

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa



Faculté des Sciences et Technologies
Département hydraulique et Génie Civil

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine: *Sciences ET Technologies*

Filière : *Génie Civil*

Spécialité : *Structure*

Présenté Par: **Bouamer Assia**

Thème

**les méthodes des mesure le module de rigidité des enrobes
au niveau laboratoire**

Soutenu publiquement le :2020/2021

Devant le jury :

Zarzour Ali	Professeur	Univ. Ghardaïa	Examineur
Salhi Imad	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
Boucharba Mohammed	DT	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2020/2021



Remerciements

Avant tout, nous remercions

Allah

Le tout puissant de nous avoir donné puissance et connaissance

Pour réaliser ce travail

*Tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à toute l'équipe de **LTP SUD***

*Et l'équipe **LCT Publique***

Pour le bon accueil qu'ils nous ont réservé tout au long du stage

Et de manière très particulière ; nous exprimons nos chaleureux

Et je remercié l'honorable

Dr. Mohammed BOUCHERBA

Et nos remerciements reviennent aussi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de

Loin pour la concrétisation de ce travail.





Dédicace

Je dédie ce travail achevé avec l'aide du dieu à ceux qui

Je dois mon existence et ma réussite, à ma chère mère

Et mon père

Avec tous ses sacrifices, consolation, amour et tendresse

Que Dieu me protège.

A mes chères sœurs et mon frère

A mes amies qui m'ont accompagné durant ce parcours scolaire.

Et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

BouAmer Assia



ملخص: نظرًا للتطور العلمي الحالي للأساليب التقنية الحديثة في أقسام التصميم والرقابة والجودة، من الضروري تحديث طرق التجارب المخبرية، في عملنا هذا تطرقنا لمجال الطرق، بالتحديد مراقبة ودراسة الخرسانة الإسفلتية من خلال معامل صلابة الذي أجريت على مستوى مخابر مراقبة جودة.

لهذه الغاية قمنا بإجراء تجارب على مستوى مخبرين للأشغال العمومية، الأول مخبر الأشغال العمومية بجنوب البلاد والثاني المخبر المركزي للأشغال العمومية، وذلك للحصول على نتائج قاطعة حول هذه التجربة و العوامل المؤثرة عليها.

لهذا السبب فإن كل هذه القياسات والتجارب تهدف إلى معرفة الإجابة على الأسئلة التالية: هل نتائج التجريبتين في مخبرين متشابهة؟ أم أن هناك عوامل خارجية تؤثر على النتائج؟

ونتيجة لذلك أجرينا تجارب ووجدنا أن النتائج مختلفة ولكن لا تزال ضمن المجال المطلوب والعوامل الخارجية تؤثر عليها هي نسبة الرابطة الإسفلتي في الخرسانة.

كلمات مفتاحية: خرسانة، الضغط، الاستعلاء، مغلفة، رقابة الجودة.

Résumé : Compte tenu du développement scientifique actuel des méthodes techniques modernes dans les secteurs de conception, de contrôle et de qualité, il est nécessaire de mettre à jour les méthodes d'essai, dans notre travail nous concentrant sur le secteur des routes, spécialement le domaine des enrobés bitumineux.

Notre travail traite la méthode de mesure le module de rigidité des enrobés bitumineux au niveau du laboratoire dans les entreprises de contrôle.

Pour cela, nous avons mené des essais au niveau du laboratoire LTPS et LCTP pour obtenir des résultats concluants sur cette méthode et les facteurs influés sur ce dernier.

Pour cette raison, toutes ces mesures et expériences visent à connaître la réponse aux questions suivantes Les résultats des deux expériences dans deux laboratoires différents sont-ils les mêmes ? Y va-t-il des facteurs externes affectant les résultats ?

En conséquence, nous avons mené des expériences et constaté que les résultats sont différents mais toujours dans la plage requise et que des facteurs externes l'influencent dans une certaine mesure tels que le dosage de bitume.

Mots clé : rigidité, Béton, pression, supériorité, stratifié, contrôle qualité.

Abstract: Considering the current scientific development of modern technical methods in the sector of design, control of quality, it is necessary to update the test methods, in our work focusing on the road sector, especially the bituminous mixtures tests.

Our work deals with the method of measuring the stiffness modulus of bituminous mixtures at the laboratory level in control laboratories.

For this, we have conducted tests at the Laboratories LTPS and LCTP to obtain conclusive results on this method and the factors influencing it.

For this reason, all these measurements and experiments aim to know the answer to the following questions: Are the results of the two experiments in two different laboratories the same? Are there any external factors affecting the results?

As a result, we conducted experiments and found that the results are different but still within the required range and external factors influence it to some extent such as bitumen ratio.

Key-words: stiffness, concrete, pressure, superiority, laminate, quality control.

SOMMAIRE

Introduction	2
--------------------	---

Chapitre I : Généralité sur les enrobes

I. GENERALITE SUR LES ENROBES BITUMINEUX	5
I.1.INTRODUCTION	5
I.2. DEFINITION DE L'ENROBE BITUMINEUX	5
I.2.1. COMPOSITION DES ENROBES BITUMINEUX.....	5
II.2.3.1. Classification des liants hydrocarbonés	6
I.2.2. Granulats	7
I.2.3. Rôles des granulats dans l'enrobe.....	7
I.2.4. Classification des granulats	8
I.3.CLASSIFICATION DES ENROBES BITUMINEUX.....	8
I.3.1. Béton bitumineux (BB).....	10
I.3.3. Grave-Bitume (GB)	10
I.3.4. Sable bitume (SB).....	10
I.3.5. Bétons bitumineux à module élevé (BBME).....	10
I.3.6. Enrobe à module élevé (EME).....	11
I.4. CONCLUSION :	11

Chapitre II : Essais sur les enrobes bitumineux

II. ESSAIS SUR LES ENROBES BITUMINEUX	30
II.1. INTRODUCTION :	30
II.2. NIVEAUX DE L'EPREUVE DE FORMULATION	31
II.2.1. NIVEAU 1:.....	31
II.2.1.1. Essai la presse à cisaillement giratoire (PCG)	31
II.2.1.2. Principe d'essai PCG.....	32
II.2.1.3. Réalisation d'essai PCG :	33
II.2.1.4. Type des compacteurs giratoires :	34
II.2.1.6. Essai tenue à l'eau (Essai Duriez).....	37
II.2.1.7. Principe d'essai Duriez.....	37
II.2.1.8. Appareillage :	38
II.2.1.9. Réalisation d'essai Duriez :	39
II.2.1.10. Expression des résultats tenue à l'eau :	41
II.2.2. NIVEAU 2	41
II.2.2.1. Essai d'orniérage	41
II.2.2.2. Principe d'essai orniérage.....	42
II.2.2.3. Types d'ornières :	43
II.2.2.4. Type des ornières :	43

II.2.2.5. Réalisation d'essai d'orniérage :	44
II.2.2.6. Expression des résultats d'orniérage :	46
II.2.3. NIVEAU 3 :	46
II.2.3.1. Définition du module complexe :	47
II.2.3.2. Essai de flexion en deux points sur des éprouvettes trapézoïdales :	49
II.2.3.3. Réalisation d'essai deux points :	50
II.2.3.4. Expression des résultats d'essai module :	52
II.2.4. NIVEAU 4 :	53
II.2.4.1. Essai de fatigue :	53
II.2.4.2. Types d'essai de fatigue :	55
II.2.4.2.1. Essai de flexion 2 points :	55
II.2.4.2.2. Essai de flexion 4 points :	55
II.2.4.3. Réalisation d'essai fatigue :	56
II.2.4.4. Expression des résultats d'essai fatigue :	57
II.3. CONCLUSION :	58

Chapitre III : Caractérisation des matériaux

III.1. INTRODUCTION :	63
III.2. CARACTERISTIQUES DE MATERIAUX :	63
III.2.1. Gravier :	63
a) Analyse granulométrie [NA2670] :	63
b) Masses Volumiques absolues :	64
c) Essai D'absorption d'eau (NF P 18-554) :	64
d) Essai Micro Deval en présence d'eau / MDE (NF P 993-1) :	64
e) Essai de Los Angeles (NA 2670) :	65
f) Essai d'Aplatissement (NF 18 – 561) :	66
III.2.2. Sable :	67
a) Analyse granulométrie [NA 2670] :	67
b) Masses Volumiques absolues :	67
c) Essai D'équivalent De Sable à 10% De Fines (NE 993-1) :	67
III.2.3. Liant hydrocarboné :	68
I.3. Conclusion :	69

Chapitre IV : Résultats et commentaires

IV.1. INTRODUCTION :	71
IV.2. ETUDE DE FORMULATION :	71
IV.2.1. Composition granulaire :	71
IV.3. PREPARATION DE EPROUVETTES :	73
IV.4. ESSAI REALISES :	73
IV.4.1 Principe d'essai :	73
IV.5. Résultat :	74
IV.5. Conclusion :	76

Conclusion Générale	84
Références bibliographiques	83
Annexes	83

Liste des figures

Figure I.1. Classification des enrobes bitumineux	9
Figure II.1. Niveaux de l'épreuve de formulation	30
Figure II.2. Principe de Cisaillement Giratoire	32
Figure II.3. Mécanisme La Presse à Cisaillement Giratoire de Vicksburg.....	35
Figure II.4. Mécanisme à l'appareil français des Ponts et Chaussées.	36
Figure II.5. Présentation des résultats d'essai PCG.	37
Figure II.6. Principe d'essai La tenue à l'eau.	38
Figure II.7. Principe de l'essai d'orniérage	42
Figure II.8. Lustration des différents types d'orniérage	43
Figure II.9. Profondeur d'ornière proportionnelle / nombre de cycles.....	46
Figure II.10. Récapitulatif des principaux essais de module	49
Figure II.11. Les étapes de l'acquisition trapézoïdale.	51
Figure II.12. Isothermes du module complexe	52
Figure II.13. Isochrones du module complexe.....	53
Figure II.14. Définition du critère classique de fatigue	54
Figure II.15. Signal de déplacement symétrique imposé.....	56
Figure II.16. Courbe de Wöhler.	57
Figure III.1. Le courbe granulométrique des graviers.	63
Figure III.2. Le courbe granulométrique de sable.....	67
Figure III.3. Principe d'essai d'équivalent de sable.	68
Figure IV.1. Disposition des courbes granulométriques des constituants.	71
Figure IV.2. Composition granulaire de mélange 0/14.....	72
Figure IV.3. Courbe de mélange.	72
Figure IV.2. Le module de rigidité en fonction dosage en bitume	74
Figure IV.3. Histogramme de module de rigidité pour chaque laboratoire.....	75

Liste des Photos

Photo I.1. Présenté Par :BouAmer Assia	1
Photo II.1. Machine La Presse Cisaillement à Giratoire.....	31
Photo II.2. Malaxage des granulats avec un bitume pur.	33
Photo II.3. Moules et pistons.....	38
Photo II.4. Machine de compression.....	39
Photo II.5. Compactage des éprouvettes	40
Photo II.6. Conservation des échantillons.....	40
Photo II.7. Compression des éprouvettes.....	40
Photo II.8.Machine de l'essai d'orniérage.	42
Photo II.9. Préparation de plaque sur la table de compactage.	44
Photo II.10. Ajuster la plaque et l'appareil d'expérimentation l'orniérage.	45
Photo II.11. Échantillon après procédure de l'essai d'orniérage.	46
Photo II.12. Machine de flexion deux points.	47
Photo II.13. Vérification de l'encastrement.....	50
Photo II.14. Compactage des plaques.	51
Photo II.15. Essai de flexion 2 points sur éprouvette trapézoïdale.....	55
Photo II.16. Appareil d'essai de flexion 4 points	56
Photo III.1. Photo reprise « Analyse granulométrie ».	64
Photo III.2. Photo reprise « Micro-Deval ».	65
Photo III.3. Photo reprise « Los Angeles ».	66
Photo IV.1. L'appareille de mesure de module de rigidité par traction indirect.	73

Liste Des Tableaux

F *Filler*

Tableau. II.1. Exemple des Spécifications relatives au pourcentage de vides	37
Tableau. III.1. Résultat d'essai masses volumiques absolues de graviers.	64
Tableau. III.3. Résultat d'essai D'absorption d'eau.....	64
Tableau. III.2. Résultat d'essai Micro-Deval.....	65
Tableau. III.3 : Résultat d'essai Los Angeles.	65
Tableau. III.4 : Résultats d'aplatissement des graviers.	66
Tableau. III.6 : Résultat d'essai masses volumiques absolues de sable 0/3.	67
Tableau. III.7 : Résultats d'équivalent de sable.....	68
Tableau. III.8 : Caractérisations du liant.....	68
Tableau. IV.1. Résultat de module de rigidité	74

<i>s</i>	Sable fin
<i>S</i>	Sable grossier
<i>G</i>	Gravier
<i>K</i>	Module de richesse
Σ	Surface spécifique
<i>TL</i>	Teneur en liant
<i>M_{J+l+k}</i>	Masse des éprouvettes après k jours d'immersion dans l'eau, exprimée en grammes
<i>J</i>	Jours
<i>M</i>	Masse des éprouvettes
<i>I</i>	Résistance à la compression avec immersion à 18°C en Kg/cm ²
<i>C</i>	Résistance à la compression sans immersion à 18°C en Kg/cm ²
<i>h_{min}</i>	La hauteur minimale correspondent un pourcentage de vide = 0 %
<i>H</i>	Hauteur des éprouvettes
<i>D</i>	Diamètre
<i>MVR</i>	Masse Volumique Réel
<i>MVA</i>	Masse Volumique Apparente
<i>V</i>	Pourcentage de vide
<i>PCG</i>	Presse Cisaillement Giratoire
<i>M_{ij}</i>	Déformation local en mm
<i>M_{ij0}</i>	La mesure initiale à l'emplacement
<i>P_i</i>	le pourcentage de profondeur d'ornièrre mesurée (%)
<i>E*</i>	Module complexe
<i> E* </i>	Module de rigidité
ϕ	Angle de phase
<i>E1</i>	Module d'élasticité dynamique
<i>E2</i>	Module de perte
<i>E₀</i>	Module de rigidité initiale avant fatigue
<i>S</i>	la sollicitation imposée (contrainte ou déformation imposée)
<i>N</i>	la durée de vie correspondante
\mathcal{E}	La déformation correspondant une rupture à 1 millions cycles
\mathcal{E}_0	La déformation correspondant une rupture à 1 millions cycles
<i>MDE</i>	Micro-Deval
<i>LA</i>	Los Angeles
<i>ES</i>	Essaie D'équivalent De Sable

Liste Des Symboles

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Les routes sont une source importante pour l'économie des pays. En plus du rôle social qu'elles jouent en reliant les régions et les civilisations, leur rôle économique est primordial, car c'est l'un des piliers les plus importants du transport des personnes et des marchandises, que ce soit à l'intérieur du pays lui-même ou entre les pays.

C'est pourquoi on lui accorde de l'importance dans sa mise en place depuis les processus d'étude, de contrôle et de suivi jusqu'à la réalisation, et chacune de ces étapes dépend de données techniques qui doivent être précises pour réaliser une étude appropriée, et l'une de ces étapes est l'étude de la technologie, qui vise à déterminer l'épaisseur de chaque couche de la chaussée (roulement, base, fondation, couche de forme) La détermination de l'épaisseur d'une seule couche dépend des caractéristiques techniques de la couche et des matériaux qui la composent .

L'épaisseur est déterminée en fonction de deux propriétés de base, à savoir la résistance à l'effondrement et le module de dureté. Au cours de cette étude, nous examinerons les méthodes de mesure du module de rigidité et l'effet du rapport de liaison sur celui-ci.

Des expérimentations ont été menées sur des échantillons de béton bitumineux préparés en laboratoire, puis la même expérimentation a été réalisée sur des échantillons dans les deux laboratoires. Cette recherche sera présentée pour étudier l'effet du ratio d'adhérence de l'asphalte sur le facteur de dureté, et comparer les résultats entre les deux laboratoires.

Nous concentrerons ce travail sur des chapitres où :

CHAPITRE I : présentera des généralités sur le béton bitumineux

CHAPITRE II : présentera les différentes expérimentations menées sur du béton bitumineux

CHAPITRE III : présentera les propriétés physiques et mécaniques des matériaux utilisés.

CHAPITRE IV : sera consacré à la présentation et à la discussion des résultats

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LES ENROBES BITUMINEUX

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES ENROBES

I. GENERALITE SUR LES ENROBES BITUMINEUX

I.1.INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous allons présenter une généralité sur les enrobés bitumineux, ce produit compose un liant bitumineux et ensemble des granulats, ce chapitre va présenter un aperçu sur ces constituants et leur propriété.

I.2. DEFINITION DE L'ENROBE BITUMINEUX

Le béton bitumineux est un matériau composite constitué d'un mélange de granulés (gravier, sable, fines) et d'un liant hydrocarboné (bitume, éventuellement additifs) les granulats assurent la structure rigide de bitumineux et le bitume assure la cohésion et est responsable du caractère visqueux [KHENGAOUI.S ;2013].

Chacun de ces deux composants est défini par ses caractéristiques rhéologiques et mécaniques. La connaissance de ces caractéristiques permet d'obtenir une bonne tenue du mélange bitumineux [KHENGAOUI.S ;2013].

I.2.1. COMPOSITION DES ENROBES BITUMINEUX

Les enrobés bitumineux à deux composants principales pour formuler, le liant hydrocarboné et les granulats.

a) Liants hydrocarbonés

Les liants hydrocarbonés jouent un rôle important dans la technologie routière moderne ; connu et utilisé de longue date, les propriétés d'adhérence et d'imperméabilité des bitumes naturels et de l'asphalte sont connues depuis l'émergence de la civilisation .

Le mot "liant" peut être défini comme une substance qui sert à apporter ensemble de manière durable, généralement des particules solides ; l'adjectif « hydrocarbure » désigne l'assemblage d'atomes de carbone et d'hydrogène .

La substance ajoutée aux particules solides développe des forces d'adhésion et de cohésion au sein d'un mélange, assurant une certaine rigidité et résistance à la déformation en traction, résistance à la compression et résistance au cisaillement [KHENGAOUI.S ; 2013].

Les liants hydrocarbonés peuvent être divisés en trois types : les liants naturels, les goudrons et le bitume.

b) Les liants naturels,

Ils peuvent trouver à l'état naturel comme le bitume naturel ou la roche asphaltique, souvent en combinaison avec des minéraux

matériaux. Et ils sont connus et utilisés depuis des temps très anciens. [KHENGAOUI.S ; 2013].

Continu : il s'agit de roche poreuse, généralement calcaire, qui est profondément imprégnée de liant hydrocarboné. Elle est connue sous le nom de roche asphaltique et, une fois broyée.

Dispersé : il s'agit de bitume naturel dans lequel les minéraux se présentent sous forme de poudre dispersée dans le liant.

La teneur en minéraux est très variable

c) Les goudrons, Les goudrons sont produits par pyrogénéation de matières végétales telles que le lignite, la tourbe ou le bois dans un environnement sans air. Le charbon est la principale source; auquel cas le terme correct à appliquer est « goudron de houille » (2).

d) les bitumes, Le bitume de pétrole, normalement appelé « bitume » ou « asphalte », est produit par raffinage du pétrole brut. Utilisé comme liant dans les produits de construction routière, c'est un matériau très visqueux, noir ou brun foncé. Le pétrole brut est pompé des réservoirs de stockage, où il est maintenu à environ 60°C, à travers un système d'échangeur de chaleur où sa température est augmenté [KHENGAOUI.S ; 2013].

Lors de l'application de chaleur sur le bitume, il est visqueux, mais il se solidifie une fois refroidi. Par conséquent, le bitume fonctionne comme liant/colle pour des morceaux de granulat [KHENGAOUI.S ; 2013].

II.2.3.1. Classification des liants hydrocarbonés

L'ensemble des liants hydrocarbonés comprend trois groupes principaux :

- Les bitumes et leurs dérivés anhydres
- Les émulsions de bitumes

• **Bitume pur** C'est un produit solide ou mou obtenu par raffinage de butes pétroliers et ne comportant aucun ajout ;

- **Bitume fluidifié** Bitume mélange avec un diluant plus ou moins volatil, provenant de la distillation du pétrole ;
- **Bitume modifié** Bitumes précédents avec ajout de substances le plus souvent macromoléculaires autres que les fines minérales ou les additifs d'adhésivité.
- **Bitume fluxé** Bitume ramolli par l'addition d'une huile de fluxage de faible volatilité provenant de la distillation du goudron de houille ;
- **Bitume fluxé mixte** Bitume pur dont on a diminué la consistance par incorporation de produits provenant de la distillation du pétrole pour au moins 50% des ajouts, et de la distillation du goudron de houille ;
- **Bitume composé Comportant** au moins 50% de bitume et se subdivisant en :

Bitume-goudron : mélange de bitume pur et de goudron de houille ;

Bitume -brais: mélange de bitume pur et de brais de houille. Les goudrons ont une température d'équivalence (TEV) < 60 °C ou un point de ramollissement (BA) < 40°C.

Emulsions de bitume L'émulsion de bitume est une dispersion de bitume dans l'eau formée par emploi d'une énergie mécanique de cisaillement de liant et d'un agent tensio-actif mécanique. Les liants débrassés peuvent être des bitumes purs ou modifiés, éventuellement fluidifiés fluxés.

I.2.2. Granulats

Agrégat est un terme collectif pour les matériaux minéraux tels que le sable, le gravier et la pierre concassée qui sont utilisés avec un liant (tel que l'eau, le bitume, le ciment Portland, la chaux, etc.) pour former des matériaux composés (tels que le béton bitumineux et le béton Portland béton de ciment) [Bitume Québec ; 2008].

I.2.3. Rôles des granulats dans l'enrobé

Les granulats utilisés dans les enrobés en couche de roulement jouent un rôle de première importance dans le phénomène d'adhérence pneu – chaussée. Sous l'effet de la circulation, les granulats en surface tendent à se polir plus ou moins rapidement selon leur nature et leur composition minéralogique.

À court ou à moyen terme, selon la densité du trafic, la chaussée peut devenir glissante. Ce aspect fait l'objet de recherches en laboratoire et sur la route dans le but de déterminer les textures de surface et les compositions minéralogiques des matériaux granulaires afin d'obtenir des mélanges bitumineux rugueux qui répondent aux conditions exigées.

Ainsi les caractéristiques de surface et de forme des granulats influençant le lien bitume-granat, la maniabilité et la performance des enrobés bitumineux ; Certains phénomènes

d'orniérage ou de des enrobages peuvent s'expliquer par l'interaction entre le bitume et les granulats ou d'après la forme des granulats.

Les granulats utilisés dans la confection des enrobés bitumineux doivent donc répondre à des critères de qualité et à des caractéristiques propres à chaque usage [KETTAB R. B et J.M. FLEUREAU ; 2002].

I.2.4. Classification des granulats

Les granulats sont classifiés en différentes classes granulaires selon la taille des éléments.

Une classe granulaire (d/D) est répertoriée par la taille du plus petit grain « d » et du plus gros-grain « D » ; la taille est exprimée en millimètre. Il est admis qu'une fraction granulaire peut comporter jusqu'à 15% de matériaux excédentaires supérieurs.

On peut distinguer les classes granulaires suivantes :

- | | | |
|----------------------|------|--|
| • Les fines 0/D | avec | $D \leq 0,063 \text{ mm}$ |
| • Les sables 0/D | avec | $D \leq 2\text{mm}$ |
| • Les gravillons d/D | avec | $d \geq 2 \text{ mm et } D \leq 31,5 \text{ mm}$ |
| • Les cailloux d/D | avec | $d \geq 20 \text{ mm et } D \leq 80 \text{ mm}$ |
| • Les graves 0/D | avec | $D \leq 80 \text{ mm}$ |

Les charges sont la fraction granulométrique d'un agrégat qui passe le tamis de 0,063 mm. [CORTE ET DIBENEDETTO 2005].

Le mélange de la charge avec le liant est le paramètre qui donne à l'asphalte sa stabilité, et l'épaisseur du film de mélange est caractérisé par un critère appelé module de richesse.

La propreté de la charge, notamment sa faible teneur en argile, est essentielle pour assurer une bonne tenue mécanique performance. [CORTE ET DI BENEDETTO 2005].

I.3.CLASSIFICATION DES ENROBES BITUMINEUX

Les enrobés bitumineux sont des matériaux résultant d'un mélange de granulats et d'un liant hydrocarboné. L'agrégat de reliure mélange obtenu est constitué de trois phases (4)

- La phase solide : représentée par le squelette granulaire ;
- La phase visqueuse : représentée par l'apport du liant qui assure la cohésion ;
- La phase gazeuse : représentée par le pourcentage de vides d'air contenus dans le mélange.

Chapitre I : Généralité sur les enrobés

L'évolution des techniques tant dans le génie civil que dans l'industrie a conduit au développement de types de Mélanges de bitumineux, dont chacun doit répondre à un cahier des charges précis. Types de mélanges pour bétons bitumineux AC

selon EN 13108-1 (6) :

- AC-BBSG (Béton bitumineux pour couche de surface et liant)
- AC-BBME (Béton bitumineux à haut module pour couche de surface et liant)
- AC-BBM (Béton bitumineux couche mince)
- AC-BBA (Béton bitumineux pour surface et couche de liant pour aéroport)
- AC-GB (Graves-Bitume),
- AC-EME (Béton bitumineux à haut module pour couche de base).

Et de la même manière, pour les autres types de matériaux :

- BBTM (béton bitumineux en couche très mince)
- PA-BBDr (Asphalte Poreux – Béton Bitumineux Drainant)

Le schéma suivant nous aide à connaître les principales différences entre ces plusieurs types :

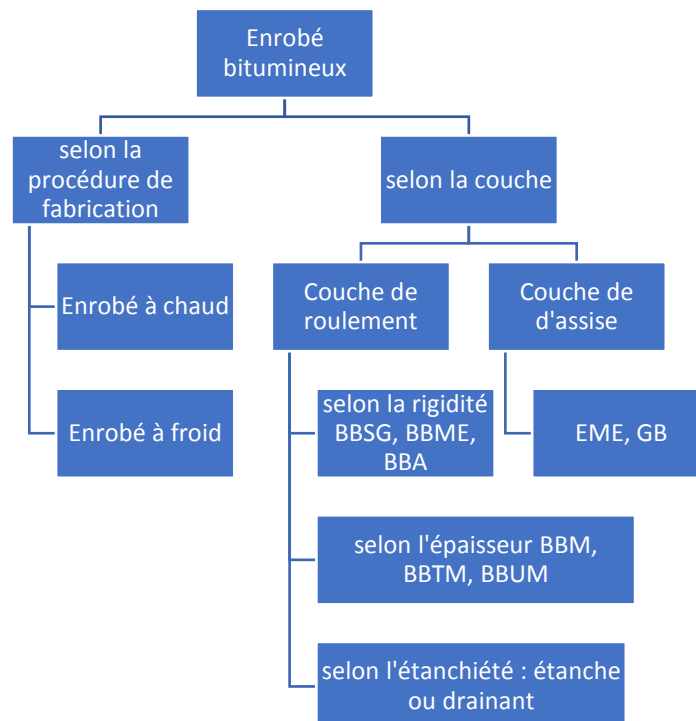


Figure I.1. Classification des enrobés bitumineux [HACHANI. M, DAAS. D ; 2013].

I.3.1. Béton bitumineux (BB)

Le béton bitumineux (BB) est un mélange à granularité continue se composant de gravillons, de sable, de filler, de liant bitumineux et d'additifs éventuels.

Les classes granulaires des bétons bitumineux retenues dans le présent cahier des charges sont les suivantes : BB 0/8, BB 0/12, BB 0/14 [CDC-ENR05;2005].

Leur domaine d'utilisation est dirigé vers :

- Ce type de matériau est bien adapté aux couches de surface des chaussées à fort trafic en raison des bonnes caractéristiques mécaniques. Il est aussi bien utilisé pour les chaussées neuves qu'en renforcement.
- Selon le type, il convient pour couche de roulement ou couche de liaison de routes, autoroutes et aérodromes. Il est fabriqué, mis en œuvre et compacté à chaud [CTTP ;2004].

I.3.3. Grave-Bitume (GB)

La grave-bitume (GB) est un mélange à granularité continue 0/20 se composant de granulats, de sable, de filler, de liant bitumineux et d'additifs éventuels.

Elle est appropriée pour couche de base de routes, autoroutes et aérodromes. Elle est fabriquée, mise en œuvre et compactée à chaud et assure la portance de la chaussée et la répartition des charges du trafic transmis par les couches de surface. Elle sert aussi à établir le profil souhaité de la chaussée respectivement comme couche de reprofilage [CDC-ENR05 ;2005].

Leur domaine d'utilisation est dirigé vers :

- La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation).
- Réseau RP1 : Classes de trafic TPL3 à TPL7 [CTTP ; 2004].

I.3.4. Sable bitume (SB)

Le sable bitume est un mélange d'un ou plusieurs sables avec du 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 [CTTP ; 2001].

Leur domaine d'utilisation est d'emploi en couche de base pour les chaussées du réseau principal de niveau 2, il est aussi utilisé comme couche anti – ramant des fissures [CTTP ; 2004].

I.3.5. Bétons bitumineux à module élevé (BBME)

Le cas de notre étude, les BBME sont obtenus à partir d'un mélange de bitume pur ou modifié, de granulats fabriqués dans une centrale d'enrobage. Ils se caractérisent par un module de rigidité « E » plus élevé que les enrobés classiques et par une bonne tenue à l'orniérage. [CTTP ; 2004].

Ce enrobé est destiné aux couches de roulement des routes nationales et régionales empruntées par un trafic moyen et dense.

Les BBME permettent une meilleure résistance à l'orniérage. Ils s'appliquent sur des épaisseurs de 5 à 7 cm pour les BBME 0/10 et 6 à 9 cm pour les BBME 0/14 [CTTP ; 2004].

I.3.6. Enrobe à module élevé (EME)

Ce mélange est destiné aux couches de liaison soumises à un trafic lourd (principalement pour diminuer l'orniérage) ; Ce sont des Enrobes préparés à partir d'un mélange de liant hydrocarboné, de granulats et/ou d'additifs minéraux ou organiques, dosés, chauffés et malaxés dans une installation appelée centrale d'enrobage. Ils sont destinés à la réalisation des assises dans le cadre de travaux neufs ou de renforcement de chaussées.

Ils se caractérisent par un module de rigidité élevé atteignant 17000MPa et une plus grande résistance à la fatigue que les enrobés classiques [DJABRI. A et HAMMANA. A ; 2016].

On distingue deux classes de performance classe 1 et classe 2. Les granularités utilisées sont 0/10, 0/14 et 0/20 [DJABRI. A et HAMMANA. A ; 2016].

Chaque type d'EME comprend deux classes granulaires qui diffèrent entre elles notamment par leur teneur en liant et la dureté. On distingue [DJABRI. A et HAMMANA. A ; 2016] :

- ❖ **EME Classe 1** : correspond à des graves bitumes à module élevé obtenues par l'emploi d'un bitume dur, aux dosages voisins de ceux des graves bitumes (GB).
- ❖ **EME Classe 2** : correspond à un enrobé à module élevé comportant, de plus, un très bon comportement en fatigue, du fait du dosage élevé en bitume dur, généralement parlant de l'EME.

Les types des enrobes mentionnés au-dessus les plus connus et utilisés en Algérie, restent entre autres types des enrobes tels que drainant, aéronautique...etc.

I.4. CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous trouvons plusieurs types d'enrobés tels GB, EME et nous présentons les différentes utilisations, nous avons continué notre étude avec un BB 0/14, c'est le plus utilisé en Algérie (cas des couches de roulement).

CHAPITRE II
ESSAIS SUR LES ENROBES
BITUMINEUX

II. ESSAIS SUR LES ENROBES BITUMINEUX

II.1. INTRODUCTION :

Les propriétés mécaniques et physiques des matériaux bitumineux peuvent être déduites de l'analyse des résultats d'essais en laboratoire. Lorsqu'ils sont utilisés pour la mesure, ces tests normalisés sont effectués dans des conditions de température et de contrainte bien définies. Elle est réalisée sur des échantillons de laboratoire préparés ou prélevés sur place.

Le niveau de travail de formulation dépend généralement du type de chaussée, du niveau de contrainte sur la chaussée et de la taille de la zone.

La plupart des mélanges nécessitent au moins deux niveaux de recherche, à l'exception des mélanges à haut module, que la norme EN 13108-1 guide vers un travail de niveau 4.

Les différents tests présentés ci-dessous permettent de tester les propriétés du revêtement de la formule selon les normes applicables [I.HACHANI, D. DAAS ; 2013].

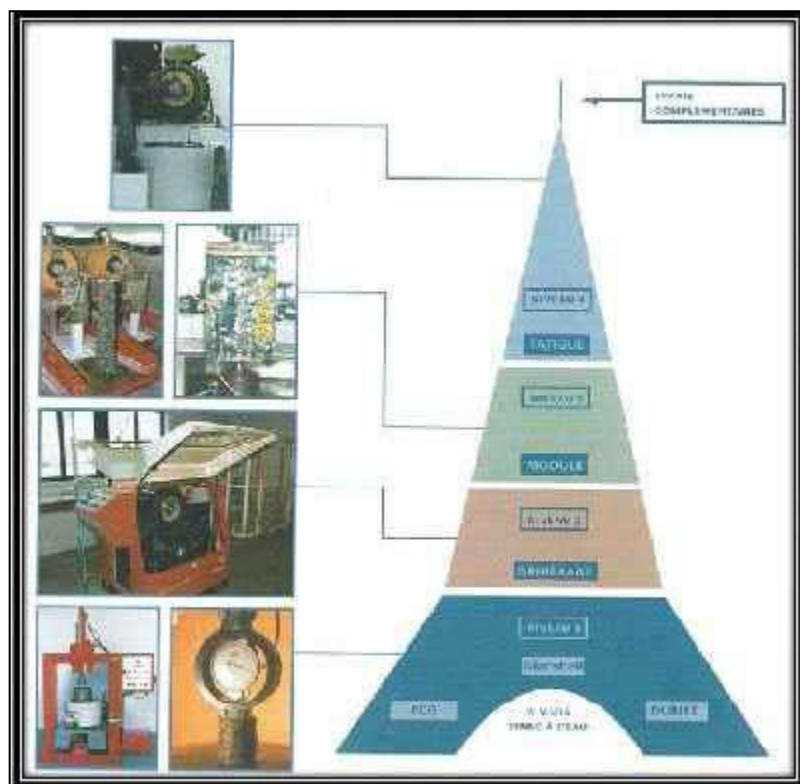


Figure II.1. Niveaux de l'épreuve de formulation [I.HACHANI, D. DAAS ; 2013].

II.2. NIVEAUX DE L'ÉPREUVE DE FORMULATION

II.2.1 NIVEAU 1:

Le mélange doit satisfaire une fenêtre de pourcentages de vides dans le test Gyrotory Shear Press ainsi que le seuil de résistance à l'eau [J.L. DELORME et al. 2007].

A l'exception du niveau 0, ce niveau est commun à tous les événements. Dans le cas d'applications à faible charge, le niveau 1 peut être suffisant sans tests supplémentaires. La résistance à l'eau est mesurée selon EN 12697-12. [J.L. DELORME et al. 2007].

II.2.1.1. Essai la presse à cisaillement giratoire (PCG)

Le compactage des mélanges bitumineux est une opération importante en technologie routière, car il garantit la durabilité du revêtement et influence ses caractéristiques mécaniques et sa résistance aux agents physiques extérieurs. En laboratoire, cependant, les méthodes de compactage les plus courantes et les plus simples ne sont que de maigres simulations de ce qui se passe au travail. Le compactage par impact selon la méthode Marshall repose sur un principe différent du travail réalisé sur site, les éprouvettes obtenues ont un squelette minéral, qui s'arrête très souvent lors du compactage en cambrant les particules granulaires [J.L. DELORME et al. 2007].



Photo II.1. Machine La Presse Cisaillement à Giratoire.

II.2.1.2. Principe d'essai PCG

Un mélange d'hydrocarbures préparé en laboratoire est placé, détendu et à la température d'essai (de 130°C à 160°C environ) dans un moule cylindrique de 100, 150 mm ou 160 mm de diamètre. Une pression verticale de 0,6 MPa est appliquée au sommet de l'éprouvette. Dans le même temps, l'éprouvette est inclinée d'un petit angle de l'ordre de 0,82° et soumise à un mouvement circulaire. Ces différentes actions exercent un compactage par pétrissage.

On observe l'augmentation de la compacité (diminution du pourcentage de vides) en fonction du nombre de ronds-points [J.L. DELORME et al. 2007].

Pour mesurer la compactabilité, un critère indique la capacité de compactage des matériaux, deux méthodes peuvent être utilisées. Tout d'abord, au moins deux échantillons sont compactés à différents niveaux d'énergie de compactage avant que leur densité apparente ne soit mesurée. La seconde, une seule éprouvette est utilisée, dont l'augmentation de densité est déterminée à chaque phase de compactage en fonction de la diminution d'épaisseur. (Figure II.2) [NF EN 12697-10, 2003].

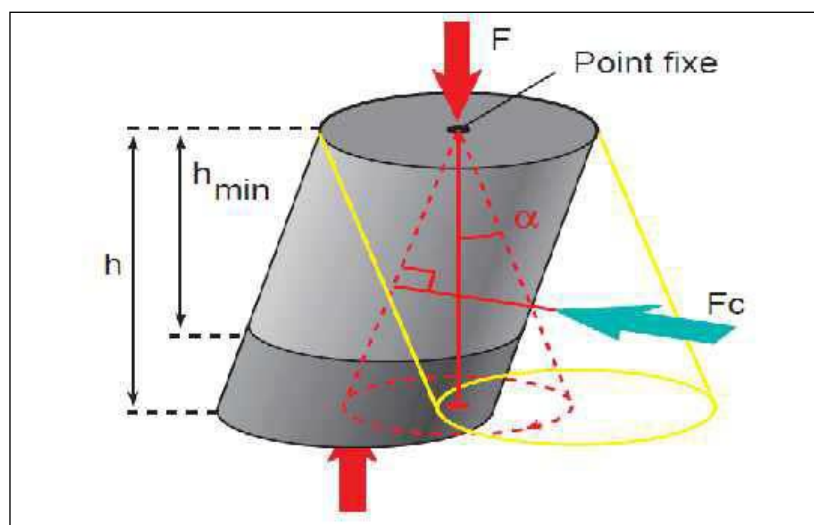


Figure II .2. Principe de Cisaillement Giratoire [CST COLAS ; 2006].

- **H_{min}** : hauteur minimale pour 0 % de vide ;
- **H** : hauteur apparente pour N girations ;
- **F** : force axiale ;
- **F_c** : force de cisaillement ;
- **α** : angle d'inclinaison.

Note : Les deux méthodes peuvent être utilisées au but de déterminer la compactabilité pour le cas compactage par impact comme dans l'essai Marshall.

Seule la seconde est utilisée pour le compactage giratoire et seule la première est utilisée pour le compactage par vibration.

Une courbe pourcentage de vides en fonction de l'énergie de compactage est établie. L'énergie de compactage se caractérise, dans le cas du damage, par le nombre de coups, dans le cas du compactage giratoire, par le nombre de girations et, dans le cas du compactage par vibration, par le temps de vibration en secondes.

Une équation mathématique est déduite des résultats expérimentaux et les paramètres de cette équation caractérisent la compactibilité du mélange [NF EN 12697-10 ;2003], l'équation pour le cas de la presse cisaillement giratoire est mentionnée dans le titre, expression de résultats de cette partie.

II.2.1.3. Réalisation d'essai PCG :

- Les matériaux sont préchauffés dans une étuve ainsi les accessoires de malaxage et le moule de compactage ;
- Le technicien place les granulats préchauffés dans la une boule ou un bac sur le balance ;
- Puis en ajout la masse de bitume chaud a le mélange (granulat sec chaud + bitume chaud) ;
- Un malaxage est effectué (Photo II.2) jusqu'à dis que les granulats sont bien enrobés de bitume.



Photo II.2. Malaxage des granulats avec un bitume pur.

- Le mélange confectionné à chaud est alors prêt à être compacté, puis technicien le verse dans le moule préchauffé ;

- Le compactage doit débiter à une température qui diffère tout au plus de 5°C par rapport à la température de compactage pré-scripte dépend du mélange ;
- L'appareil applique une pression de 0.6 MPa, et une inclinaison de 0.82 ° de moule pour exercer un compactage par pétrissage, au moment de chaque rotation un nombre des mesures de hauteur sont effectuées.

II.2.1.4. Type des compacteurs giratoires :

a) La presse à compactage giratoire de Vicksburg : Cet appareil, dont le prototype date de la fin des années cinquante, est le premier qui a été commercialisé, la figure II.3 montre la vue en coupe de ce compacteur.

- Le moule A est rempli d'enrobe chaud qui est maintenu à sa température, à l'aide d'une enceinte chauffante avec des résistances électriques. Le moule est placé dans un mandrin dont la bride sert de piste de roulement à deux galets C et D.

- Le vérin E, fixe, et le vérin F, mû hydrauliquement, sont appliqués respectivement sur les faces supérieures et inférieures du moule, ils soumettent le mélange à une pression statique qui est maintenue constante pendant tout l'essai.

- Un moteur électrique fait tourner la partie supérieure autour de son axe vertical à la vitesse de 10 RPM.

- Les galets C et D entraînés à cette vitesse par la partie supérieure de l'appareil, avec laquelle ils sont solidaires, exercent en circulant sur la bride des forces de contact, créant un couple dont les points d'application se déplacent avec l'attelage mobile.

- L'axe du mandrin prend alors une inclinaison par rapport à la verticale et la valeur de cet angle peut être choisie en agissant sur la position du galet inférieure.

- Ce mouvement est rendu possible grâce à la plaque métallique G qui est séparée du vérin supérieur E par une butée à billes. Cette plaque peut se déplacer légèrement dans le plan horizontal tout en transmettant à l'enrobe des pressions verticales. Grâce à ce degré de liberté l'échantillon d'enrobe reste solidaire des mouvements du mandrin et pourra subir des déformations en cisaillement.

Cet appareil enregistre la compacité de l'échantillon par sa variation de hauteur durant le compactage, l'angle d'inclinaison, et le nombre de rotations. La lecture du manomètre est visuelle. [J.C. MOREUX ; 1987]

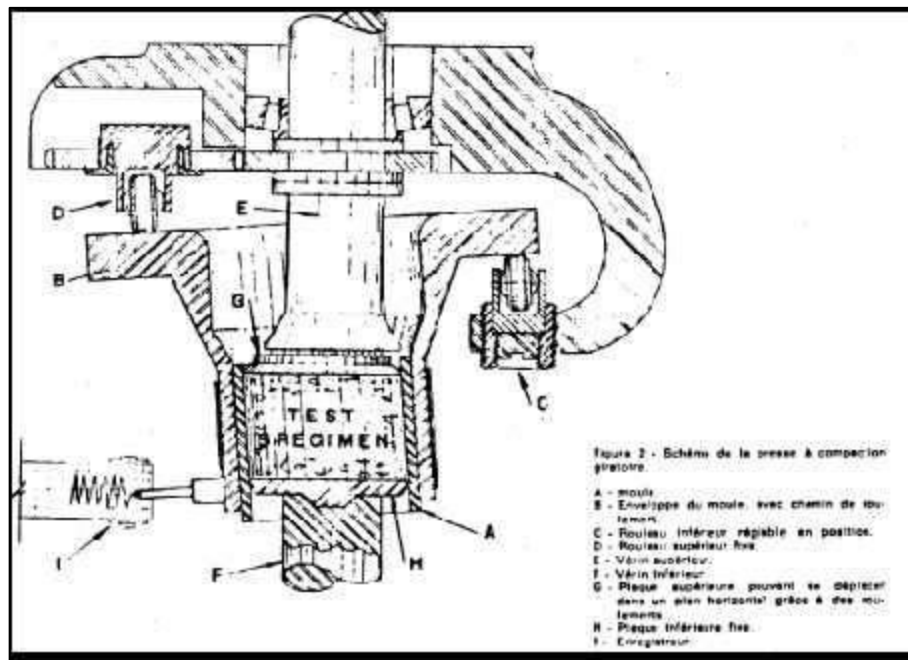


Figure II.3. Mécanisme La Presse à Cisaillement Giratoire de Vicksburg. [J.C. MOREUX ; 1987]

b) L'appareil français des Ponts et Chaussées :

Cet appareil a été commercialisé vers 1974 et le schéma le représentant se trouve à la figure II.4. Le corps de l'appareil est constitué par un moule contenant l'enrobre dans une enceinte chauffante thermostat. Cette enceinte est réglée par un système de thermocouples. Les organes suivants complètent la presse :

- Le vérin d'inclinaison provoquant une inclinaison de l'éprouvette autour de l'axe perpendiculaire à la coupe de la figure, et passant par le centre de la section de la face inférieure du moule ;
- Le système d'entraînement de l'appareil qui est une couronne dente ;
- Le piston supérieur fixe et le nez du second vérin appliquant la pression statique de compactage.

Si on applique, à l'aide du vérin d'inclinaison une force F dirigée vers le haut, on provoque une rotation de l'éprouvette dans le plan vertical passant par cet axe et plaignant l'angle d'inclinaison dans ce plan.

Cet appareil peut fonctionner à angle affiché constant (angle fixe), ou bien à pression d'inclinaison constante (angle variable).

Dans le premier cas le vérin d'inclinaison est utilisé comme un organe de longueur constante provoquant un angle constant dans le plan de l'axe de l'éprouvette et celui de l'axe du vérin d'inclinaison. Cet angle se trouve libre et donc variable dans les autres plans verticaux.

Dans le second cas, le vérin d'inclinaison exerce une force constante et provoque un angle d'inclinaison variable dans le plan décrit. [J.C. MOREUX ; 1987]

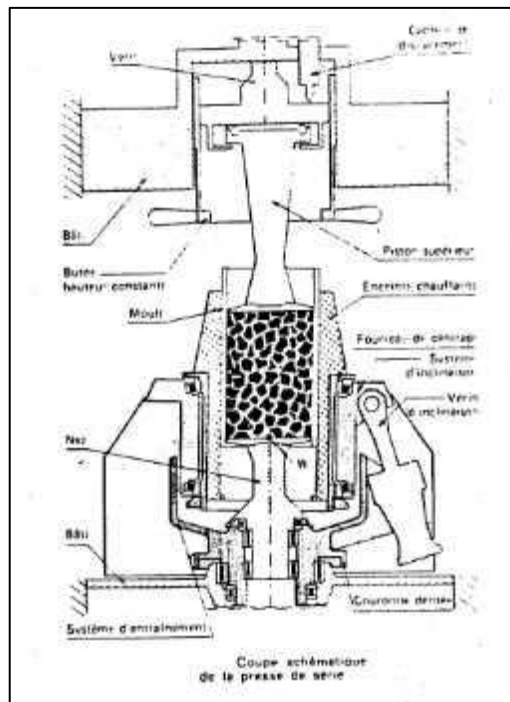


Figure II.4. Mécanisme à l'appareil français des Ponts et Chaussées.[J.C. MOREUX ; 1987]

II.2.1.5. Expression des résultats de PCG : La variation du pourcentage de vides de l'éprouvette compactée en fonction de l'énergie de compactage [14] est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$v(n) = v_1 - k \cdot \ln(n)$$

Avec :

v(n) : est le pourcentage de vides pour un nombre de girations, ng, exprimé en pour cent (%) ;

v₁ : est le pourcentage de vides calculé pour une giration ;

k : est la compactibilité (pour la méthode utilisant un compacteur giratoire) ;

n : est le nombre de girations.

Calculer les 2 paramètres de l'équation, et K, par la méthode des moindres carrés sur les données expérimentales et pour un nombre de girations supérieur ou égal à 20 avec une régression linéaire dans laquelle **n** et **v(n)** sont respectivement les variables indépendante et dépendante.

Exprimer le pourcentage de vides, à un chiffre après la virgule et la compactibilité, K, à deux chiffres après la virgule, [12697 – 31, 2003] et le résultat sera présenté sous forme de courbe.

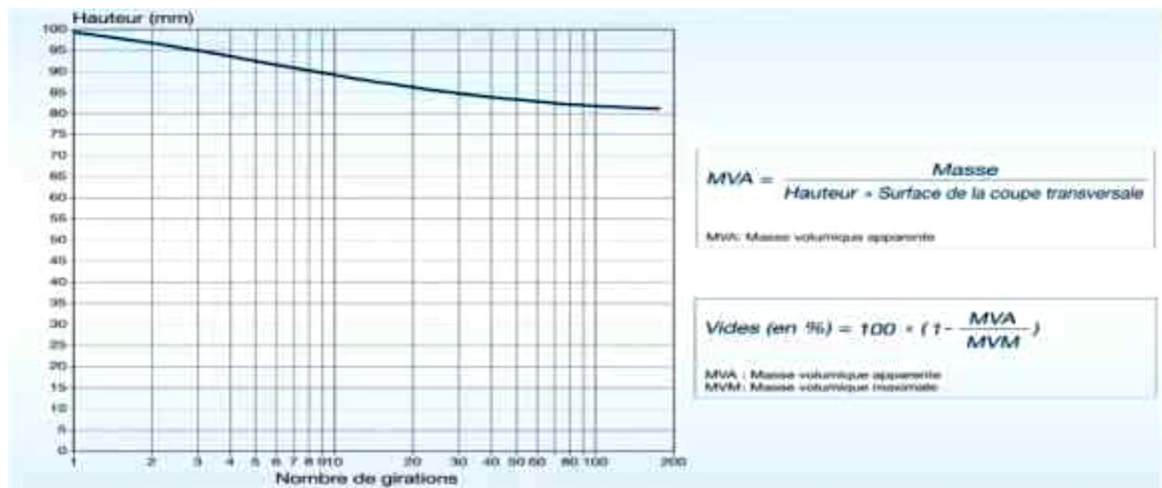


Figure II.5. Présentation des résultats d’essai PCG.

Tableau II.1. Exemple des Spécifications relatives au pourcentage de vides.
[EN 13108-1]

Type d’enrobés	Spécification PCG à ‘n’ giration		Spécification à 10 girations (%)
	Nombre de giration « n »	Pourcentage de vide (%)	
EB 10 – BBME	60	5 à 10	≥ 11
EB 14 – BBME	80	4 à 9	

II.2.1.6. Essai tenue à l'eau (Essai Duriez)

L’étanchéité est généralement mesurée par le test Duriez selon la norme française. La normalisation européenne a adopté deux méthodes d’essai, la compression diamétrale et la compression simple qui est dérivée de l’essai de Duriez.

Ces deux modalités donneraient des résultats équivalents, mais la respectabilité et la reproductibilité du test en compression simple (test de Duriez) sont pratiquement deux fois meilleures que celles du test en compression diamétrale.[J.L. DELORME et al., 2007] .

II.2.1.7. Principe d’essai Duriez

Les échantillons nécessaires à la réalisation de l’essai sont réalisés par compactage statique double effet. Les éprouvettes sont soumises au test de compression après stockage à 18°C dans des conditions définies, à l’air pour certaines éprouvettes, en immersion pour d’autres pendant 7 jours. L’étanchéité est caractérisée par le rapport des résistances avant ou après immersion (Figure. II.3) [NF P 98-251-1 ; 2002].

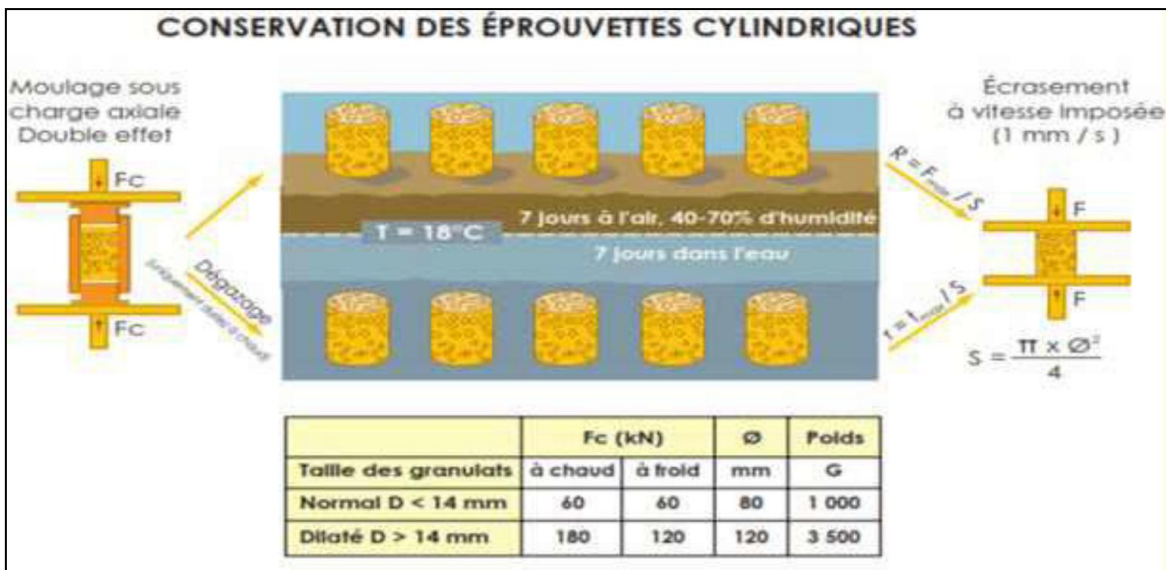


Figure II.6. Principe d'essai La tenue à l'eau.

II.2.1.8. Appareillage :

Les appareillages du l'essai duriez compose deux partie, l'un qu'est les moules et les piste ce derniers varie selon la granulométrie du mélange devra tester (Dmax) (Photo II.3).

- 80 mm par D max < 14 mm ;
- 120 mm par D max D ≥ 14 m.
-



Photo II.3. Moules et pistons.

Une deuxième partie c'est la presse avec une vitesse de 1mm/s qui presse permettant le compactage à double effet (Photo II.4). [NF P 98-251-1 ; 2002]



Photo II.4. Machine de compression.

II.2.1.9. Réalisation d'essai Duriez :

Le mélange hydrocarboné préparé en laboratoire, est placé, dans un moule cylindrique.

- 1 000 g \pm 1 g dans le cas des mélanges hydrocarbonés de $D < 14$ mm ;
- 3 500 g \pm 3,5 g dans le cas des mélanges hydrocarbonés de $D \geq 14$ mm.

Le compactage des éprouvettes doit être réalisé par double effet :

- D'une charge de 60 KN pendant 5 min sur chaque éprouvette pour les mélanges hydrocarbonés de $D < 14$ mm (Photo II.4) ;
- D'une charge de 180 KN pendant 5 min sur chaque éprouvette pour les mélanges hydrocarbonés de $D \geq 14$ mm ;

Les échantillons d'essai doivent être placés après l'enlèvement du moule à 18 ° C pendant une période de 07 jours, de sorte que certains échantillons doivent être de l'eau (100% humidité) tandis que d'autres doivent être des échantillons d'air (50% humidité) (Photo II.5).



Photo II.5. Compactage des éprouvettes



Photo II.6. Conservation des échantillons.

- Extraire les échantillons après 07 jours et appliquer une force de compression à l'effondrement (figure III.14).



Photo II.7. Compression des éprouvettes.

II.2.1.10. Expression des résultats tenue à l'eau :

Les résultats de l'essai sont la simple résistance à la compression à une température de 18 °C, avec ou sans immersion, est le rapport de la charge maximale à la section transversale circulaire des échantillons. Elle est exprimée en mégapascals et représente la moyenne de quatre ou cinq mesures, selon la dimension D du mélange d'hydrocarbures testé.

On détermine également le rapport de la résistance avec immersion (i) à la résistance sans immersion (C) ; le rapport (i/C) est exprimé avec deux chiffres significatifs. [NF P 98 - 256 - 1, 2002]

Un autre paramètre présenté dans les résultats est le pourcentage d'imbibition après un certain nombre de jours, noté k.

La formule est la suivante :

$$k = \frac{M_{j+1+k} - M}{M} \times 100$$

- **M** : Masse des éprouvettes après démoulage, exprimée en grammes.
- **M_{J+1+k}** : Masse des éprouvettes après k jours d'immersion dans l'eau, exprimée en grammes.

II.2.2. NIVEAU 2

Ce niveau comporte les essais du niveau 1 (Presse à Cisaillement Giratoire et tenue à l'eau), auxquels on ajoute un essai d'orniérage . [J.L. DELORME et al., 2007].

II.2.2.1. Essai d'orniérage

Le phénomène d'orniérage est une dégradation de la chaussée facilement mesurable et visible en surface, des traces permanentes et creusées dans la chaussée font leur apparition suite aux passages répétés des véhicules lourds (Photo II.8).

Il s'agit d'un des problèmes majeurs de dégradation des chaussées flexibles. Cette section vise dans un premier temps à définir la nature et l'origine des ornières, dans un second temps les trois principaux types d'ornières et dans un troisième temps elle cherche à illustrer le phénomène et le comportement à l'orniérage des matériaux bitumineux [M. Meunier ; 2012].



Photo II.8. Machine de l'essai d'orniérage.

II.2.2.2. Principe d'essai orniérage

Le corps d'épreuve est une plaque parallélépipédique de 5 cm ou de 10 cm d'épaisseur, selon que l'épaisseur de mise en oeuvre de l'enrobé est inférieure ou supérieure à 5 cm. Cette plaque est soumise au trafic d'une roue équipée d'un pneumatique (fréquence : 1 Hz, charge : 5 kN, pression : 6 bars), dans des conditions sévères de température (60 °C) (Figure II.7 [J.L. DELORME et al., 2007]).

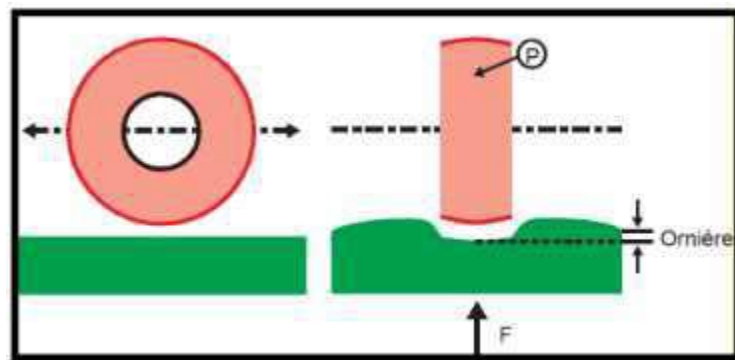


Figure II.7. Principe de l'essai d'orniérage [CST COLAS ; 2006]

- a) L'orniérage de surface, associé à des déformations ou à l'usure dans les traces de roues ;
- b) L'orniérage structural, associé généralement à un affaissement des couches de fondation ou de sous fondation.
- c) La déformation viscoplastique, reliée à la densification (compaction) et/ou au cisaillement de l'enrobé bitumineux dans les traces de roues.

II.2.2.3. Types d’ornières :

Des essais à grandes déformations sur enrobés bitumineux révèlent la présence de déformation permanente irréversible, une déformation viscoplastique d’un point de vue microstructure, la déformation viscoplastique est liée au mouvement (glissement et rotation) des granulats les uns par rapport aux autres et liés entre eux grâce au bitume. [M. Meunier ; 2012]

Le comportement rhéologique du bitume a une grande influence sur le mouvement relatif des granulats.

A basse température, la déformation viscoplastique est de faible amplitude ou pratiquement absente due à la rigidité du bitume. Cependant, lors d’une augmentation de la température, l’effet lubrifiant généré par le bitume devient de plus en plus important et favorise l’accroissement de la déformation viscoplastique de l’enrobé. [Prato et Coll ; 2011]

On considère généralement trois types d’ornières comme le montre a Figure II.8:

- a) L’orniérage de surface, associé à des déformations ou à l’usure dans les traces de roues ;
- b) L’orniérage structural, associé généralement à un affaissement des couches de fondation ou de sous fondation.
- c) La déformation viscoplastique, liée à la densification (compaction) et/ou au cisaillement de l’enrobé bitumineux dans les traces de roues.

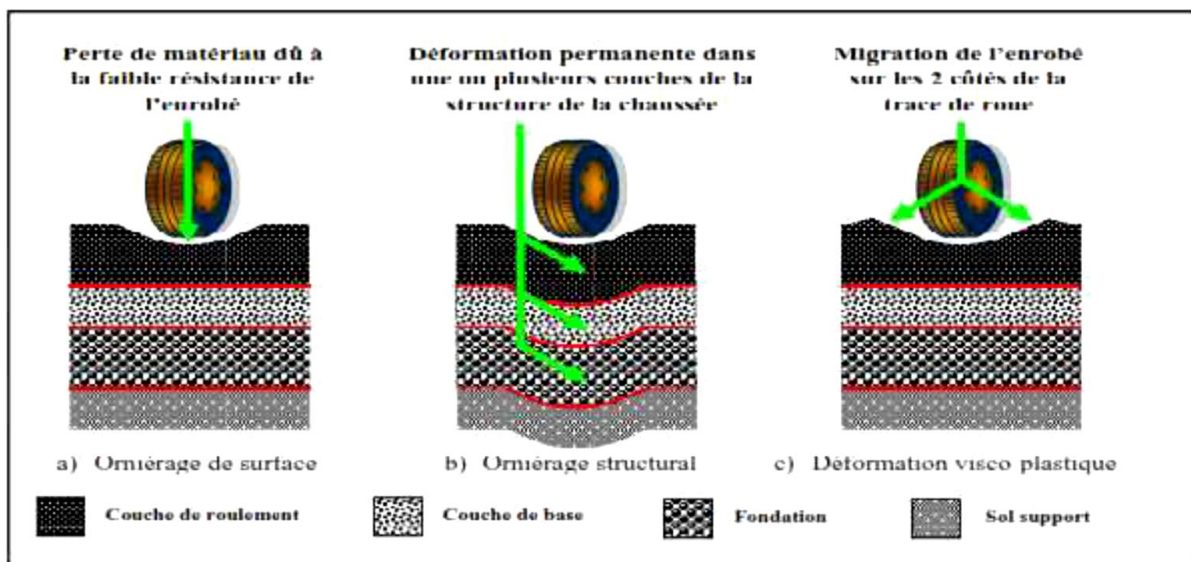


Figure II.8. Lustration des différents types d’orniérage. [M. Meunier ; 2012]

II.2.2.4. Type des ornières :

Dans les matériels de laboratoire, on définit deux types d’orniéreur, suivant de leur dimensions et capacité, qui sont :

❖ Dispositif de grandes dimensions :

Une roue équipée d'un pneumatique sans sculpture 400×8 et ayant une largeur de trace de (80 ± 5) mm. ❖

La pression du pneumatique doit être de (600 ± 30) kPa au début de l'essai et ❖
Moules Un ou plusieurs moules de dimensions intérieures $(500 \times 180 \times 50)$ mm³ ou $(500 \times 180 \times 100)$ mm³, à ± 2 mm³ près, capables de résister sans gauchissement aux conditions de l'essai. [NF EN 12697-22 ; 2004]

Dispositif extra-large :

Une roue équipée d'un pneumatique sans sculpture 6.00-R9 et ayant une largeur de trace de (110 ± 5) mm et un ou plusieurs moules de dimensions intérieures (700×500) mm, à ± 5 mm près, capables de résister sans gauchissement aux conditions de l'essai.

La hauteur des moules correspond à l'épaisseur nominale des éprouvettes aux extrémités ou la dépasse au maximum de 20 mm.

Des capteurs laser pour mesurer la déformation locale à $\pm 0,2$ mm près. Les capteurs laser doivent être capables de mesurer la profondeur d'ornièrre avec un pas maximum de 2 mm et sur au moins 3 profils en travers. [NF EN 12697-22 ; 2004]

II.2.2.5. Réalisation d'essai d'orniérage :

Préparation des moules son fait par un compacteur spécification (Photo II.9) pour prendre de plaque d'enrobes avec un travail de compacité bien dater miner.



Photo II.9. Préparation de plaque sur la table de compactage.

Vérifier que le pneumatique est propre et que les matériaux de l'éprouvette n'adhèrent pas au pneumatique pendant l'essai pour éviter tout chauffage parasite. Maintenir la pression du pneu

à (600 ± 30) kPa pendant l'essai, soit par un dispositif approprié, soit par contrôle et réglage à chaque arrêt (Photo II.10).

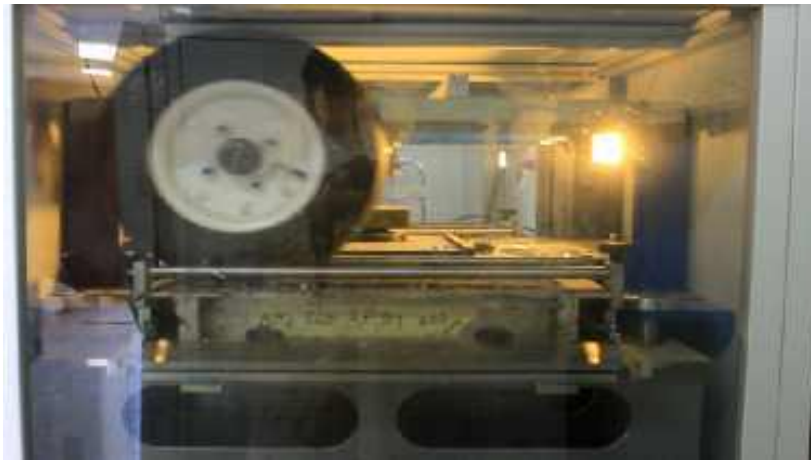


Photo II.10. Ajuster la plaque et l'appareil d'expérimentation l'orniérage.

L'enceinte étant maintenue à une température comprise entre 15 °C et 25 °C, mettre la machine en mouvement jusqu'à ce que l'éprouvette ait subi 1 000 cycles de charge. Pour mesurer la profondeur dernière sous cette charge à des conditions ambiantes. [NF EN 12697-22 ; 2004]

Régler la température de l'enceinte à la température d'essai et contrôler la température de l'air à l'aide de la sonde installée sur la paroi latérale du moule. La température de l'air ne doit pas dépasser 75 °C si la température d'essai est inférieure ou égale à 60 °C, et ne doit pas dépasser de plus de 15 °C la température d'essai si celle-ci est supérieure à 60 °C. L'éprouvette doit être conditionnée à ces températures pendant 12 h à 16 h avant d'être soumise à l'essai. [NF EN 12697-22 ; 2004]

Mettre la machine en mouvement. Arrêter la machine et mesurer la profondeur d'ornière aux 15 emplacements prédéterminés, après que l'éprouvette a subi le nombre de cycles spécifié 1000, 3000, 10000 et 30000 et, le cas échéant, à 30, 100, 300 et 100000 cycles de charge [13] sans compter les cycles de conditionnement.

Maintenir la température au sein de l'éprouvette à la valeur spécifiée à $\pm 2^\circ\text{C}$ pendant toute la durée de l'essai. L'essai sur cette éprouvette est achevé une fois le nombre requis de cycles de charge atteint ou lorsque la profondeur d'ornière moyen (Photo II.11).



Photo II.11. Échantillon après procédure de l'essai d'orniérage.

II.2.2.6. Expression des résultats d'orniérage :

$$P_i \% = 100 - \sum_{l=1}^{15} \frac{(m_{il} - m_{0l})}{(15 \times h)}$$

P_i : est le pourcentage de profondeur d'ornière mesurée (%),

m_{ij} : est la déformation locale, en millimètres (mm),

m_{0j} : est la mesure initiale à l'emplacement j,

h : est l'épaisseur de l'éprouvette, en millimètres (mm).

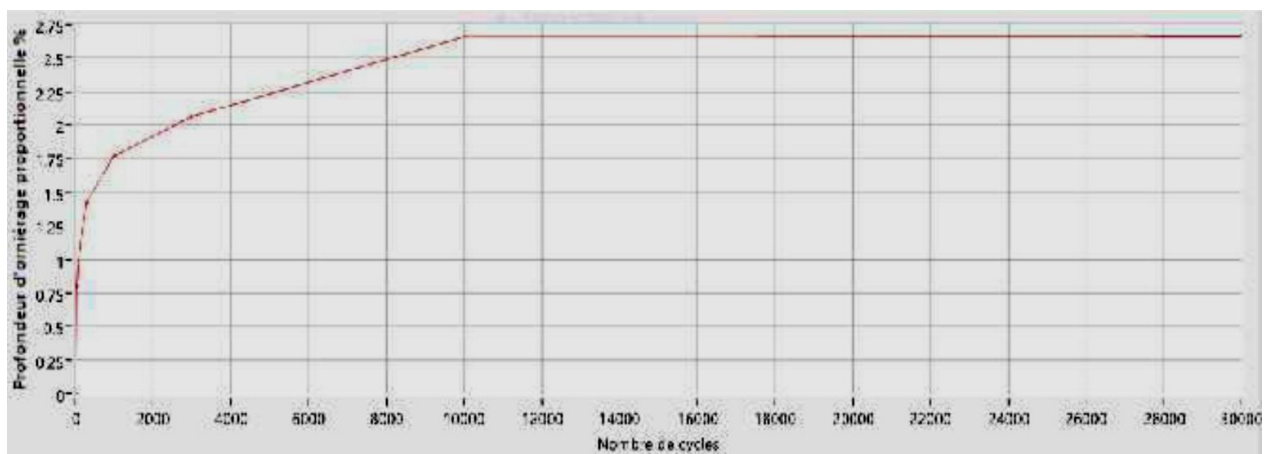


Figure II.9. Profondeur d'ornière proportionnelle / nombre de cycles.

II.2.3. NIVEAU 3 :

Ce niveau comprend des tests de découpe rotative et de résistance à l'eau de niveau 1, un test d'échantillonnage de niveau 2 et la caractérisation du module de mélange. L'essai de module est spécifié dans le cas de grands chantiers et lorsque la couche en question est impliquée dans le comportement structurel de la chaussée.

Ce niveau implique que le produit est considéré comme appartenant à l'approche fondamentale au sens des normes EN. Les valeurs de module à 15°C, 10 Hz, ou 0,02 s sont utilisées directement dans les modèles de calcul de dimensionnement. Par définition dans les normes développées, les tests de formulation pour EB-GB classe 4, EB-BBME et EB-EME doivent inclure un test de module. Pour d'autres produits pouvant appartenir à l'approche empirique ou fondamentale, la détermination du module doit être mentionnée. Pour certaines applications, des valeurs maximales peuvent être prescrites. [J.L.DELORME et al. ; 2007].



Photo II.12. Machine de flexion deux points.

II.2.3.1. Définition du module complexe :

La mesure du module complexe, E^* , est effectuée pour des demandes sinusoïdales de variations de fréquence, donnant le domaine des petites déformations. Dans ces conditions, le mélange se comporte principalement de manière viscoélastique linéaire, bien que la réponse du matériau à la contrainte sinusoïdale soit sinusoïdale. [Mandel, 1955]

L'écriture complexe associée à ce type de test simplifie l'écriture de la loi de comportement viscoélastique linéaire, qui s'apparente alors à une loi de comportement en élasticité.

Considérons une requête du type restriction forcée de frappe ω :

$$\sigma = \sigma_0 \sin(\omega t)$$

Dans la théorie d'un comportement viscoélastique linéaire la réponse en déformation est alors

:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(t - \varphi)$$

Où φ est le déphasage de retard de la déformation sur la contrainte.

Le passage par une écriture complexe permet alors d'utiliser une écriture simple entre la contrainte et la déformation uni axiales et de définir le module complexe E^* de la façon suivante :

$$E^* = \sigma^* / \varepsilon^* = \sigma_0 \cdot e^{it} / \varepsilon_0 \cdot e^{i(\omega t - \varphi)} = \sigma_0 / \varepsilon_0 \cdot e^{i\varphi} = |E^*| \cdot e^{i\varphi}$$

$|E^*|$ est appelé **module de rigidité**.

φ est appelé angle de déphasage du matériau (il permet l'estimation de l'énergie dissipée dans la matière).

L'analyse du module complexe se fait aussi au travers de l'analyse de sa partie réelle et de sa partie imaginaire et de sa partie imaginaire :

$$E^* = E_1 + iE_2$$

Où E_1 est appelé module d'élasticité dynamique et E_2 est appelé module de perte. [Y.LEFEUVRE ,2001]

Des corps d'épreuve d'une forme adaptée sont soumis à déformation dans le domaine linéaire, par des chargements Répétés ou à des vitesses de déformation contrôlées. Les amplitudes de contrainte et de déformation sont mesurées, simultanément avec le déphasage entre la contrainte et la déformation. [J.L.DELORME et al. ; 2007]

Le Figure II.10. Regroupe les différents essais existants avec leur schéma de principe, leurs facteurs de forme et de masse le cas échéant, et les principales références bibliographiques associées. Les références indiquées peuvent concerner à la fois la description faite par les auteurs du principe de l'essai et les résultats obtenus avec le type d'essai cité.


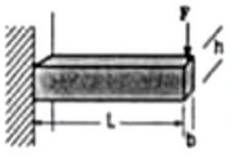
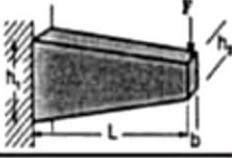
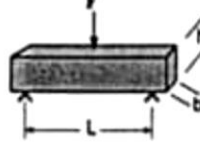
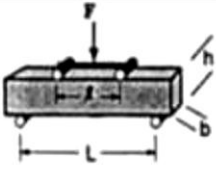
	Schéma de principe	Facteur de forme $\gamma(l)$	Facteur de masse	Références
traction compression (avec ou sans confinement)		$\frac{h}{\pi D^2}$	-	[Charif, 1991] [Doubbaneh, 1995]
Flexion 2 points		$\frac{4 L^3}{b h^3}$	$\frac{M}{4} + m$	[Francken et al, 1994]
		$\frac{12 L^3}{b (h_1 + h_2) \left[1 + \frac{h_1}{2 h_2} \right] \left[1 + \frac{h_2}{2 h_1} \right]}$	$0,135M + m$	[Huet, 1963] [Chauvin, 1990]
Flexion 3 points		$\frac{24 L^3}{\pi^4 b h^3}$	$0,5 M + m$	[Myre, 1992]
Flexion 4 points		$\frac{2 L^3 - 3L l^2 + l^3}{8 b h^3}$	$0,5M + m$	[Pronk, 1996]

Figure II.10. Récapitulatif des principaux essais de module complexe existant sur enrobés.[De La Roche,1996]

**II.2.3.2. Essai de flexion en deux points sur des éprouvettes trapézoïdales :
- Principe :**

Cette partie décrit une méthode de mesure du module de rigidité des mélanges hydrocarbonés au moyen d'un essai de flexion en tête sur une éprouvette console. Un four sinusoïdal, $F = F_0 \times \sin(\omega \times t)$, ou une déflexion sinusoïdale, $Z = Z_0 \times \sin(\omega \times t)$, est appliquée en tête d'une éprouvette collée à sa base à un support fixé sur un châssis rigide. Il est recommandé que la force, F_0 , ou la déflexion, Z_0 , soit telle quelle provoque une déformation $\epsilon \leq 50 \times 10^{-6}$ mm dans la partie soumise à la contrainte la plus forte et dans un domaine supposé linéaire pour le mélange hydrocarboné. Le module complexe est calculé à des températures et à des fréquences variées en fonction de F_0 , Z_0 et l'angle de phase, φ . [NF EN 12697-26 ; 2004]

- Appareillage :

Machine d'essai permettant d'appliquer une déflexion dynamique sinusoïdale à la partie supérieure de l'éprouvette, au moins avec une étendue de fréquences comprise entre 3 Hz et 30 Hz. Photo II.13.

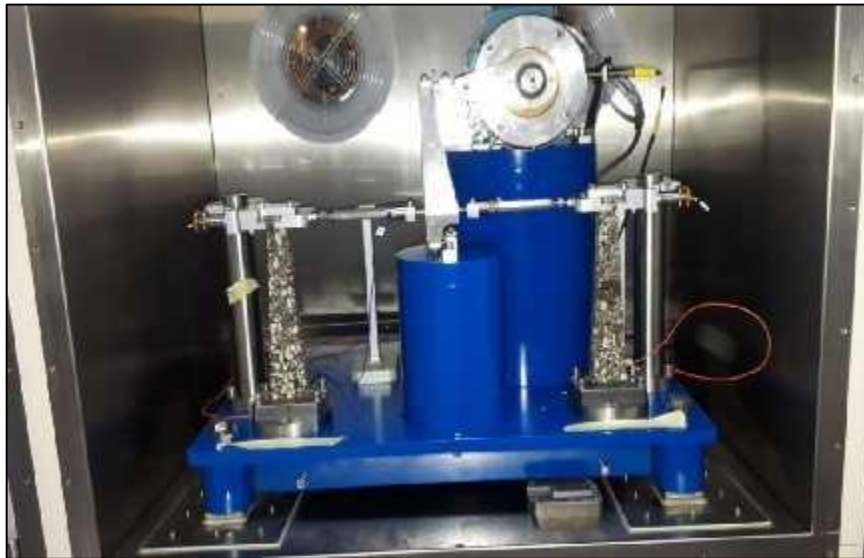


Photo II.13. Vérification de l'encastrement.

Et pour réaliser des murs l'appareille compose de :

- Capteurs : capables de mesurer la force en dynamique entre 0,1 N et 100 N avec une exactitude de 0,5 N jusqu'à 10 N et $\pm 5 \%$;
- Capteurs : capables de mesurer la flèche jusqu'à 0,2 mm à une exactitude de $1\mu\text{m}$;
- Appareil de mesure de l'angle de déphasage à une exactitude de $\pm 1^\circ$.

II.2.3.3. Réalisation d'essai deux points :

Une préparation des plaques avec les dimensions $600 \times 400 \times 10 \text{ mm}^3$, par un compacteur à roue suivant la norme EN 12697 – 33, soit par profile de compactage légers (1 bar, 3 bars) ou lourds (1 bar, 6 bars) (Figure II.11), puis en coupant la plaque après refroidissement à des éprouvettes d'une forme trapézoïdale dans les étapes montre la (Photo II.14.)



Photo II.14. Compactage des plaques.

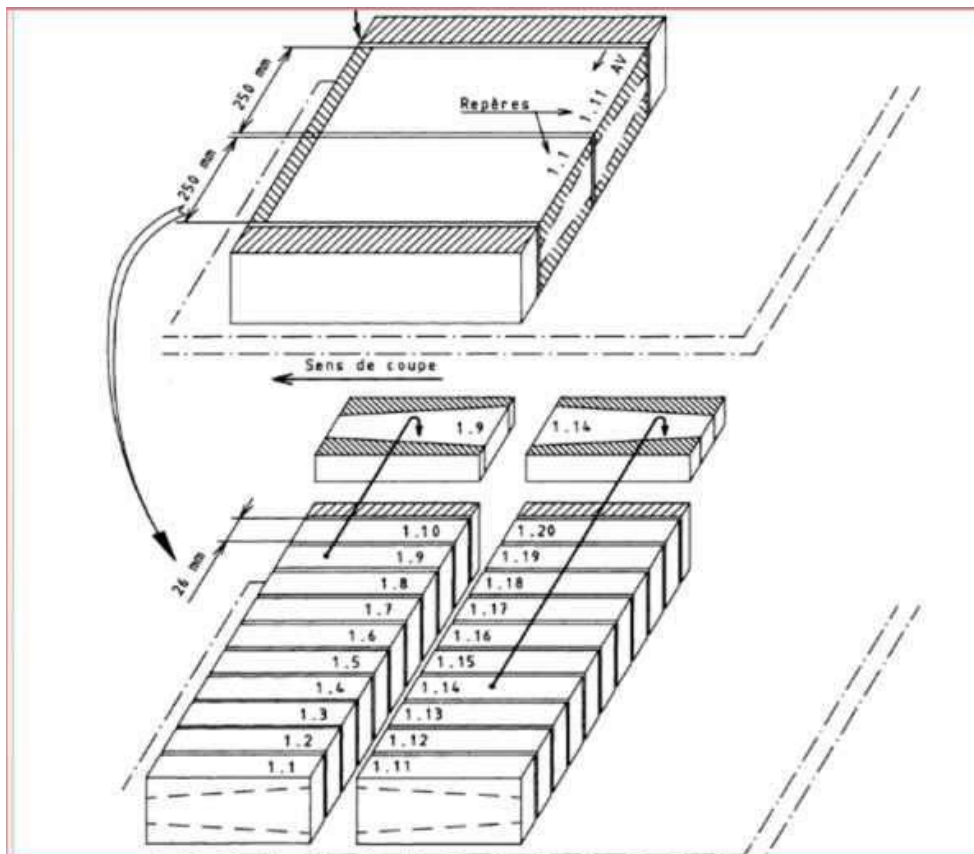


Figure. II.11. Les étapes de l'acquisition trapézoïdale.

L'éprouvette doit être soumise par une force sinusoïdale appliquée en tête pendant une durée minimale de 30 s et une durée maximale de 2 min à une flèche imposée correspondant à une déformation, ϵ , inférieure à 50 microdéformations.

La force, F_0 , la déflexion, Z , et l'angle de phase, φ , doivent être mesurés au cours des 10 dernières secondes de l'essai.

Le module complexe doit être déterminé avec au minimum 4 températures séparées au maximum de 10 °C, et pour chaque température à au moins 3 fréquences espacées de manière égale sur une échelle logarithmique, avec un rapport minimal de 10 entre les fréquences extrêmes. [NF EN 12697-26 ; 2004]

II.2.3.4. Expression des résultats d'essai module :

Les différentes composantes du module complexe varient avec la température et la fréquence de sollicitation, fixées pour chaque essai élémentaire. Les résultats expérimentaux $|E^*|$, φ , E_1 , E_2 , sont usuellement exprimés à l'aide des représentations classiques décrites dans ce qui suit :

a) Courbes isothermes :

Elles sont obtenues en traçant le module du module complexe $|E^*|$ en fonction de la fréquence pour chacune des températures d'essais T , généralement en coordonnées bi logarithmiques- (figure II.). [Y.LEFEUVRE ,2001]

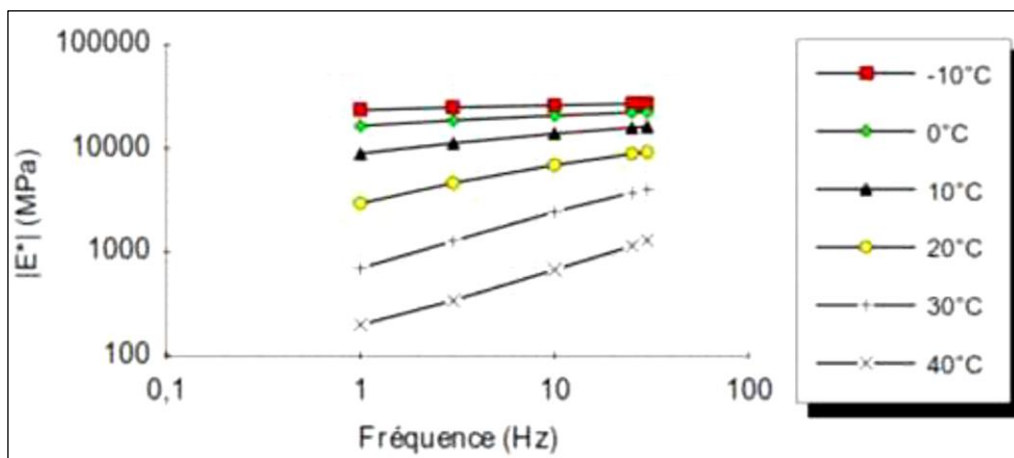


Figure II.12. Isothermes du module complexe. [De La Roche,1996]

Outre les valeurs de module directement utilisables pour les calculs de dimensionnement, la pente des isothermes permet d'estimer la susceptibilité cinétique du matériau bitumineux (c'est-à-dire la variation de module avec la vitesse de la sollicitation). [Y.LEFEUVRE ,2001]

b) Courbes isochrones :

Il s'agit du même type de représentation que précédemment toujours exprimée en coordonnées semi logarithmiques en inversant les paramètres fréquence et température (figure II.13).

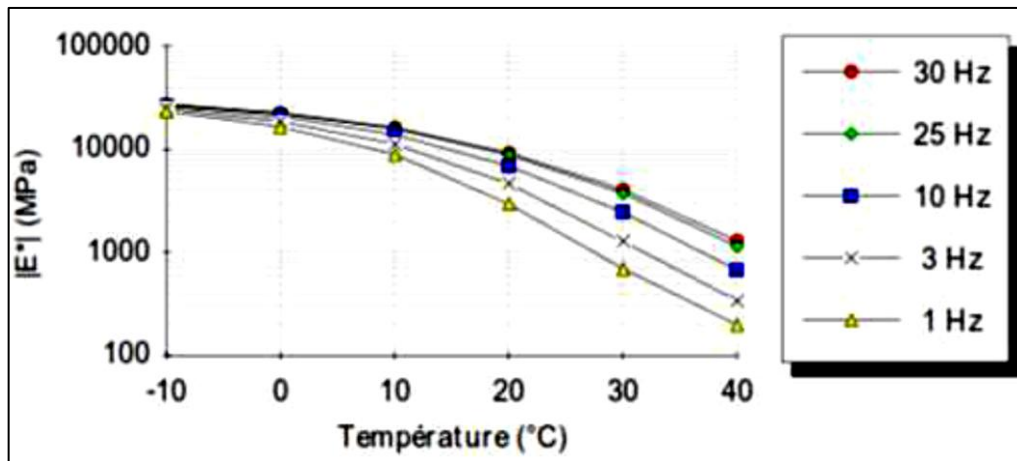


Figure II.13. Isochrones du module complexe.[De La Roche,1996]

A l'instar des courbes isothermes, cette représentation permet cette fois d'estimer la susceptibilité thermique de l'enrober bitumineux (variation du module pour une variation de température). [Y.LEFEUVRE ,2001]

II.2.4. NIVEAU 4 :

Ce niveau comprend le Rotary CutPress et les tests de résistance à l'eau de niveau 1, le test de rainure de niveau 2, la caractérisation du module du mélange de niveau 3. Il est complété par la détermination de la résistance à la fatigue.

L'essai de fatigue doit être précisé dans le cas de chantiers de très grande taille et dès que la couche en question travaille en fatigue.[J.L. DELORME et al. ; 2007]

II.2.4.1. Essai de fatigue :

Le phénomène de fatigue d'un matériau se caractérise par sa rupture après l'application répétée d'un grand nombre de contraintes (en pratique supérieur à 10⁴) dont l'amplitude est inférieure à la résistance à la rupture instantanée du matériau.

Par définition, une éprouvette est dite fatiguée lorsque son module atteint la moitié de sa valeur initiale mesurée lors du premier cycle de charge dans les mêmes conditions d'essai (même température et même fréquence).

La durée de vie N_f d'une éprouvette est donc le nombre de cycles correspondant à un module de rigidité égal à la moitié du module initial de cette même éprouvette. (figure II.14). [M. AFECHKAR,]

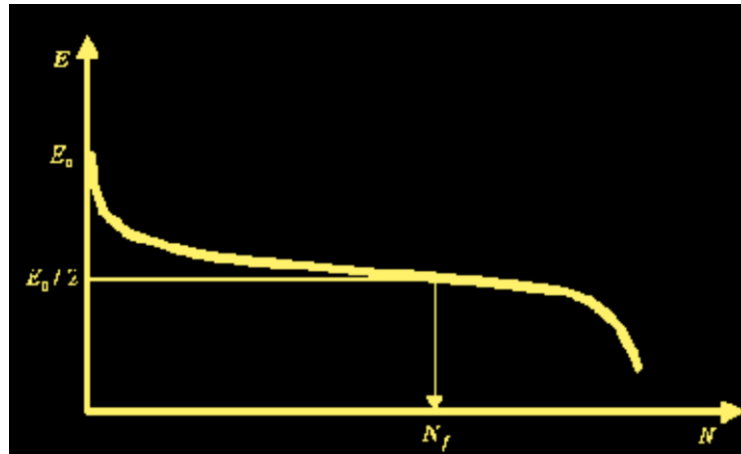


Figure II.14. Définition du critère classique de fatigue et détermination de la durée de vie N_f .

Ce critère classique est l'un des critères de fatigue les plus répandus. La durée de vie N_f déterminée à partir de ce critère est utilisée pour le dimensionnement de chaussées.

- Principe :

On peut considérer la route comme une masse multicouche. Dans la méthode de dimensionnement française, il est modélisé comme une superposition de couches élastiques, linéaires, homogènes, isotropes et infinies dans le plan. Chaque couche est caractérisée par un module d'élasticité E , un coefficient de Poisson et son épaisseur.

Après modélisation de la charge appliquée, les calculs des déformations et contraintes dans ces modèles multicouches sont réalisés à l'aide du modèle Fogger. [M.L. NGUYEN, 2009].

En France, l'essai de fatigue est réalisé sur un échantillon trapézoïdal testé en flexion deux points. La déformation considérée est la déformation maximale subie par la fibre extrême de l'éprouvette lors d'une sollicitation sinusoïdale à amplitude de déflexion constante. Cette déformation est calculée à partir de la flèche en tête, en supposant que le matériau est linéaire et homogène.

L'essai de fatigue en laboratoire permet de déterminer la déformation ϵ_6 qui conduit à la rupture d'une éprouvette due à la fatigue dans certaines conditions d'essai (fréquence, température) pour 10^6 charges.

II.2.4.2. Types d'essai de fatigue :**II.2.4.2.1. Essai de flexion 2 points :**

C'est le type d'essai de fatigue normalisé en France (NF P 98 – 261 – 1). Il est utilisé pour le dimensionnement des chaussées en France. Et comme tous les essais de flexion, il s'agit d'un essai non homogène.

L'éprouvette trapézoïdale est encastrée à sa grande base et sollicitée à son sommet. Les sollicitations peuvent être exercées en force ou en déplacement.

La forme trapézoïdale de l'éprouvette est choisie pour obtenir une déformation maximale en dehors de la zone d'encastrement de l'échantillon sollicité en poutre console. La rupture s'effectue généralement au voisinage de 1/5 de la hauteur totale (h) de l'éprouvette.

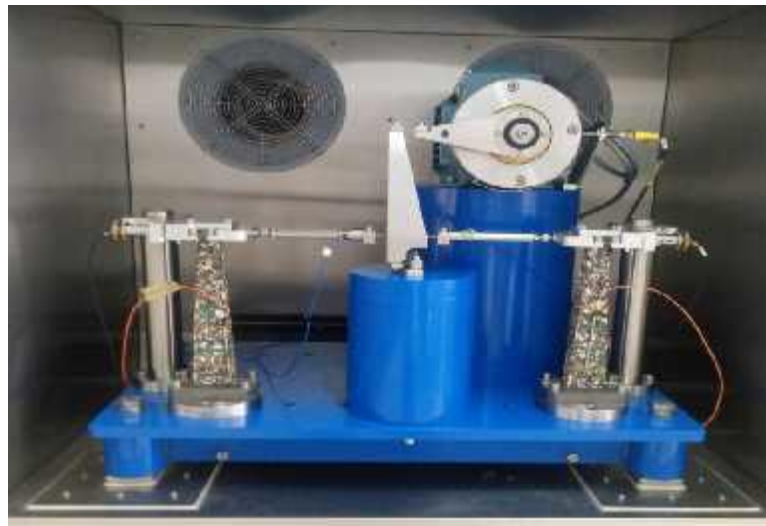


Photo II.15. Essai de flexion 2 points sur éprouvette trapézoïdale.

II.2.4.2.2. Essai de flexion 4 points :

Cet essai est largement utilisé aux Etats-Unis. Il a été choisi suite au programme SHRP pour l'étude de la fatigue des enrobés bitumineux. Cet essai a été conçu pour éviter la concentration de dommages au centre de la poutre observée l'essai de flexion trois points.

L'application s'exerce sur des points symétriques, partant en trois travées. La zone de sollicitation maximale se situe dans la zone entre les bornes de recharge. L'avantage de l'appareil présenté à la figure II.16 est qu'il permet l'application d'efforts de compression ou de traction. [M.L. NGUYEN, 2009]

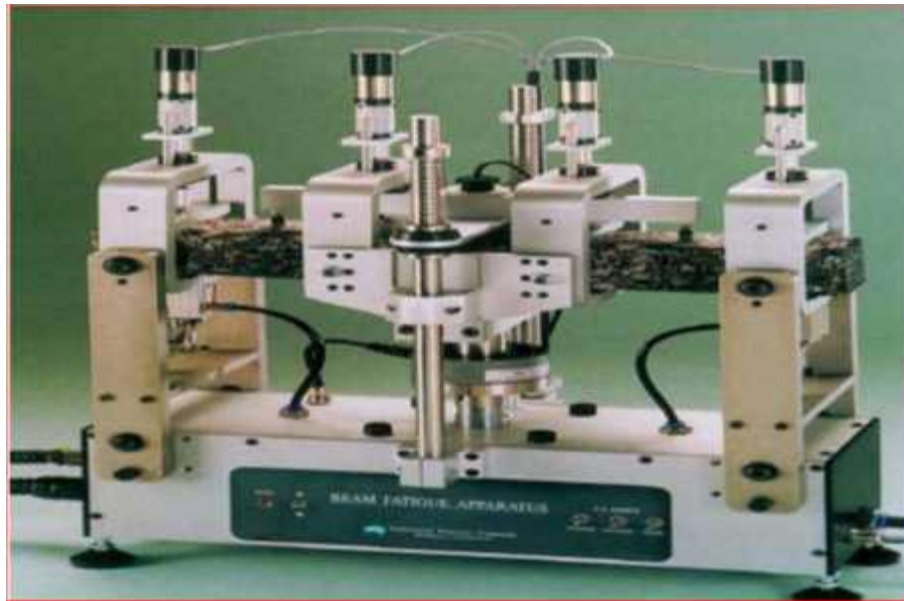


Photo II.16. Appareil d'essai de flexion 4 points. [H. BAAJ ; 2000]

II.2.4.3. Réalisation d'essai fatigue :

L'essai doit au moins s'étendre sur une plage de niveau de déformation d'environ $100 \mu\epsilon$ à $400 \mu\epsilon$.

Les éprouvettes doivent être soumises à essai à trois niveaux de contrainte avec au moins trois éprouvettes à chaque niveau, à une température de 10°C et à la petite base de l'éprouvette est appliqué un signal de déplacement sinusoïdal à une fréquence de 25 Hz souvent (Figure II.18). Le déplacement moyen sur une période est nul. [M. AFECHKAR,]

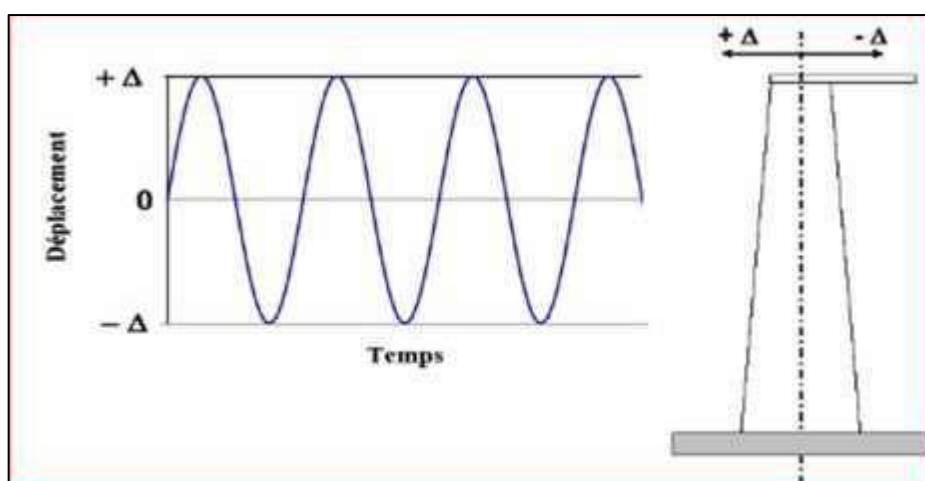


Figure II.15. Signal de déplacement symétrique imposé à la petite base de l'éprouvette. [M. AFECHKAR,]

II.2.4.4. Expression des résultats d'essai fatigue :

L'essai classique, permettant de caractériser le phénomène de fatigue consiste à soumettre une éprouvette de matériau à des sollicitations répétées et à noter le nombre de cycles entraînant la rupture de l'éprouvette, appelé « durée de vie ».

La représentation classique des résultats de l'essai de fatigue est la courbe de fatigue ou courbe de Wöhler (Figure II.19). Cette courbe fait correspondre une durée de vie à la sollicitation exercée, qui peut être une contrainte ou une déformation imposée. [M.L. NGUYEN, 2009]

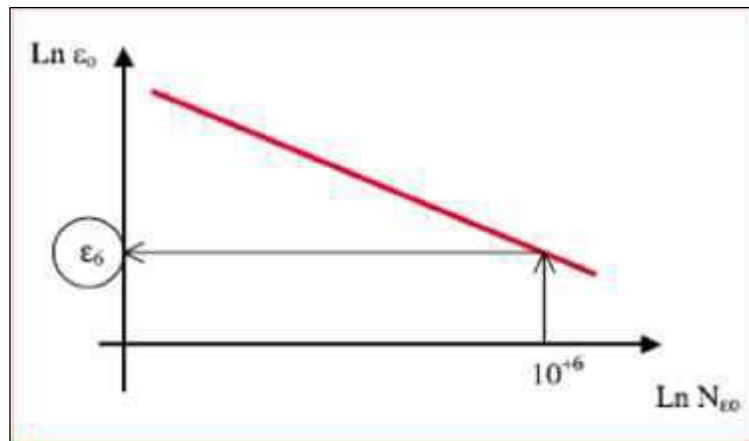


Figure II.16. Courbe de Wöhler. [M.L. NGUYEN, 2009]

Cette courbe est habituellement caractérisée par l'une ou l'autre des relations suivantes :

- $S = a \cdot N^{-b}$: la courbe est alors une droite en coordonnées logarithmique
- $S = \alpha - \beta \cdot \log(N)$: la courbe est alors une droite en repère semi-logarithmique.

Avec :

- **S** : la sollicitation imposée (contrainte ou déformation imposée).
- **N** : la durée de vie correspondante.
- **(a, b) et (α, β)** : les constantes de la relation.

II.3. CONCLUSION :

L'étude de formulation d'enrobé à (04) niveaux, nous permet d'évaluer l'ensemble des performances d'un enrobé bitumineux pour nous permettre de se prononcer sur la qualité d'enrobé et sa durabilité.

CHAPITRE III
CARACTÉRISATION DES
MATÉRIAUX

III.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre a pour objectif de présenter les matériaux utilisés dans le cadre de cette étude, et de déterminer leurs caractéristiques physico-mécaniques et chimiques pour formuler les bétons bitumineux à module élevé. Donc dans ce chapitre, nous allons exposer les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition de l'enrobé, à savoir :

- Sable de classe 0/3 de la carrière BASMA BELL, W.Ilizi.
- Gravier de classe 3/8 de la carrière BASMA BELL, W.Ilizi.
- Gravier de classe 8/15 de la carrière BASMA BELL, W.Ilizi.
- Liant bitumineux pur de classe 40/50 de l'entreprise NAFTAL de Ghardaïa.

III.2. CARACTERISTIQUES DE MATERIAUX :

III.2.1. Gravier :

Les échantillons des deux classes de gravier 3/8 et 8/15 de carrière de BASMA BELL, ont été soumis aux essais et analyses au laboratoire pour déterminer leurs caractéristiques physiques et mécaniques.

a) Analyse granulométrie [NA2670] :

L'analyse granulométrique effectuée sur les deux classes de gravier a permis d'obtenir les courbes suivantes :

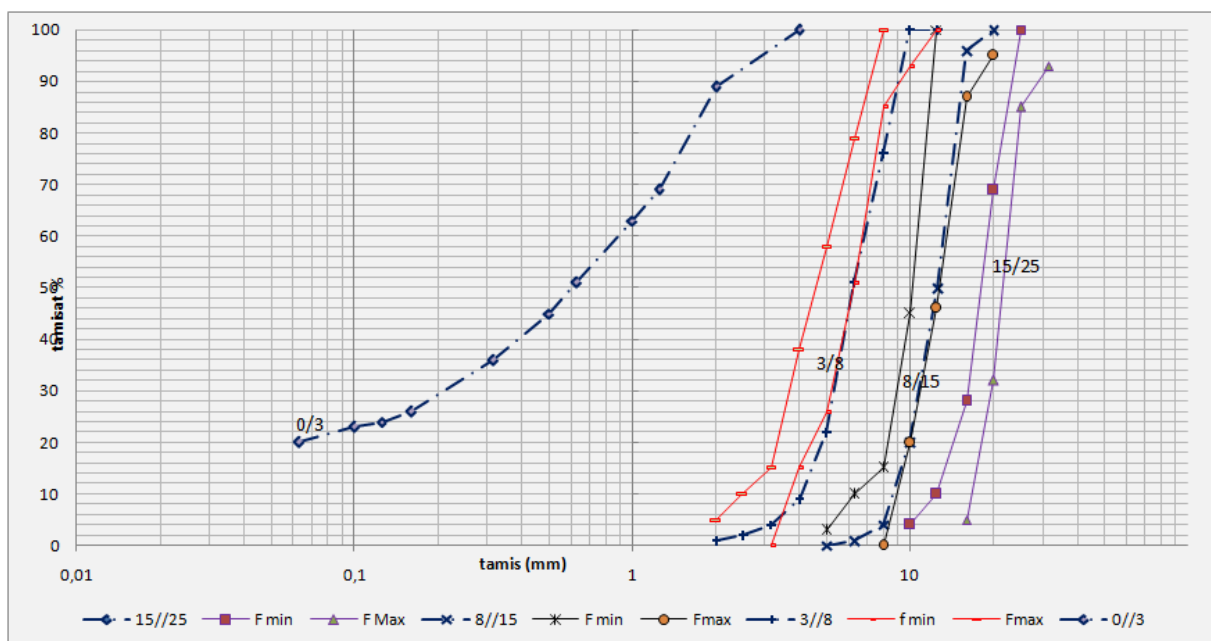


Figure. III.1. Le courbe granulométrique des graviers.



Photo III.1. Photo reprise « Analyse granulométrie ».

b) Masses Volumiques absolues :

La masse volumique absolue ρ est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains. Les résultats résumés dans le tableau ci-après.

Tableau. III.1. Résultat d'essai masses volumiques absolues de graviers.

Classe des graviers (d/D)	3/8	8/15
Masse volumique absolue (g/cm ³)	2,68	2,68

c) Essai D'absorption d'eau (NF P 18-554) :

Tableau. III.3. Résultat d'essai D'absorption d'eau

Classe des graviers (d/D)	3/8	8/15	Spécification
D'absorption d'eau	2,0	1,38	$\leq 02 \%$

d) Essai Micro Deval en présence d'eau / MDE (NF P 993-1) :

Cet essai permet de déterminer l'usure d'une chaussée sous l'effet de frottements (pneus des véhicules).

L'essai consiste à introduire des granulats dans le cylindre de la machine MDE, avec de l'eau et des billes de taille normalisée équivalente à celle des gravillons. Lors de la rotation du cylindre,

les gravillons frottent sur les billes. La masse des éléments inférieurs à 1,6mm à la fin de l'essai donne la résistance à l'usure du granulat. Plus le résultat est faible, plus le granulat est résistant à l'usure.

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau. III.2. Résultat d'essai Micro-Deval.

Classe des graviers (d/D)	3/8	8/15	Spécification
MDE(%)	22	25	≤ 20 %



Photo III.2. Photo reprise « Micro-Deval ».

e) Essai de Los Angeles (NA 2670) :

L'essai LOS ANGELES est destiné à évaluer la résistance des granulats à la fragmentation et aux chocs. Pour tester la dureté d'un matériau, on le soumet à une épreuve de chocs dans un tambour. Les essais sont effectués sur la classe de référence 10 / 14 et les valeurs sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau. III.3 : Résultat d'essai Los Angeles.

Classe des graviers (d/D)	3/8	8/15	Spécification
LA(%)	27	21	≤ 20 %

Les résultats d'essai Los Angeles sont au-dessus aux spécifications.



Photo III.3. Photo reprise « Los Angeles ».

f) Essai d'Aplatissement (NF 18 – 561) :

Plus les gravillons sont plats, moins leur mise en place dans la route ou dans les bétons est facile et plus ils sont fragiles. Il est donc important de contrôler le coefficient d'aplatissement des granulats. Ce coefficient permet de caractériser la forme plus ou moins massive des granulats.

Tableau. III.4 : Résultats d'aplatissement des graviers.

Classe des graviers	3/8	8/15	Spécification
Essai d'aplatissement	17,97	6,83	$\leq 20 \%$

Les résultats d'essai d'Aplatissement sont confirmés

III.2.2. Sable :

a) Analyse granulométrie [NA 2670] :

Présentation les résultats par une courbe granulométrique de sable 0/3 :

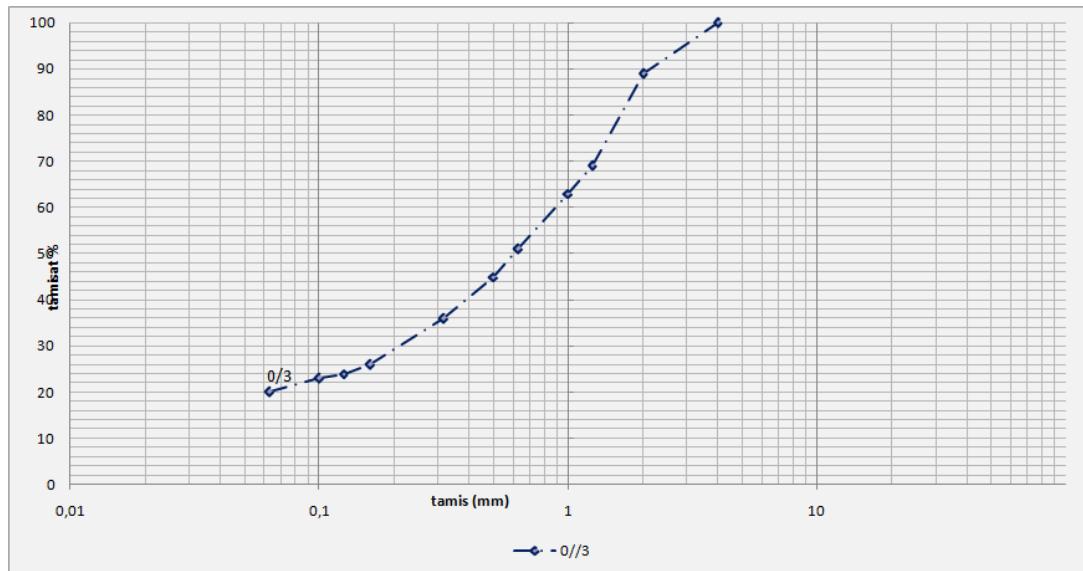


Figure. III.2. Le courbe granulométrique de sable.

b) Masses Volumiques absolues :

Résultats de sable 0/3 dans le tableau suivant :

Tableau. III.6 : Résultat d’essai masses volumiques absolues de sable 0/3.

Classe des Sable (d/D)	0/3
Masse volumique absolue (g/cm ³)	2,66

c) Essai D'équivalent De Sable à 10% De Fines (NE 993-1) :

Cet essai utilisé de manière courante pour évaluer la propreté des sables. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable effectué sur une fraction 0/5 mm du matériau à étudier.

On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout au bout de 20 minutes on mesure les éléments suivants :

- **Hauteur h1 :** sable propre + éléments fine (floculant).
- **Hauteur h2 :** sable propre seulement.

On déduit l'équivalent de sable où on peut utiliser un piston comme la figure ci-dessous montre :

$$ES = 100. H2 / H1$$



Figure. III.3 : Principe d'essai d'équivalent de sable.

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Résultats d'équivalent de sable.

Sable	0/3	Spécification
Equivalent de sable	77	ES \geq 45%

III.2.3. Liant hydrocarboné :

Le liant hydrocarboné utilisé dans cette étude provient de l'unité de l'entreprise NAFTAL de Ghardaïa. On a procédé à la détermination de la classe du liant à partir des essais de caractérisation. Il s'agit des essais de pénétrabilité à l'aiguille à 25°C (NF EN 1426) et d'essai de point de ramollissement ou comme s'appelle la température bille et anneau (NF EN 1427) et densité relative (NA 5224).

Ces essais ont été réalisés au niveau de la salle des produits bitumineux du LTP.Sud Ghardaïa.

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau. III.8 : Caractérisations du liant.

Essai	Résultats	Spécification
Pénétrabilité à 25°C (1/10 mm)	43.1	40 à 50
Point de ramollissement (°C)	54	47 à 60
Densité relative à 25°C	1.041	1.0 à 1.10

À partir des essais de caractérisation effectués on peut dire que notre liant correspond à un bitume pur de classe 40/50.

I.3. CONCLUSION

Les matériaux de qualité l'un des facteurs les plus importants qui assurent la durabilité des routes, qui est principalement liés aux caractéristiques de chaque matériau et qui nécessite l'approbation par rapport aux normes. Pour déterminer les propriétés et les caractéristiques d'un matériau il faut faire quelques essais par type de matériau, que ce soit en laboratoire ou sur le terrain et ensuite faire la comparaison des résultats obtenus par rapport aux valeurs recommandées par les normes, pour se prononcer sur la qualité de la construction.

Dans ce chapitre nous présentons le différents résultats de la carrière Basma Bell de W.ilizi et nous trouvons que les résultats sont conforme dans l'ensemble.

CHAP

Résultats et commentaires

ITRE IV

RÉSULTATS ET

IV.1. INTRODUCTION :

D'après les résultats conformes de caractéristique des granulats, des mélanges de béton bitumineux 0/14 ont été préparés par différents dosages de bitume, par la suite l'essai de module de rigidité est réalisé à deux laboratoires.

IV.2. ETUDE DE FORMULATION :

IV.2.1. Composition granulaire :

Nous avons choisi d'étudier un béton bitumineux semi grenu (BBSG) de classe granulaire 0/14 ; Il s'agit d'un mélange composé des trois classes granulaires : 0/3, 3/8 et 8/15. À partir des courbes granulométriques moyennes des différentes classes granulaires choisies pour la réalisation de l'étude de formulation, on compose un mélange minéral dont la courbe granulométrique est inscrite dans les limites du fuseau défini par les spécifications (Figure IV.1).

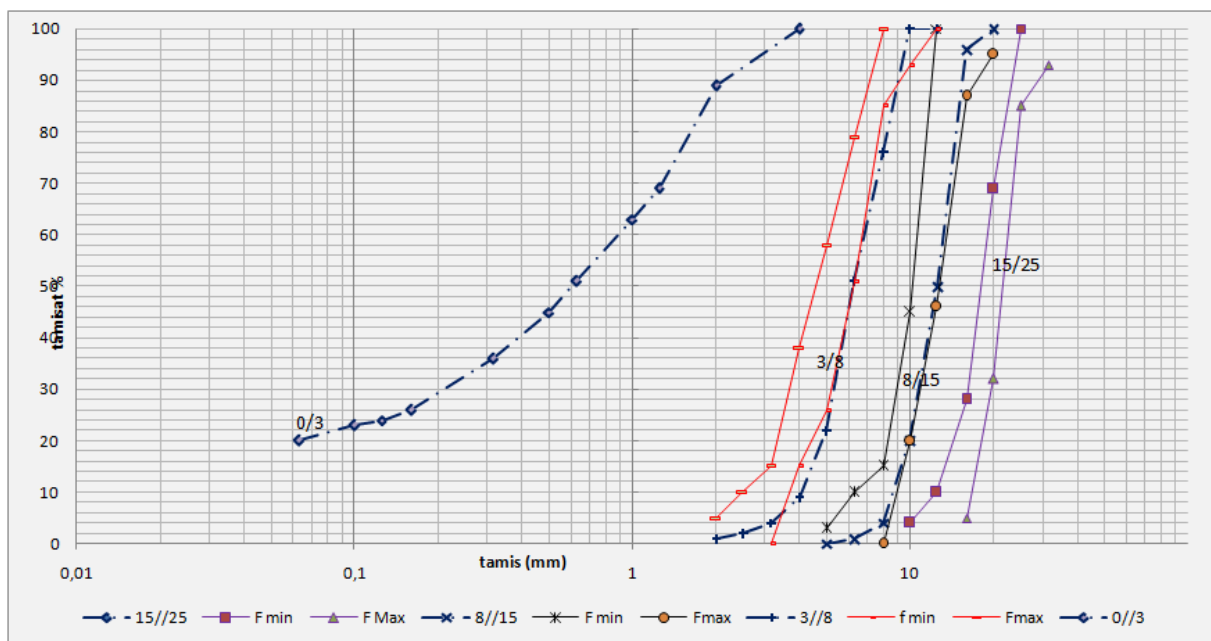


Figure IV.1 Disposition des courbes granulométriques des constituants par rapport la courbe médiane de fuseau.

À partir des courbes moyennes des classes granulaires, on calculera la courbe du mélange minéral, le pourcentage de passants à un tamis pour la courbe de mélange est la somme des pourcentages de passants au même tamis des courbes des constituants pondérés par les proportions correspondantes, la figure suivante présente la composition granulaire proposée dans ce projet d'étude.

- 38 % de sable concassée 0/3,
- 24 % de gravillon 3/8,
- 38 % de gravillon 8/15.

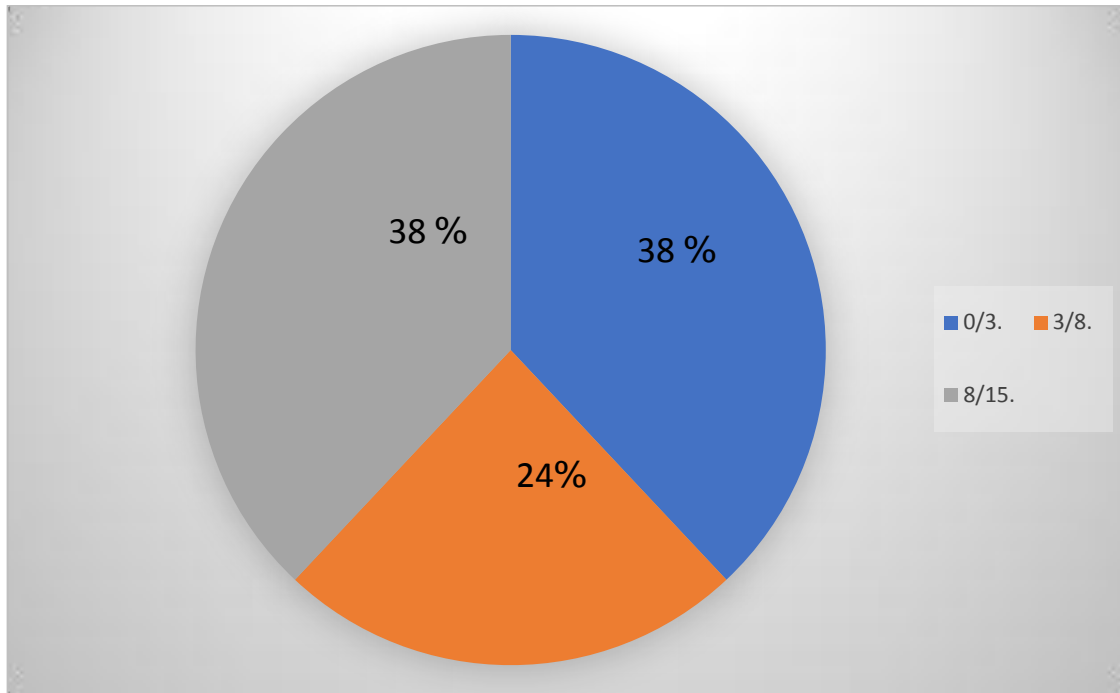


Figure IV.2. Composition granulair de mélange 0/14.

La composition proposée est choisie comparativement au fuseau de référence, et ce dernier exprime graphiquement dans la figure suivante :

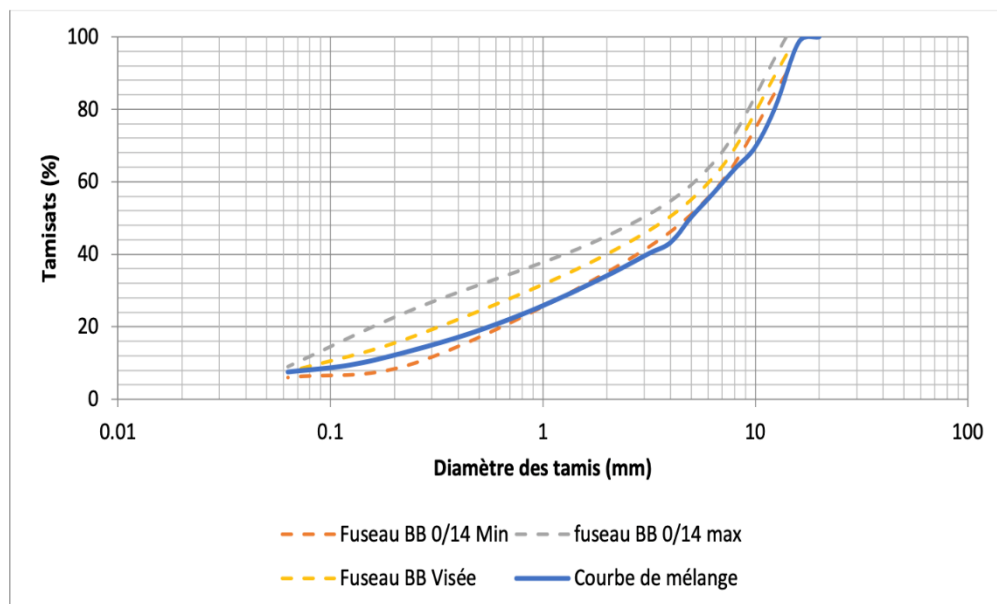


Figure IV.3. Courbe de mélange.

IV.3. PREPARATION DE EPROUVETTES :

Différents éprouvettes ont été préparés à LTPS par une presse de compactage giratoire, la presse nous offrons la possibilité de préparer des éprouvettes de même épaisseur, même masse volumique.

La préparation est effectuée après la préparation de mélange. Le mélange prépare par malaxage des granulats chouffé à 180° C un bitume Chaud à 160° C. Trois mélanges ont été préparés avec de dosage 6, 7 et 8%.

IV.4. ESSAI REALISES :

L'essai réalisé conformément la norme NF EN 12697-26, Méthode C, l'essai réaliser à 15°C sur neuf (09) éprouvettes (trois (03) éprouvettes pour chaque dosage de bitumes)

IV.4.1 Principe d'essai :

Des éprouvettes cylindriques sont soumis à 5 impulsions de chargement, avec un temps de chargement de 124 ms et une déformation visée de 5 microdéformations, pour chaque chargement la variation de déformation diamétrale est mesurées, et la valeur de module est déterminés.



Photo IV.1. L'appareille de mesure de module de rigidité par traction indirect.

IV.5. Résultat :

Voilà le tableau ci-dessus résume les résultats de module de rigidité trouvent dans chaque laboratoire.

Tableau. IV.1. Résultat de module de rigidité

	Dosage (%)	6			7			8		
	Éprouvette N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Resultants en MPa	Lab 01	12098	12345	13645	13379	13551	13030	15410	16210	18089
	Moyenne	12696			13320			16570		
	Lab 02	10908	11235	11041	11498	11830	11315	13593	13359	12699
	Moyenne	11061			11548			13217		

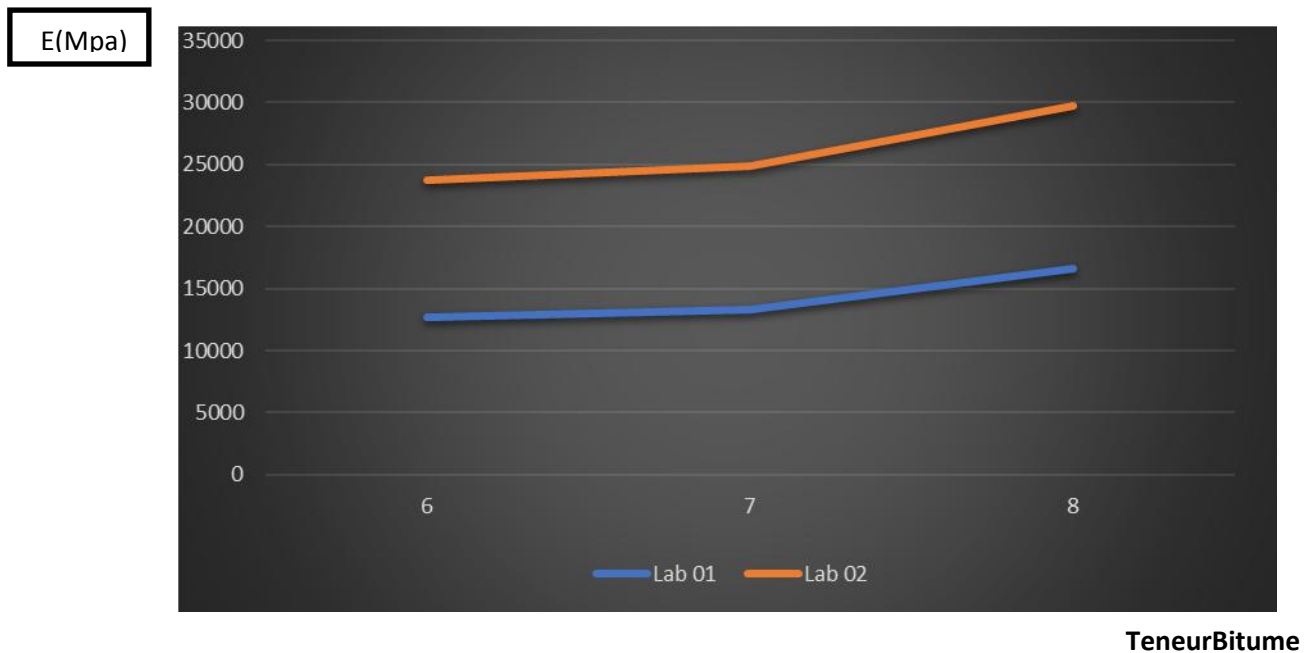


Figure IV.2. Le module de rigidité en fonction dosage en bitume

En remarque que le module de rigidité est croissant en fonction teneur en bitume. Dans les deux laboratoires le module de rigidité prendre la même façon d'évolution. Ce dernier due au les forces d'Adhésion qui augmente avec la croissante de teneur en bitume

L'histogramme suivant présenter une comparaison entre les deux laboratoires :

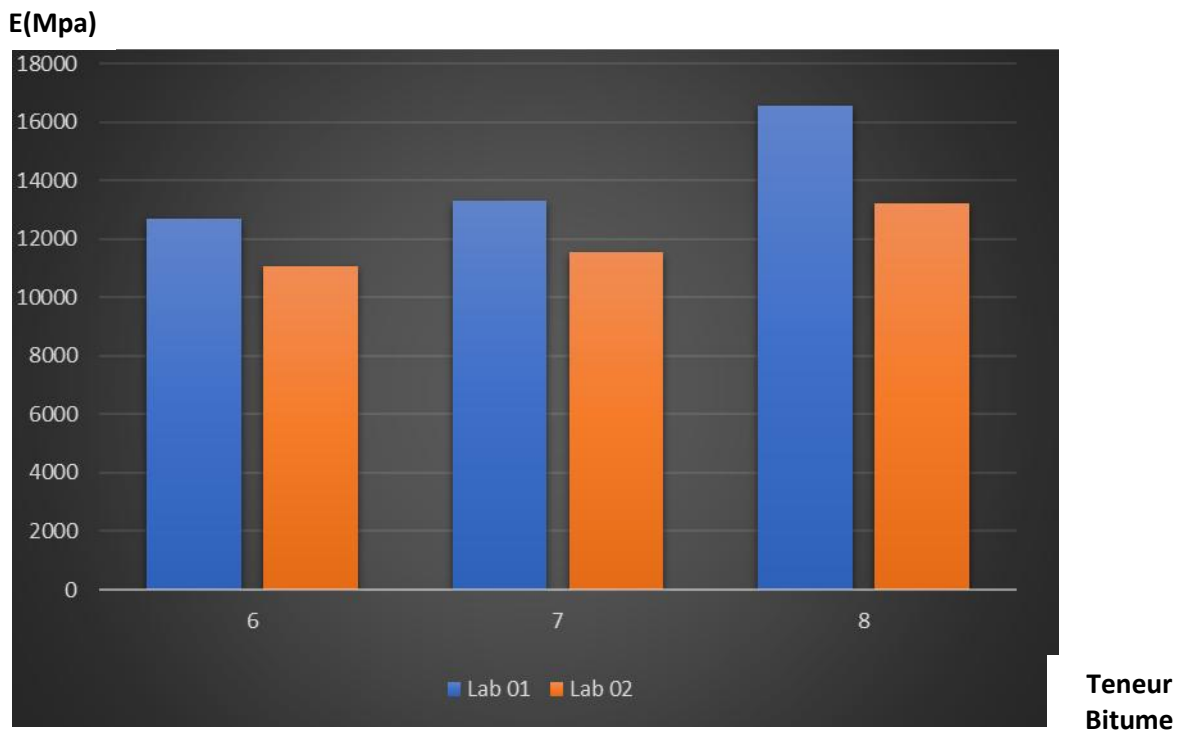


Figure IV.3. Histogramme de module de rigidité pour chaque laboratoire.

On remarque que les rigidités mesurées par Laboratoire 01 est plus élevée que la rigidité mesurée par laboratoire 02, ce dernier ne dépasse pas la limite de norme (-10 %, +20 %). C'est dire que si on considère Lab02 comme référence, les valeurs de Lab01 et en cours dans la limite (+20 %).

IV.5. CONCLUSION :

D'après les valeurs trouvées, on peut tirer par des conclusions comme suit :

- L'essai de module de rigidité est un essai compliqué et plusieurs paramètres influent sur les résultats, principalement la maîtrise de température durant les essais.
- Nous avons besoin de réfléchir plus profondément de mode opératoire pour minimiser les écarts importants.
- Les résultats de l'essai de module de rigidité sont importants pour le dimensionnement des chaussées.
- Cette recherche a besoin d'un autre laboratoire pour valider les résultats, et déterminer les causes de ces écarts.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GENERALE

Ce travail, qui a duré deux mois complets, était un travail de laboratoire de préparation de mélanges et d'échantillons, ainsi que de réalisation d'expériences en laboratoire. Nous avons pu aboutir à un ensemble de conclusions comme suit :

- Le ratio liant asphalte à un effet significatif et significatif sur le module de dureté, car nous avons remarqué une augmentation du module de rigidité avec l'augmentation du ratio d'adhérence asphalte.
- L'essai de module rigidité c'est un essai compliqué et plusieurs paramètres influe sur les résultats, principalement la maîtrise de température durant essais.
- Nous besoin de réfléchir plus profondément de mode opératoire pour minimiser les écarts importants.
- Les résultats de l'essai de module de rigidité sont importants pour le dimensionnement des chaussées.
- Cette recherche besoin un autre laboratoire pour valider les résultats, et déterminer les causes de ces écarts.

Références bibliographiques

1. **AFECHKAR Mohammed:** « la fatigue des enrobes bitumineux, Impact de la température et de la nature des granulats », CNER, Algérie.
2. **BAAJ Hassan, (2002) :** « Comportement a la fatigue des matériaux granulaires traites aux liants hydrocarbonés » Institut National des Sciences Appliquées INSA, Lyon, France.
3. **BAZZINE Rabai,(2017):** « influence de l'ajout de la poudrette de caoutchouc sur la stabilité des enrobes bitumineux ». UKM Ourgla, Algérie.
4. **BOUMADIANE Abdelaziz, (2015) :** « Manuel technique de l'ingénieur routier: les enrobés bitumineux, formulation, exécution, contrôle de qualité », Laboratoire d'Expertise, d'Etude et d'Essais, L3E, Maroc.
caoutchouc en domaine routier ». UKM Ourgla, Algérie.
5. **CLAUDE Moreux Jean, (1987) :** « Compacteur a cisaillement giratoire et simulateur decirculation (Orniereur) », Laboratoire Central De Ponts Et Chaussées, Paris, France.
6. **CORTE et Hervé DI BENEDETTO Jean François, (2005) :** « Matériaux routiers bitumineux 2: constitution et propriétés thermomécaniques des mélanges bitumineux, volume 2 », HermèsLavoisier, France.
7. **CST COLAS, (2006):** « Commission Scientifique et Technique», Paris, France.
8. **CTTP (2001) :** « *Contrôle Technique des Travaux Publics.* », Algérie.
9. **De la Roche (1996) :** « Module de rigidité et comportement en fatigue des enrobés bitumineux »,Ecole Centrale de Paris, France.
10. **DELORME Jean-Luc, Chantal de la roche, WENDLING Louissette, (2007) :** « Manuel LPCd'aide à la formulation des enrobés », Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France.
11. **HAOUAM Houda,(2010) :** « Etude numérique d'un mur de soutènement en sol stables et renforceavec fibres et geogrilles », UBM Annaba , Algérie.
12. **KEBAILI Nabil,(2017) :** « l'asphalte caoutchouc valorisation de la poudrette de
13. **KHENGAOUI Safia, (2013) :** « Valorisation du sable de dunes en couche de roulement sable –bitume », UKM Ouargla, Algérie.
14. **KHENGAOUI Safia, (2013):** « valorisation du sable de dunes en couche
15. **LALDJI Said, (2015):** « Les Enrobés bitumineux », ETS Cours.

Références bibliographiques

16. **LEFEUVRE Yann, (2001)** : « Contribution à l'étude du comportement en fatigue des enrobés bitumineux, Etude de l'allongement des éprouvettes comme manifestation de l'endommagement diffus, Expérimentation - Modélisation », Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, France.\$
17. **MEUNIER M., (2012)** : « Prédiction de l'orniérage lie aux déformations permanentes des enrobés bitumineux », Ecole Centrale de Nantes, France.
18. **NGUYEN Mai Lan, (2009)** : « Etude de la fissuration et de la fatigue des enrobés bitumineux » Institut National des Sciences Appliquées INSA, Lyon, France.
19. **OLARD François, (2003)** : « Comportement thermomécanique des enrobés bitumineux à basse températures : relations entre les propriétés du liant et de l'enrobé », Institut National des Sciences Appliquées INSA, Lyon, France.
20. **PRATO et Coll, (2011)** : « Rating of bituminous mixtures : Wheel trekking tests Campagneo analysais »,
21. **Rilem , (1998)** : « bituminous binder and mixes –Rilem report, n°17 » ,London Angleterre. roulement sable-bitume». UKM Ourgla, Algérie.

Liste des normes :

1. **EN 13108-1 (2007)** : « Spécifications des matériaux - Partie 1 : Enrobés bitumineux».
2. **NF EN 12697 – 10 (2003)** : « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud-
3. Partie 10 : Compactibilité ».
4. **NF EN 12697-24, (2005)** : « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud- Partie 24 –Résistance à la fatigue ».
5. **NF EN 12697-26, (2004)** : « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud– Partie 26 – Module de rigidité ».
6. **NF EN 12697 – 31, (2003)** : « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud-Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire ».
7. **NF EN 12697-33, (2004)** : « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud- Partie 33 –Confection d'éprouvettes au compacteur de plaque ».
8. **NF P 98 – 250 – 3, (1992)**: « Essais relatifs aux chaussées: Préparation des mélanges hydrocarbonés - Partie 3: confection des éprouvettes dans un bloc de mélange hydrocarboné».

Références bibliographiques

9. **NF P 98 – 260 – 1, (2001):** « Essais relatifs aux chaussées: Détermination la résistance aufatigue des mélanges hydrocarbonés -Partie 1: Essai par flexion deux points à amplitude deflèche constante sur éprouvettes trapézoïdale
10. isocèles ».

ANNEXES

Annexes

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS
 NA 2607 -2014

Structure : UNITE GHARDAIA
N° Dossier interne: CS-EF-2021 P1
Classe granulaire: 0/3
Équipements utilisés: Balance/Etuve

Lieu de travail: SERVICE MATERIAUX
Date:
Opérateur:
N° D'inventaire: L21-22-15- L49-01-15

M ₁	1000		M ₂	818,9	
Ouverture Tamis	Refus partiel (R _i)	Refus cumulé (R _i +R _{i+1})	Pourcentage refus R _i /M ₁ x100	Pourcentage passant 100-(∑ R _i /M ₁ x100)	
100					
80					
63					
50					
40					
31,5					
25					
20					
16					
12,5					
10					
8					
6,3					
5					
4	0,0	0,0	0,0		100
2,5					
2,0	107,5	107,5	10,8		89
1,25	199,6	307,1	30,7		69
1	62,8	369,9	37,0		63
0,63	124,8	494,7	49,5		51
0,500	52,4	547,1	54,7		45
0,315	90,1	637,2	63,7		36
0,250					
0,160	98,1	735,3	73,5		26
0,125	22,1	757,4	75,7		24
0,100	16,6	774,0	77,4		23
0,063	27,9	801,9	80,2		19,8
Materiaux dans la Réceptacle		P= 16			
Pourcentage de fines s'écoulant à travers le tamis de 0,063			$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} = 19,7$		
			$\sum R_i \cdot P = 817,9$		
Validité des résultats			$\frac{M_2 - \sum R_i + P}{M_2} \times 100 < 1\% = 0,1$		

L'opérateur

Visa du responsable

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS NA 2607 -2014

Structure : UNITE GHARDAIA

Lieu de travail: SERVICE MATERIAUX

N° Dossier interne: CS-EF-2021 P1

Date:

Classe granulaire: 3/8

Opérateur:

Équipements utilisés: Balance/Etuve

N° D'inventaire: L21-22-15- L49-01-15

M ₁	1200		M ₂	1197,8	
Ouverture Tamis	Refus partiel (R _i)	Refus cumulé (R _i +R _{i+1})	Pourcentage refus R _i /M ₁ x100	Pourcentage passant 100-(∑ R _i /M ₁ x100)	
100					
80					
63					
50					
40					
31,5					
25					
20					
16					
12,5	0,0	0,0	0,0		100
10	4,0	4,0	0,3		100
8	283,0	287,0	23,9		76
6,3	306,0	593,0	49,4		51
5	342,0	935,0	77,9		22
4	160,0	1095,0	91,3		9
2,5					
2,0	96,0	1191,0	99,3		1
1,25					
1	4,0	1195,0	99,6		0
0,63					
0,500					
0,315					
0,250					
0,160					
0,125					
0,100					
0,063					
Materiaux dans la Réceptacle		P=	1		
Pourcentage de fines s'écoulant à travers le tamis de 0,063			$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} =$	0,3	
			$\sum R_{i+1} P =$	1195,8	
Validité des résultats: $\frac{M_2 - \sum R_{i+1} P}{M_2} \times 100 < 1\%$			= 0,2		

L'opérateur

Visa du responsable

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS NA 2607 -2014

Structure : UNITE GHARDAIA

Lieu de travail: SERVICE MATERIAUX

N° Dossier interne: CS-EF-2021 P1

Date:

Classe granulaire: 8/15

Opérateur:

Équipements utilisés: Balance/Etuve

N° D'inventaire: L21-22-15- L49-01-15

M ₁	3001		M ₂	2991,9	
Ouverture Tamis	Refus partiel (R _i)	Refus cumulé (R _i +R _{i+1})	Pourcentage refus R _i /M ₁ x100	Pourcentage passant 100-(∑ R _i /M ₁ x100)	
100					
80					
63					
50					
40					
31,5					
25					
20	0,0	0,0	0,0	100	
16	118,0	118,0	3,9	96	
12,5	1383,0	1501,0	50,0	50	
10	886,0	2387,0	79,5	20	
8	484,0	2871,0	95,7	4	
6,3	103,0	2974,0	99,1	1	
5	14,0	2988,0	99,6	0	
4	3,0	2991,0	99,7	0	
2,5					
2,0					
1,25					
1					
0,63					
0,500					
0,315					
0,250					
0,160					
0,125					
0,100					
0,063					
Materiaux dans la Réceptacle		P=	0		
Pourcentage de fines s'écoulant à travers le tamis de 0,063			$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} = 0,9$		
			$\sum R_i, P = 2991,0$		
Validité des résultats			$\frac{M_2 - \sum R_i + P}{M_2} \times 100 < 1\% = 0,0$		

L'opérateur

Visa du responsable

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

COEFFICIENT D' APLATISSEMENT NFP-18 561 Septembre 1990

Structure : UNITE GHARDAIA
N°Dossier interne : CS-EF-2021 P1
Echantillon : 3/8
Équipements utilisés : balance /etuve

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
Date :
Opérateur :
N° D'inventaire : L21.51.15/L49-01-15

TAMISAGE SUR TAMIS		TAMISAGE SUR GRILLES		
Classes granulaires d/D (mm)	Mg (g)	Ecartement des grilles (mm)	Passant Me (g)	(Me/Mg)*100
31,5		20		
25		16		
20		12,5		
16		10		
12,5		8		
10	0	6,3		
8	4	5	0	
6,3	283	4	51	
5	306	3,15	72	
4	342	2,5	45	
M = Σ Mg = 935		Σ Me = 168		
$A = \frac{\Sigma Me}{\Sigma Mg} \times 100 =$		17,97%		

L'Opérateur

Visa du responsable

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

COEFFICIENT D' APLATISSEMENT NFP-18 561 Septembre 1990

Structure : UNITE GHARDAIA
N°Dossier interne : CS-EF-2021 P1
Echantillon : 8/15
Équipements utilisés : balance /etuve

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
Date :
Opérateur :
N° D'inventaire : L21.51.15/L49-01-15

TAMISAGE SUR TAMIS		TAMISAGE SUR GRILLES		
Classes granulaires d/D (mm)	Mg (g)	Ecartement des grilles (mm)	Passant Me (g)	(Me/Mg)*100
31,5		20		
25		16		
20		12,5		
16	0	10		
12,5	118	8	12	
10	1383	6,3	114	
8	886	5	57	
6,3	484	4	14	
5	103	3,15	6	
4	14	2,5	1	
M = Σ Mg = 2988		Σ Me = 204		
$A = \frac{\Sigma Me}{\Sigma Mg} \times 100 = 6,83\%$				

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE
 MODE OPERATOIRE COURS DE LABORATOIRE R.LANCHON
 BTS.DUT

Structure : UNITE GHARDAIA
 N° Dossier interne: CS-EF-2021 P1
 Echantillon : 0/3
 Équipements utilisés: balance

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
 Date:
 Operateur :
 N° D'inventaire: L21.51.15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V = 2000$
 Poids $P = 1810$
 $P_1 + T = 4819$ $P_1 = 3009$
 $P_2 + T = 4831$ $P_2 = 3021$
 $P_3 + T = 4826$ $P_3 = 3016$
 $P_4 + T = 4837$ $P_4 = 3027$
 Poids moyen $M = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) / 4 = 3018$
 Masse volumique apparente $P/V = 1,51 \text{ g/cm}^3$

L'Opérateur

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1 = 300$
 Poids du récipient plein d'eau $P_2 = 2184,8$
 $P_3 = P_1 + P_2 = 2484,8$
 Poids récipient + agrégats + eau =
 $P_4 = 2372$
 Volume des agrégats $V = P_3 - P_4 = 113$
 Masse volumique absolue $P_1/V = 2,66 \text{ g/cm}^3$

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE
 MODE OPÉRATEUR COURS DE LABORATOIRE: R.LANCHON
 BTS.DUT

Structure : UNITE GHARDAIA
 N° Dossier interne: CS-EF-2021 P1
 Échantillon : 3/8
 Equipements utilisés: balance

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
 Date :
 Opérateur :
 N° D'inventaire: 1.21.51.15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V = 2000$

Poids $P = 1810$

$P_1 + T = 4443$

$P_2 + T = 4458$

$P_3 + T = 4471$

$P_4 + T = 4458$

Poids moyen $M = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) / 4 = 2648$

Masse volumique apparente $P/V = 1,32 \text{ g/cm}^3$

L'Opérateur

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1 = 515$

Poids du récipient plein d'eau $P_2 = 2184,8$

$P_3 = P_1 + P_2 = 2699,9$

Poids récipient + agrégats + eau =

$P_4 = 2507,7$

Volume des agrégats $V = P_3 - P_4 = 192$

Masse volumique absolue $P_1/V = 2,68 \text{ g/cm}^3$

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE
 MODE OPERATOIRE COURS DE LABORATOIRE R.LANCHON
 BTS.DUT

Structure : UNITE GHARDAIA
N° Dossier interne : CS-EF-2021 P1
Échantillon : 8/15
Équipements utilisés: balance

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
Date :
Opérateur :
N° D'inventaire: 1.21.51.15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V = 5000$
 Poids $P = 3800$

$P_1 + T =$	9818	$P_1 =$	6018
$P_2 + T =$	9831	$P_2 =$	6031
$P_3 + T =$	9826	$P_3 =$	6026
$P_4 + T =$	9819	$P_4 =$	6019

Poids moyen $M = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) / 4 = 6024$
 Masse volumique apparente $P/V = 1,20 \text{ g/cm}^3$

L'Opérateur

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1 = 465$
 Poids du récipient plein d'eau $P_2 = 2184,8$
 $P_3 = P_1 + P_2 = 2650,2$
 Poids récipient + agrégats + eau =
 $P_4 = 2476,8$
 Volume des agrégats $V = P_3 - P_4 = 173$
 Masse volumique absolue $P_1/V = 2,68 \text{ g/cm}^3$

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

COEFFICIENT D'ABSORPTION D'EAU
 NF P 18-554 Décembre 1990

Structure : UNITE GHARDAIA
N° Dossier interne : CS-EF-2021 P1
Échantillon : 8/15
Équipements utilisés : Balance/Etuve

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX
Date :
Opérateur :
N° D'inventaire : 1.21/51-15-1.49/01/15

Masse sèche du refus au tamis 4 mm : M_s	$M_s =$	465,4	g
Masse d'échantillon imbibé dans l'air : M_a	$M_a =$	471,8	g
$Ab = \frac{Ma - Ms}{Ms} \times 100$		$Ab =$	1,38
			g

1. Opérateur

Visa du responsable

Annexes



وزارة الأشغال العمومية
مجمع دراسة المنشآت، المراقبة والمساعدة "جارك"
LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
EPE-SPA AU CAPITAL SOCIAL DE : 363.000.000 DA

Zone des activités Bouzraouj n- GHARDAÏA- +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 39
+213 (0) 29 25 27 44 BP 332 GHARDAÏA 47000 dg.ltpsud@ltps.dz www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI
DETERMINATION DE L'EQUIVALENT DE SABLE
NF EN 933-8-A1 : 2015

PV N° : 18 /ES/ 2021 Version (*) ..0.			
Structure	UNITE GHARDAÏA	Étuve N°	L49,02,15
Lieu de travail	SERVICE BETON	Balance N°	L21,09,15
N° Dossier	CS/EF/2021	Dispositif d'agitation N°	L004,15,S,001
Thermomètre N°	Tamis 0,063mm N°	Tamis 2mm N°	Tamis 4 mm N°
988BAD20EF9F	15041998	70199824	7013575

Echantillon** :	0/3			1 ^{re} éprouvette	2 ^{ème} éprouvette
Teneur en eau (%)	0,2	Masse de l'éprouvette M ₁ (g)	120,11	120,11	
Masse M ₁ (g)	914,6	h ₁ (mm)	12,2	11,8	
Masse M ₂ (g)	761,9	h ₂ (mm)	9,5	9	
Teneur en fine (%)	16,53	h ₂ /h ₁ × 100 (%)	77,87	76,27	

M₁ : La masse humide de la pesée d'essai pour la teneur en fines.
M₂ : La masse sèche des résidus sur le tamis 0,063mm.

SE(10) ⁽¹⁾ =	77	U ⁽²⁾ = a ₁	1%
-------------------------	----	-----------------------------------	----

(1) : Proportionner le résultat mesuré à l'arrêter le plus proche ; (2) : coefficient d'allègement k=2.

Observation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées sont identifiées en « gras », les explications de ces modifications sont mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport.

(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiques et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce demand doit être mentionné dans la rubrique « observation ».

<ol style="list-style-type: none"> Les résultats de ce rapport ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai. Les échantillons ont été fournis par le client, les résultats de ce rapport s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus. Le laboratoire n'est pas responsable sur les informations fournis par le client. L'estimation de l'incertitude de mesure sur le résultat peut être communiquée à la demande de client. 	Date de réception d'échantillon Dates d'exécution d'essai : La date d'émission du rapport :
	Nom et Prénom du Générateur DJERKAOUA Med Chetah Visa :

Avertissement : Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS

- Fin de rapport -

Annexes

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DES SUD

RESISTANCE A L'USURE – ESSAI MICRO DEVAL NA 5129 | EN 1097 – 1

Structure : UNITE GIARDAIA
N° Dossier interne: CS-ET-2021 BSM

Lieu de travail : SERVICE MATERIAUX

Date:

Appareil Micro Deval N° Inv: L57.04.13
Echec N. Inv: L49401-15

Opérateur :

Balance N. Inv:

Classe granulométrique	Tamis Intermédiaire	Proportions (%)		Poids totale de mélange des proportions	Rejets de tamis 1.6 mm	MDI = $100 \times \left(\frac{M - m}{M} \right)$
		Fraction 1	Fraction 2			
4/8.30				500	390	22
30/18	12	00	40	500	374	25.2

Description	Tamis	N° Série
	1.60 mm	7010362
	8.00 mm	7013711
	14.0 mm	7019060
	12.5 mm	7013709
	00.0 mm	7013684
	6.30 mm	7019023
	4.00 mm	7013675

L'Opérateur

Visa du responsable