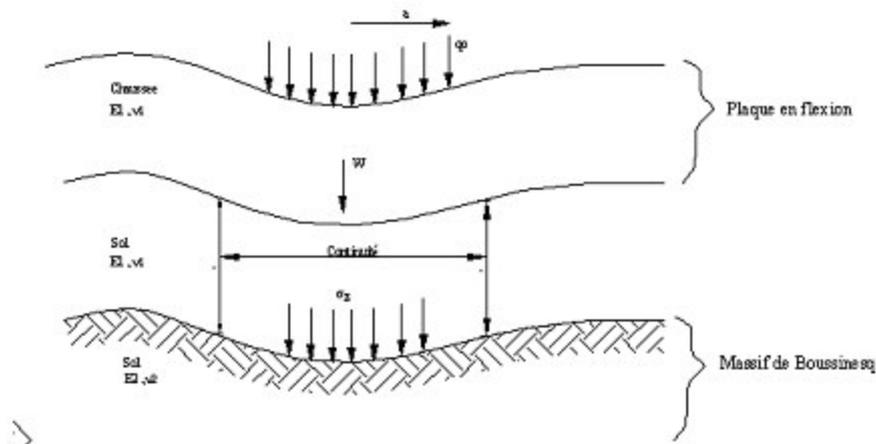


Figure IV.7 Modèle Bicouche de Hogg(1938) [7]

Alors, dans le dimensionnement de la chaussée, hormis la condition de contrainte admissible à la surface du sol-support, nous devons vérifier aussi le critère de déformation de traction à la base de la couche de chaussée. Parmi les solutions théoriques, on peut citer la solution de Westergaard. [7]

#### IV.2.4 –Le modèle de Burmister (1943):

Les modèles bicouches ne reproduisent pas la nature multicouche de la chaussée et ne modélisent pas correctement le comportement mécanique des couches de chaussées (hypothèse de plaque). Partant de ces remarques, Burmister a traité le problème général à  $n$  couches infinies dans le plan et reposant sur le sol infini de Boussinesq [6]; [7]

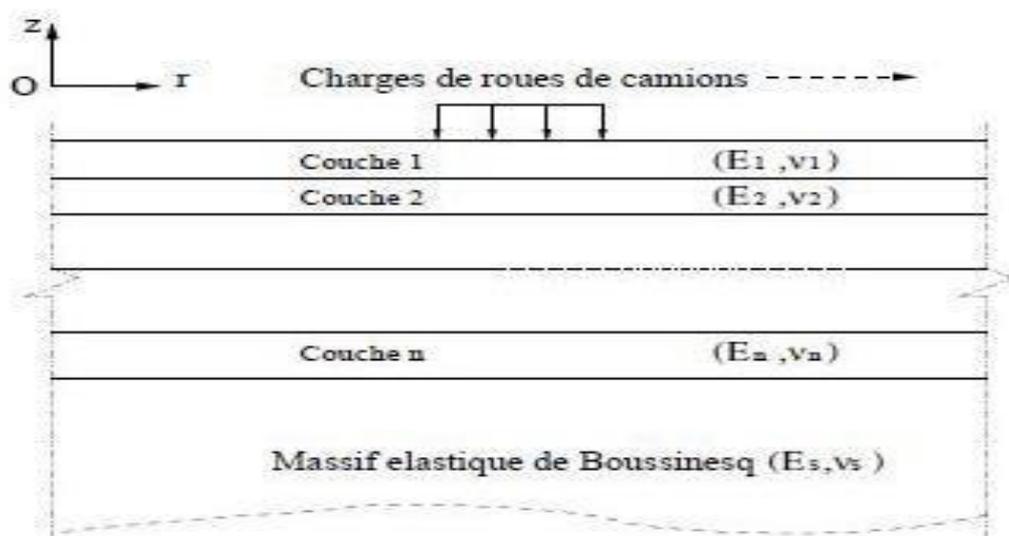


Figure IV.8 Schéma du modèle de Burmister 1943 [7]

Par rapport aux modèles précédents, le modèle multicouche de Burmister présente plusieurs avantages, puisque :

- Toutes les couches sont traitées comme des solides élastiques (on évite l'hypothèse de plaque), [6]; [7]
- Les interfaces entre les couches peuvent être collées ou décollées, et une même structure peut comporter des couches collées et des couches décollées,
- Le cas de charges multiples : jumelages, essieux tandem ou tridem peut être traité en additionnant les effets de charges élémentaires.
- Le problème est résolu en prenant en considération la symétrie de révolution du système en utilisant les coordonnées cylindriques.
- dans le cas des dalles en béton, il est notamment nécessaire de le compléter par un modèle aux éléments finis pour évaluer les conséquences des charges en bord ou en angle de dalle. [6]; [7]

#### **IV.2.5 –Modèle d'Odemark (1949):**

La méthode de la hauteur équivalente a été développée par Odemark. Le principe de la méthode consiste à transformer un système de plusieurs couches avec des modules différents en un système équivalent homogène où toutes les couches ont un même module et, ainsi, pouvoir appliquer les théories classiques d'élasticité au système et les équations de Boussinesq. [12]

Dans le cas du système à plus de deux couches, une fois la couche de surface est transformée en une couche équivalente à la deuxième, la même procédure est reprise pour transformer la nouvelle couche obtenue (somme des deux premières couches) en une couche équivalente à la troisième et ainsi de suite. [12]

Il existe des limitations au niveau de l'utilisation de la méthode des épaisseurs équivalentes. L'une d'entre elles concerne le module  $E$  qui doit décroître avec la profondeur  $H$ . Une autre limitation est que l'épaisseur équivalente d'une couche devrait être, de préférence, supérieure au rayon de plaque de chargement. [12]

#### **IV.2.6 – Modèle monocouche de Pasternak (1954):**

Le modèle de fondation de Pasternak [Pasternak, 1954] améliore le modèle de Westergaard pour la modélisation du sol. Ainsi, le massif de sol est toujours considéré comme un

assemblage de ressorts, mais une couche de cisaillement est introduite entre la couche de chaussée et la fondation [12]

Cette couche est constituée de ressorts verticaux incompressibles, qui ne se déforment qu'en cisaillement, de module de cisaillement  $G$ . Cette partie ajoutée a pour fonction de ne prendre en compte que le cisaillement à l'interface chaussée-sol

La détermination du module de réaction  $k$  et du module de cisaillement  $G$  a été recherchée par certains travaux. [Kerr, 1985] aboutit à la même expression que Westergaad pour  $G$  est donnée par l'expression suivante : [12]

$$G = \frac{E_1 H}{6(1 + \mu_1)}$$

Avec :  $E_1$  et  $\mu_1$  le module d'Young et le coefficient de Poisson de la chaussée. Cependant, Kerr recommande pour les cas usuels de réaliser un calage de la solution analytique avec des points de mesures expérimentaux, pour un résultat fiable. [12]

Aussi, ce modèle présente encore les inconvénients du modèle de Westergaad à savoir :

- Les ressorts ont la même rigidité et travaillent indépendamment les uns et les autres.
- La déflexion en un point donné ne dépend que de la contrainte en ce point sans qu'il y ait d'effet exercé par la fondation environnante.
- Il ne peut pas représenter un complexe de type multicouche de chaussée. [12]

#### **IV.2.7 – Le modèle de Jeuffroy-Bachelez (1955):**

Qui assimile la chaussée à un tri couche (plaque mince sur un modèle de Burmister), a permis pour la première fois d'établir un système très complet d'abaques. Il a constitué pour les ingénieurs français une étape fondamentale vers plus de rationalité dans le dimensionnement des chaussées. [9]; [11]

#### **IV.2.8 – Modèle monocouche de Kerr (1964):**

Le modèle de fondation de Kerr [Kerr, 1964] est une suite plus sophistiquée du modèle de Pasternak. Le massif de sol est un assemblage de ressorts avec une couche de cisaillement, dans lequel est introduit un assemblage de ressorts entre la couche de chaussée et la couche de cisaillement. [12]

En comparant les déflexions, les pressions et moments obtenus pour les trois types de chargements (charge uniformément répartie ; forces concentrées aux bords d'une bande

infinie ; moments sur ces bords) au moyen de plusieurs modèles de fondation (Winkler, Kerr, Pasternak et fondation Boussinesq), Kneifati a montré que le modèle de Kerr permet d'obtenir des résultats proches de ceux déterminés par le massif de Boussinesq.

- Ce modèle ne peut pas présenter un complexe de type multicouche de chaussée. [12]

#### **IV.2.9 –Modèle aux éléments finis:**

(Cesar-LCPC notamment) s'impose enfin chaque fois que des modèles multicouches continus, élastiques et linéaires s'avèrent trop simplistes.

Cette approche permet notamment de traiter les cas suivants : [9]; [11]

- caractère tridimensionnel de la structure du fait de géométries non infinies en plan,
- non linéarité ou évolution des conditions de contact,
- comportement viscoélastique des matériaux sous charges roulantes, etc.

#### **IV.3 – Avantages et Inconvénients des méthodes de dimensionnement:**

Au vu de ce qui a été développé dans cette partie, Nous constatons que chaque approche présente des avantages et inconvénients résumés dans le **Tableau IV.9**

**Tableau IV.9** Avantages et Inconvénients des méthodes de dimensionnement [9].

<i>Méthode</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
<i>Empirique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• facilité de calcul</li> </ul>	Les résultats des analyses ne peuvent pas être généralisés car ne s'appliquant qu'aux matériaux étudiés, aux conditions d'environnement de l'expérience et aux sols supports rencontrés
<i>Théorique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimise les erreurs</li> <li>• Prise en compte des compositions réelles du Trafic et des matériaux locaux.</li> <li>• Adaptation aux différentes conditions environnementales et climatiques</li> </ul>	Base théorique donc aucune certitude pratique

#### **IV.4 – Evaluation entre les méthodes de dimensionnement:**

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont:

- La méthode dite **CBR**
- la méthode du catalogue des chaussées neuves « **CTTP** ».

Le **Tableau IV.10** ci-dessous donne les Principes entre les méthodes **CBR** et catalogue (**CTTP**)

<i>Méthode</i>	<i>CBR</i>	<i>catalogue (CTTP)</i>
<i>Principes des méthodes</i>	<p>Trafic de la mise en service</p> <p><b>N</b> : Nombre moyen journalier des véhicules (<i>TJMA</i>)</p> <p><b>m</b> : Durée de vie</p> <p><b>Z</b> : Pourcentage de poids lourds % PL</p> <p><b>I<sub>CBR</sub></b>: Indice de portance Californien du sol support</p> <p><b><math>\tau</math></b>: taux d'accroissement du trafic(%).</p> <p><b>log</b>: logarithme à base 10</p> <p><b>P</b>: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le trafic.</li> <li>• La durée de vie.</li> <li>• Les données climatiques.</li> <li>• Le sol support de chaussée.</li> <li>• Le risque de calcul considéré.</li> <li>• Les caractéristiques des matériaux.</li> </ul>

#### **IV.5 – Conclusion:**

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement des chaussées, et de mise en œuvre des structures routières pour montre une méthodologie de Dimensionnement des chaussées plus intéressante selon la réglementation algérienne et d'essayer de Proposer une structure de chaussée.

## ***CONCLUSION GENERALE***

---

### **CONCLUSION GENERALE:**

Ce mémoire a présenté les outils essentiels au dimensionnement des chaussées routières la réflexion entreprise ainsi que les résultats obtenus dans le cadre de dimensionnement structural des voiries, et Le but de dimensionnement des chaussées est de concevoir une structure capable de supporter un trafic pour une durée de vie fixée à l'Algérie.

Pour cela il faudra non seulement assurer des bonnes caractéristiques géométriques mais aussi mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie .

Et ce travail ont permis de mettre en place une méthodologie de Dimensionnement des chaussées selon la réglementation et d'essayer de Proposer une structure de chaussée comportant des matériaux ce qui rend le cout de la Construction de la section de la chaussée plus intéressante.

En présentant plusieurs méthodes de conception et de mise en œuvre des structures routières existent. Parmi celles-ci sont usuelles la méthode CBR, celle tenant compte du trafic et la technique dite du catalogue des structures. La plupart de ces méthodes sont empiriques et aboutissent, à la sortie, à des résultats bien distincts et Méthodes théoriques Boussinesq (1885), Westergaard(1925), Burminster(1943), Odemark(1949)

Ces travaux ont donné naissance à plusieurs modèles théoriques de simulation et de conception des chaussées BISAR (Shell) ; ELSYM (FHWA-Berkly) ; VESYS (FHWA) ALIZE (LCPC) ; DAMA (Asphalt Institute)

D'une autre part, ces mêmes méthodes sont plus ou moins adaptées et compatibles pour tel ou tel conditions géotechniques.

Alors, le catalogue est basé sur l'utilisation du modèle multicouche de busmistre (1943), des résultats de laboratoires et des observations réelles afin de fédérer les diverses approches

## ***BIBLIOGRAPHIE***

---

### ***BIBLIOGRAPHI :***

- [1] : Chapitre VIII : Cours de routes Dimensionnement du corps de chaussée (ENSTP 2010)
- [2] : Mekaddem Ali ; Gourari Abdessamie : réhabilitation de la route nationale N 97 entre Sidi Bel Abbes et Mascara sur 19 KM.
- [3] : Derfouf Yousef ; Berrahou Imad Eddine : étude technique et étude managériale d'un projet routier (évitement de la RN47 -A- du PK50+300 jusqu'à Marsa Ben mhidi sur 5KM.
- [4] : Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 3.
- [5] : Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1.
- [6] : Cours de routes (ENSTP) par : M.Boularke.
- [7] : Khair-Eddine Zakaria ; Khasnadji Mounir : Dimensionnement d'une structure de chaussée en utilisant les matériaux locaux.
- [8] : Hamana Halima ; Kouinini Naima : Recherche de l'équivalent sable- cellule en substitution d'une chaussée en tuf compacté.
- [9] : 2IE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement : Etude comparative des différentes techniques de stabilisation en Géotechnique Routière
- [10] : Guide technique pour l'utilisation des matériaux régionaux d'Ile-de-France. Décembre2003.
- [11] : Site Internet [WWW.WIKPEDEA.COM](http://WWW.WIKPEDEA.COM).
- [12] : Nour-Siad IKHLEF (THESE : Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Comportement d'un matériau Sciences) : Comportement d'un matériau routier traité aux liants hydrauliques -Application aux Autoroutes
- [13] : Cours de Remadna M S : Route 2 pour Etudiants en 3<sup>ème</sup> LTP Université de Biskra