

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE



SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique

Mémoire fin d'études

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologie

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'art

Présenté Par :

HADJI Oussama

GABOUSSA Oussama

Thème :

Etude expérimentale de l'ajout de déchets de la poudre du
café sur les caractéristiques d'un béton bitumineux avec
sable de dune

Soutenu publiquement le : 09/06/2024

Devant le jury composé de :

BOUAKA Wafa

MCB (UKM Ouargla)

Présidente

MENNAAI Amor

MAA (UKM Ouargla)

Examineur

BENTATA Aissa

MAA (UKM Ouargla)

Encadreur

Année Universitaire :2023/2024



Dédicace

Louange à Allah. Alhamdulillah pour tout, après un processus d'étude qui a apporté beaucoup de difficultés, d'épreuves et de fatigue,

Je suis honoré de dédier ce travail à mes parents, les deux personnes qui m'ont fourni les outils et les valeurs nécessaires pour arriver là où je suis aujourd'hui.

Aussi j'aimerais dédier cette thèse à mes frères mes sœurs et mes amis et mes collègues du département. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été essentiels pour surmonter les obstacles et persévérer dans mes études.

Je remercie aussi du fond du cœur toutes les personnes qui ont contribué à ma réussite, que ce soit sur le plan académique ou personnel.

HADJI Oussama



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à Toute ma famille et surtout à mes chers parents pour le soutien, ils se sont sacrifiés et tous les efforts qu'ils ont faits pour m'éduquer

Je dédie également ce travail à

- A me chères amis et mes camarades
- Et a tout enseignants dans ma vie.
- Aux familles : GABOUSSA et RAMDANI.
- Tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce projet.



GABOUSSA Oussama



2024



Remerciements

Au premier lieu elhamdulillah,

Toute notre gratitude, grâce et remerciements vont à Dieu le Tout Puissant qui nous a donné la force, la patience, le courage et la volonté de mener à terme ce projet.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre encadreur : **Mr. BENTATA Aissa** de nous avoir encadré, ainsi que disponibilité, orientation, et précieux conseil avec lequel il a suivi et guidé ce travail.

Nous voudrions adresser nos sincères remerciements à tous les professeurs du département de génie civil et Hydraulique à l'Université de kasdi merbah – ouargla.

Nous remercions également les membres des jurys : Président "Dr. BOUAKA Wafa ", et Examineur " Dr. MANNAI Omar " pour l'effort qu'ils feront dans le but d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à LTPS (Ouragla) et à LTPS (Ghardaïa) et à EURL LBTP Redouane Abdelaziz (Eloude) et à tous ceux qui de près ou de loin m'ont apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Merci à tous



Résumé

Le béton bitumineux est le principal composant des revêtements routiers. En raison de son importance, les chercheurs explorent des technologies modernes en exploitant les déchets et matériaux locaux pour améliorer leurs propriétés.

Cette étude est une évaluation expérimentale des additifs en poudre de café dans le béton bitumineux fabriqué à partir de sable de dunes, Nous remplacerons le sable concassé (0/3) mélangé à 25% de sable de dunes par des pourcentages de poudre de café (3%, 6%, 10%)

Les différents mélanges ont été testés à l'aide d'essais de compression par presse de cisaillement giratoire (PCG) pour déterminer les pourcentages de vides et la compacité.

Les tests ont montré que le remplacement de 10% d'un mélange composé de sable de dunes et de sable concassé par de la poudre de café offrait le meilleur résultat en termes de compactage du béton bitumineux.

Mots clés : béton bitumineux, sable concassé, sable de dune, poudre de café, PCG, compacité

ملخص

الخرسانة الإسفلتية هي المكون الرئيسي لأسطح الطرق. ونظراً لأهميتها يقوم الباحثون بإستكشاف تقنيات الحديثة من خلال استغلال النفايات والمواد المحلية لتحسين خصائصها.

هذه الدراسة عبارة عن تقييم تجريبي لإضافات مسحوق القهوة في الخرسانة الإسفلتية المصنوعة من رمل الكثبان , سنستبدل الرمل المطحون 0/3 الممزوج بنسبة 25% من رمل الكثبان بنسب مسحوق القهوة (3% ، 6% ، 10%) تم اختبار المخاليط المختلفة باستخدام اختبار ضغط القص الدوراني (PCG) لتحديد نسب الفراغات والتراص . أظهرت الإختبارات ان إستبدال 10% من مزيج مكون من رمل الكثبان و الرمل المكسور 0/3 بمسحوق القهوة يقدم أفضل نتيجة من حيث التراص الخرسانة الزفتية

الكلمات المفتاحية: الخرسانة البيتومينية، رمل المسحوق , رمل الكثبان , مسحوق القهوة، PCG، تراص

Abstract

Asphalt concrete is the main component of road surfaces. Due to its importance, researchers are looking for modern technologies by exploiting local wastes and materials to improve their properties.

This study is an experimental evaluation of coffee powder additives in asphalt concrete made from dune sand, we will replace the crushed sand (0/3) mixed with 25% dune sand with percentages of coffee powder (3%, 6%, 10%)

The different blends were tested using gyratory shear press (PCG) to determine void percentages and compactness

Tests showed that replacing 10% of a mixture of dune sand and crushed sand with coffee powder provided the best result in terms of asphalt concrete compaction.

Keywords: asphalt concrete, crushed sand, dune sand, coffee powder, PCG, compactness

Liste de Tableaux

Tableau. I.1 : Granulométrie du mélange.....	13
Tableau II.1. Propriétés de PR PLAST Sahara.....	22
Tableau III .1. Résultats de l'analyse granulométrique des agrégats.....	32
Tableau III .2. Résultats de l'analyse granulométrique de sable de dunes	32
Tableaux III .3 Correspondance tamis/grilles	34
Tableaux III .4. Résultats de coefficient d'aplatissement	35
Tableaux III .5. Résultats propriété superficiel.....	35
Tableaux III .6. Résultats Essai los Angeles.....	36
Tableaux III .7. Résultats essai micro deval	36
Tableaux III .8. Résultats de masse volumique apparent et absolu.....	38
Tableaux III .9. Résultats d'équivalent de sable.....	39
Tableau III .10. Résultats des essais de bitumes	40
Tableau IV.1. Granulométrie du mélange 0/14	44
Tableau IV.2. Pourcentage des éléments.....	45
Tableau IV.3. Calcule Teneur en liant	46
Tableau IV.4 Les différentes compositions	50
Tableau IV.5. Composition de mélange	52
Tableau IV.6. Spécification au Pourcentage de vides	53
Tableau V.1. Variation de stabilité en fonction de teneur en liant	56
Tableau V.2. Caractéristique d'essai Marshall	57
Tableau V.3. Les condition d'essai de Mélanges	56
Tableau V.4. Les information d'essai de Mélanges.....	57
Tableau V.5. Les Résultats d'essai PCG	58

Liste des figures

Figure I.1. Enrobé bitumineux	3
Figure I.2. Classification Liant hydrocarboné	6
Figure I.3. Principe de l'essai de pénétrabilité	7
Figure I.4. Principe de l'essai de point de ramollissement	8
Figure I.5. Pycnomètre + bitume	8
Figure I.6. Principe de l'essai ductilité	8
Figure I.7. Appareil de l'essai point d'éclair	9
Figure I.8. Appareil RTFOT	9
Figure I.9. Différent types d'enrobés bitumineux	11
Figure I.10. Presse Marshall	15
Figure I.11. niveaux d'épreuves de formulation des enrobés	15
Figure I.12. Machine d'essais universelle électromécanique de 200 KN	16
Figure I.13. Compacteur giratoire	16
Figure I.14. Machine d'orniérage (orniéreur)	17
Figure I.15. Module de rigidité d'enrobé	17
Figure I.16. Machine de fatigue	18
Figure I.17. Sables de dune de saharien	19
Figure II.1. Pr Plast Sahara	22
Figure II.2. Les résultats après ajout poudre de PR PLAST	23
Figure II.3. Les résultats après ajout poudre de caoutchouc	25
Figure II.4. Cendre de balle de riz (RHA)	26
Figure II.5. Stabilité et fluage (0 % et 2% RHA)	27
Figure II.6. Stabilité et fluage (3 % et 4% RHA)	27

Figure II.7. Cendres de coque de café (CHA)	28
Figure II.8. Résultat essai Marshall (BSD)	28
Figure II.9. Résultat essai Marshall (CHA)	28
Figure III .1 Tamiseuse	31
Figure III .2. Courbe granulométrique du sable 0/3	33
Figure III .3. Courbe granulométrique du gravier 3/8	33
Figure III .4. Courbe granulométrique du gravier 8/15	33
Figure III .5. Courbe granulométrique du sable de dune	34
Figure III .6 grilles à fonte	34
Figure III .7. Machine los Angeles	35
Figure III .8. Machine micro deval	36
Figure III .9. Masse volumique apparente	37
Figure III .10. Masse volumique absolue	37
Figure III .11. Équivalent de sable.....	38
Figure III .12. Etapes de préparation du Charbon Actif en Poudre	39
Figure III .13. Diffractomètres de Rx	40
Figure III .14. diffractogramme Drx	40
Figure IV .1. Courbes granulométriques des classes granulaires 0/3 ; 3/8 et 8/15	43
Figure IV .2. Pourcentages des compositions granulaires du mélange	44
Figure IV.3. Courbe granulométrique du mélange et fuseau de référence 0/14	45
Figure IV.4. Les moules Marshall.....	47
Figure IV.5. Dame Marshall.....	47
Figure IV.6. Bain Marie.....	48
Figure IV.7. Presse Marshall.....	48
Figure IV .8. Différence entre la masse volumique apparent et réel.....	49
Figure IV.9. Principe d'essai PCG.....	51

Figure IV.10. Préparation de mélange	52
Figure IV.11. Étapes d'essai	53
Figure V.1. Variation de stabilité en fonction de teneur en liant.....	56
Figure V.2. Variation de fluage en fonction de teneur en liant	56
Figure V.3. Variation de compacité en fonction de teneur en liant	57
Figure V.4. Variation de pourcentage de vides	59
Figure V.5. Variation de compacité	60

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Résumé

Liste de tableau

Liste de figures

Introduction générale

Chapitre I : GÉNÉRALITÉS SUR LES ENROBÉS BITUMINEUX	3
I.1.INTRODUCTION.....	3
I.2 COMPOSITION DE L'ENROBE BITUMINEUX	3
I.2.1. Liant hydrocarboné.....	3
I.2.1.1. Classification Liant hydrocarboné.....	4
I.2.1.2 Propriétés du bitume	6
I.2.1.3 Essais de caractérisation des bitumes	7
I.2.2. Granulats.....	9
I.2.2.1. Rôles des granulats dans l'enrobé	10
I.2.2.2 Classification des granulats	10
I.3. CLASSIFICATION DES ENROBES BITUMINEUX	11
I.4. ETUDE DE FORMULATION.....	13
I.4.1. Composition granulométrique.....	13
I.4.2. Teneur en liant	14
I.5. ESSAIS SUR LES ENROBÉS BITUMINEUX.....	14
I.5.1. Essai Marshall (NF EN 12697-34).....	14
I.5.2. Niveaux d'épreuves de formulation des enrobés	15
I.5.2.1 Essai duriez (NF EN 12697-12).....	16
I.5.2.2 Essai Presse à Cisaillement Giratoire (NF EN 12697-31)	17
I.5.2.3. Essai d'orniérage (NF EN 12697-22)	17

I.5.2.4 Essai Module de Rigidité (NF EN 12697-26).....	17
I.5.2.5. Essai de Fatigue (NF EN 12697-24)	18
I.6. SABLE DE DUNE.....	18
I.6. 1. Identification des sables de dunes du Sahara	19
I.6. 1.1. Composition chimique	19
I.6.1.2. Granulométrie	19
I.6.1.3. Propreté	19
I.6.1.4. Utilisation du sable de dunes dans le domaine routier	19
I.7. CONCLUSION	20
Chapitre II : MODIFICATIONS SUR L'ENROBE	22
II .1. INTRODUCTION.....	22
II .2. ENROBE MODFIE PAR PR PLAST SAHRA.....	22
II.2.1. Procédure de modification.....	23
II.2.2. Résultats de modification	23
II .3. ENROBE MODFIE PAR POUDRETTE DE CAOUTCHOUCS	24
II .3.1. Aperçu sur la poudrette de caoutchouc	24
II.3.2. Procédure de modification.....	24
II.3.3. Résultats de modification	25
II 3. MODIFICATION DES ENROBES PAR ADDITION CENDRES DE BALLE DE RIZ	26
II .3.1. Définition	26
II 3.2. Procéder de modification	26
II 3.3. Résultats de modification	27
II 4. MODIFICATION DES ENROBES PAR ADDITION CENDRES DE COQUE DE CAFE.....	27
II 4.1. Définition.....	27
II 5.2. Procéder de modification.....	28
II 5.3. Résultats de modification	28

II.5. CONCLUSION	29
Chapitre III : CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX.....	31
III.1. INTRODUCTION	31
III .2 CARACTIRISTIQUE DES AGRÉGATS.....	31
III .2.1. Analyse Granulométrique (NF P 18-560).....	31
III .2.2. Mesure du coefficient d'aplatissement (NF P 18-561).....	34
III .2.3. Propriété superficiel (NF P 18-554).....	35
III.2.4. Essai los Angeles (NF P 18-573)	35
III.2.5. Essai de Micro-Deval (NF P 18-572).....	36
III.2.6. Masse volumique (NF P 18-554)	37
III.2.7. Équivalent de sable (NF P 18-597)	38
III .3 CARACTIRISTIQUE DU LIANT UTILISE	39
III .4. CARACTIRISTIQUE DU POUDRETTE DE CAFE	39
III .4.1. Essai diffraction des rayons X (DRX).....	40
III .5. CONCLUSION.....	41
Chapitre IV : ESSAIS RÉALISÉS ET DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX	43
IV.1. INTRODUCTION.....	43
IV.2. ETUDE DE FORMULATION.....	43
IV.2.1. Composition granulaire.....	43
IV.2.2. Détermination de mélanges proposé.....	44
IV.2.3. Détermination de la teneur en liant.....	45
IV.2. FABRICATION D'ENROBÉ BITUMINEUX À CHAUX.....	46
IV.2.1. Préparation des agrégats	46
IV.2.2. Préparation de liant	46
IV.2.3. Malaxage.....	46
IV.3. EXECUTION ESSAI MARSHALL	47
IV.3.1. Préparation des éprouvettes	47
IV.3.2. Mode opératoire d'essai.....	48

IV.3.3. Caractéristiques mécaniques de l'enrobé bitumineux d'après essai Marshall	48
IV.4. PROCEDURE DE MODIFICATION	50
IV.4.1. Exécution essai presse à cisaillement giratoire (PCG)	50
IV.4.1.1. Principe d'essai	50
IV.4.1.2. Préparation d'essai	51
IV.4.1.3. Réalisation d'essai	52
IV.5. CONCLUSION	54
Chapitre V : RESULTATS ET DISCUSSION	56
V.1. INTRODUCTION	56
V.2. EXPRESSION DES RESULTATS D'ESSAI MARSHALL	56
V.3. EXPRESSION DES RESULTATS D'ESSAI PCG	57
V.4. DISCUSSION DES RESULTATS D'ESSAI PCG	59
V.5. CONCLUSION	60
CONCLUSION GENERALE	61
Liste de référence	62
Liste de Norme :	64

Liste de symboles

LTPS : Laboratoire des Travaux Publics du Sud

LBTP : Laboratoire et bureau des travaux publics

BB : Béton bitumineux

BBSG : Béton bitumineux semi grenu

RHA: Rice husk ash

CHA: coffee husk ash

ρ_{app} : Masse volumique apparent

ρ_s : Masse volumique absolu

AP : Coefficient d'aplatissement

PS : Propriété superficiel

LA : Coefficient los Angeles

MDE : Coefficient micro deval

ES : Equivalent de sable

DRX : Diffraction rayon x

TL : Teneur en liant

α : Coefficient correcteur

MVR_g : Masse volumique réelle des agrégats

K : Module de richesse

Σ : Surface spécifique des agrégats

G : Pourcentage des éléments de dimensions supérieur à 6,30 mm

S : Pourcentage des éléments de dimensions comprises entre 6,30 et 0,315 mm

s : Pourcentage des éléments de dimensions comprises entre 0.315 et 0,08 mm

F : Pourcentage des éléments de dimensions inférieurs à 0,08mm

MVA : Masse volumique apparent d'enrobé

MVR : Masse volumique réelle d'enrobé

S : Stabilité de Marshall

F : Fluage marshal

C : Compacité

V : Pourcentage des vides

PCG : Presse à Cisaillement Giratoire

H : Hauteur d'éprouvette

D : Diamètre d'éprouvette

Hmin: La hauteur minimale correspondent un pourcentage de vide = 0 %

INTROUCTION GENERALE

En général, les réseaux routiers sont considérés comme un moyen de parvenir au développement et à la prospérité du pays. Les réseaux routiers permettent aux résidents de socialiser entre différents endroits à l'intérieur et à l'extérieur du pays. Ils facilitent également le développement économique à travers le commerce et le transport de marchandises entre les villes urbaines et rurales.

Des ingénieurs et des chercheurs du monde entier tentent de développer des techniques utilisant des matériaux locaux dans le but d'améliorer les propriétés des chaussées souples et de réduire le coût des projets.

Cette recherche s'inscrit donc dans une tentative de recyclage des déchets de café et d'exploitation du sable des dunes, matériau local abondant dans le désert, pour améliorer le comportement mécanique des bétons bitumineux.

Dans ce travail, nous avons exposé des déchets de café à une température de 450 degrés Celsius en l'absence d'air à l'intérieur d'un four à moufle du bureau et laboratoire d'études des travaux publics (LBTP oued).

Le sable concassé (0/3) habituellement utilisé dans le béton bitumineux est bien mélangé avec 25 pour cent du sable des dunes. Des pourcentages de ce mélange ont été retirés et remplacés par charbon de poudre de café.

Plusieurs formulations avec différentes proportions de café en poudre sont testées à l'aide d'un essai de presse cisaillement giratoire (PCG) au Laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS Ghardaïa). Pour Connaître l'effet de cet ajout sur la compacité du béton bitumineux

Cette étude comprend deux parties : la partie bibliographique et la partie expérimentale

Partie bibliographique

Il se compose de deux parties

- Le premier chapitre présente des généralités sur enrobé bitumineux
- Le deuxième chapitre présente les modifications les plus importantes de l'enrobé bitumineux

Partie expérimentale

Il se compose de trois parties

- Le troisième chapitre présente les caractéristiques des matériaux utilisés
- Le quatrième chapitre présente les essais réalisés et dispositif expérimentaux
- Le cinquième chapitre présente les résultats obtenus et discussion

Finalement nous avons clôturé ce travail par une conclusion générale et des recommandations

Chapitre I
GÉNÉRALITÉS SUR LES ENROBÉS
BITUMINEUX

I.1.INTRODUCTION

L'enrobé bitumineux est un matériau constitué d'un mélange de granulats (gravillons, sable, fines) et de liant hydrocarboné (bitume). Utilisé généralement pour les couches de roulement, c'est-à-dire pour les couches supérieures de la chaussée.

Les granulats assurent la rigidité de l'enrobé par contre le bitume lie les granulats ensemble et donne au mélange le caractère visqueux.



Figure I.1. Enrobé bitumineux [1]

I.2 COMPOSITION DE L'ENROBE BITUMINEUX

L'enrobé bitumineux constitué essentiellement par un liant hydrocarboné et granulats

I.2.1. Liant hydrocarboné :

Les liants hydrocarbonés sont des produits issus de la distillation du pétrole et de la houille (charbon minéral).

Le mot liant signifie « colle » et l'adjectif « hydrocarboné » indique que le produit renferme principalement des atomes de carbone et d'hydrogène. Implicitement, Les deux grandes catégories de liants hydrocarbonés sont les goudrons et les bitumes. [2]

On distinguera les périodes suivantes d'utilisations du liant hydrocarboné [3]

- De 1900 à 1930 : goudrons de houille
- De 1930 à 1950 : Emulsion de bitume
- Jusqu'en 1970 : les bitumes purs
- Les années 70 : les bitumes polymères
- Les années 80 : les liants modifiés et les additifs
- Les années 90 : les bitumes spéciaux

a) **Goudron**

Le goudron est obtenu par distillation sèche (chauffage à haute température sans air) d'un combustible. On distingue, selon le combustible employé, les goudrons d'origine végétale, fossilifère ou sédimentaire.

b) **Bitume**

Le bitume est un mélange d'hydrocarbures issus de la distillation du pétrole. Sa composition chimique varie en fonction du pétrole utilisé pour son obtention. à température ambiante, c'est un solide inerte, mais une fois chauffé, il ramollit pour devenir un liquide visqueux et adhésif. Il est principalement choisi selon ses propriétés de déformation, ses propriétés adhésives, sa résistance dans le temps et sa stabilité aux températures ambiantes. Les bitumes sont également définis selon leur grade (évolution de la viscosité en fonction de la température). [4]

1.2.1.1. Classification Liant hydrocarboné :

Une classification des liants est donnée dans la norme européenne EN 12-597. On différencie d'abord les liants bitumineux, qui regroupent des liants ou mélanges de liants et de granulats qui contiennent du bitume, et les liants à base de goudron. Les liants bitumineux sont ensuite classés l'origine du bitume : naturelle ou dérivée du pétrole. Les liants bitumineux issus du pétrole sont quant à eux différenciés selon leur structure et selon leur usage. [3]

➤ **Selon leur structure :**• **Bitume pur**

Les bitumes purs et les bitumes routiers durs Ils sont obtenus par raffinage de bruts pétroliers sont classés à l'aide de l'essai de pénétrabilité à l'aiguille (20/30,40/50,60/70,80/100...)

• **Bitume fluidifié**

Un bitume fluidifié, ou Cut-back, est un bitume dont on a réduit la viscosité en lui ajoutant un diluant assez volatil (du pétrole ou du kérosène par exemple) . On utilise les cut-backs pour des enrobés pour couches de scellement et couches d'accrochage. On distingue ainsi :

- Les cut-backs à prise rapide (RC) : Cut-backs composés d'un ciment bitumineux et d'un diluant de haute volatilité comme l'huile de naphte ou de gazoline.
- Les cut-backs à prise moyenne (MC) : Cut-backs composés d'un ciment bitumineux et d'un diluant de volatilité moyenne comme le kérosène.

- Les cut-backs à prise lente (SC) : Cut-backs composés d'un ciment bitumineux et d'huiles de volatilité lente. [5]

- **Bitume fluxé**

, bitume additionné d'une huile de fluxage

- **Bitume modifié**

Liants bitumineux dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées par l'emploi d'un agent chimique

- **Émulsion de bitume**

Est un liant, composé d'eau et de bitume. Émulsion est un système dispersé aux particules de bitume dispersées dans l'eau. La tâche principale est d'empêcher la coalescence des microparticules de bitume, qui maintient les propriétés physicochimiques d'émulsion et sa qualité. Cette stabilité est obtenue par intermédiaire des émulsifiants spéciales.

Les émulsions de bitume sont réparties en trois classes :

- Les émulsions à prise rapide (RS).
- Les émulsions à prise moyenne (MS).
- Les émulsions à prise lente (SS). [5]

➤ **Selon leur usage [3]**

- **Bitume routier**

Bitume utilisé pour l'enrobage des granulats destinés à la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées

- **Bitume industriel**

Par opposition au précédent, bitume servant à d'autres usages que la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées

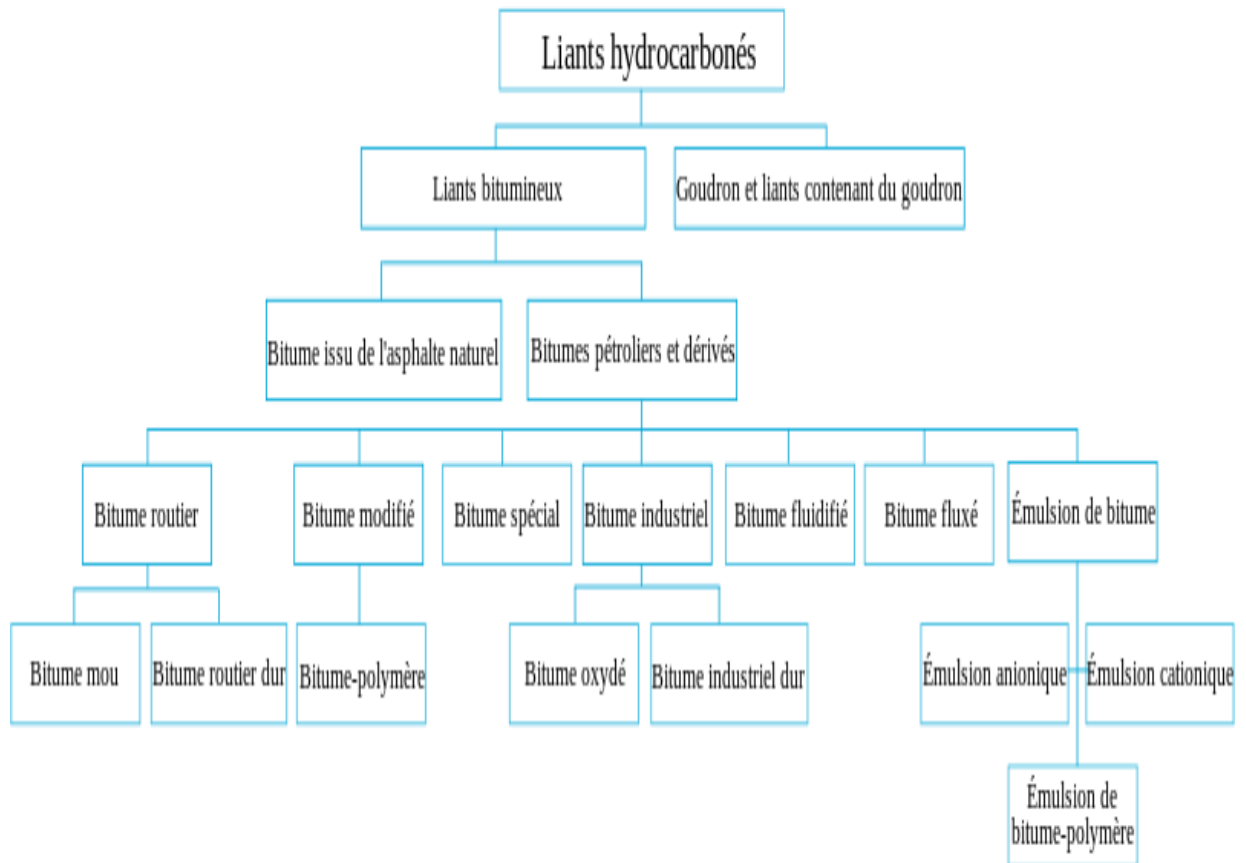


Figure I.2. Classification Liant hydrocarboné [3]

1.2.1.2 Propriétés du bitume

Le bitume possède de nombreuses propriétés dont les plus importantes sont mentionnées ci-dessous.

- **Viscosité**

La viscosité est une propriété physique qui caractérise l'état d'un fluide dont les molécules sont entravées dans leur déplacement par des interactions, La viscosité d'un fluide est influencée par différents facteurs et notamment la température.

- **Adhésivité**

Lors de l'utilisation de bitume pour la formation de chaussée, l'adhésion bitume aux granulats est l'une des principales propriétés recherchées.

- **Viellissement**

La perte de bitume est certaines caractéristiques au fil du temps et la propriété de cohésion est la plus importante de ces qualités

- **Cohésivité**

La cohésivité est une qualité importante qui empêche le bitume de se désunir trop facilement (Capable d'allongement sans séparation)

1.2.1.3 Essais de caractérisation des bitumes

a) Essai de pénétrabilité à l'aiguille (NF EN 1426)

L'essai de pénétrabilité consiste à déterminer la consistance des bitumes et des liants bitumineux.

Cette méthode consiste à définir la profondeur de pénétration verticale d'une aiguille de référence dans un échantillon d'essai du matériau, en dixième de millimètre, dans des conditions précises

Les conditions opératoires s'appliquant aux pénétrations :

- Température fixée à 25°C
- Charge appliquée 100g
- Durée d'application de la charge fixée à 5s

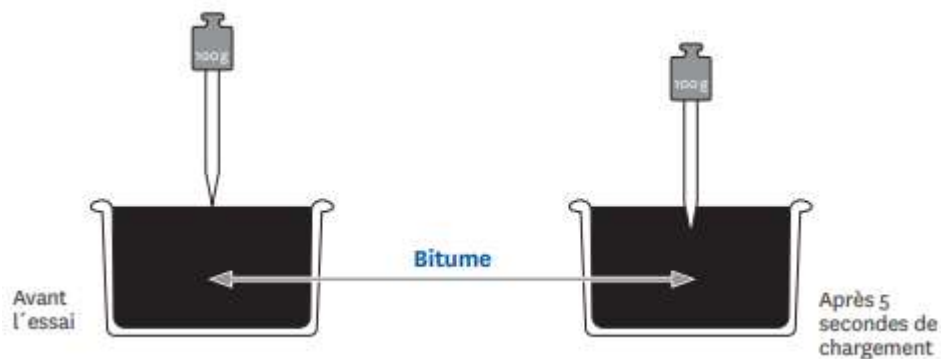


Figure I.3. Principe de l'essai de pénétrabilité [6]

b) Essai de point de ramollissement bille et anneau (NF EN 1427)

L'essai consiste à déterminer la température de ramollissement de bitume, C'est-à-dire mesure la température qui correspond à la transformation de bitume de l'état solide à l'état liquide. On remplit un anneau de cuivre par du bitume on place une bille en acier au-dessus puis on immerge le tout dans de l'eau, on élève la température de 5 °C par minute, la température de

ramollissement c'est celle où la bille entraîne le bitume se trouvant dans l'anneau au fond du récipient.

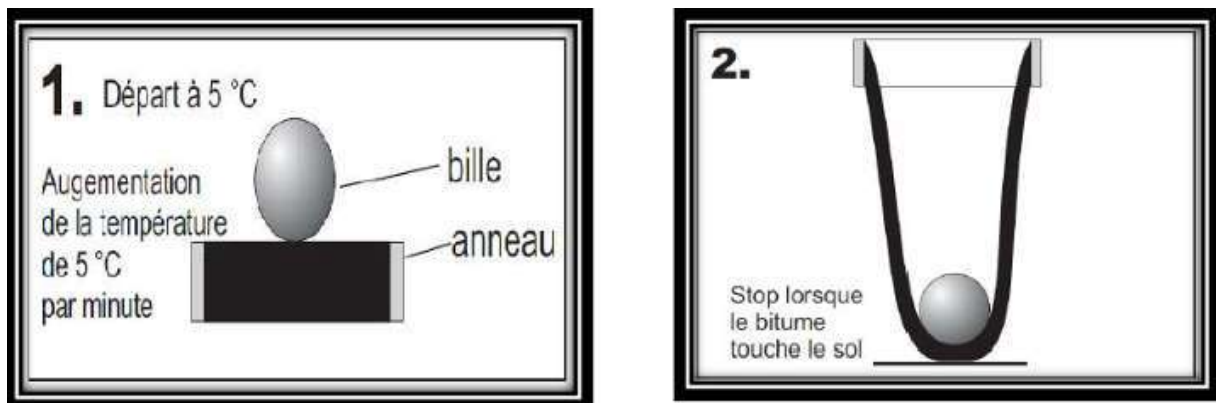


Figure I.4. Principe de l'essai de point de ramollissement [7]

c) **Densité relative (NF EN 15326)**

Par définition, la densité relative est la proportion de la masse de n'importe quel volume du matériau à la masse d'un volume égale d'eau, les deux étant à une température spécifiée. Ainsi, une densité relative de 1.05 signifie que le matériau est 1.05 fois plus pesant que l'eau à la température indiquée. [8]



Figure I.5. Pycnomètre + bitume

d) **Ductilité à 25°C (NF EN 13589)**

La ductilité d'un matériau bitumineux est l'allongement d'un échantillon de bitume immergé dans un bain à une température de 25 °C et une vitesse de 50 mm/min. et ceci au moment de la rupture du filament ainsi formé.

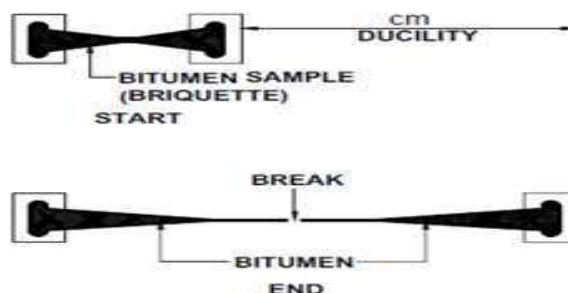


Figure I.6. Principe de l'essai ductilité [9]

e) Essai de Point d'éclair (NF EN 22592)

Le test du point d'éclair consiste à chauffer doucement un échantillon à un rythme constant d'élévation de température et avec une agitation continue. À chaque degré d'augmentation de température, une flamme est introduite dans la vapeur produite au-dessus de l'échantillon. La plus basse température à laquelle les vapeurs s'enflamment est le point d'éclair [10]



Figure I.7. Appareil de l'essai point d'éclair [10]

f) Essai RTFOT (NF EN 12607-1)

Cet essai est employé pour caractériser le vieillissement des bitumes à l'enrobage. En effet, lors de la fabrication d'un enrobé, les granulats chauffés aux environs de 180°C sont mis en contact avec le bitume chaud qui répartit en film mince autour du granulat, ce contact induisant un vieillissement du liant.

Pour l'essai RTFOT, dans des conditions d'essai précises, le bitume placé en film mince, est régulièrement exposé à un flux d'air chaud dont le débit est contrôlé. On mesure en suite les propriétés habituelles du liant : pénétrabilité et température de ramollissement bille et anneau. Ces valeurs, dites après RTFOT, sont alors comparées aux valeurs initiales. Elles sont plus proches de celles du liant extrait de l'enrobé, que celles obtenues sur le bitume d'origine [8].



Figure I.8. Appareil RTFOT [11]

I.2.2. Granulats

Les granulats utilisés dans les enrobés peuvent être divisés en deux grandes catégories : granulats naturels en provenance de carrières, sablières et gravières et les granulats d'autres origines tels que des granulats recyclés, des sous-produits d'origine industrielle ou de granulats fabriqués pour un usage spécifique. [12]

1.2.2.1. 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 pneus-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.

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. [13]

1.2.2.2. Classification des granulats [13]

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 $D \leq 0,080$ mm
- Les sables 0/D avec $D \leq 6,6$ mm
- Les gravillons d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 31,5$ mm
- Les cailloux d/D avec $d \geq 20$ mm et $D \leq 80$ mm
- Les graves 0/D avec $6,3\text{mm} < D \leq 80$ mm

❖ **Filler d'apport :**

Le filler est constitué des éléments très fins, de diamètre inférieur à 80 microns. Il provient du dépoussiérage de granulats ou de production industrielle par mouture de roche, ces fillers à une surface spécifique très élevée et il absorbe une part importante du liant. [13]

Le mélange du filler avec le liant constitue le mastic qui confère sa stabilité à l'enrobé, et l'épaisseur du film de mastic est caractérisée par un critère s'appelle le module de richesse. [13]

La propreté du filler, en particulier sa faible teneur en argile, est primordiale afin de garantir un bon comportement mécanique. [13]

L'arrangement des différentes classes granulaires forme la courbe granulométrique d'un mélange bitumineux [13]

I.3. CLASSIFICATION DES ENROBES BITUMINEUX :

On distingue de nombreux types de béton bitumineux, chacun avec ses caractéristiques propres

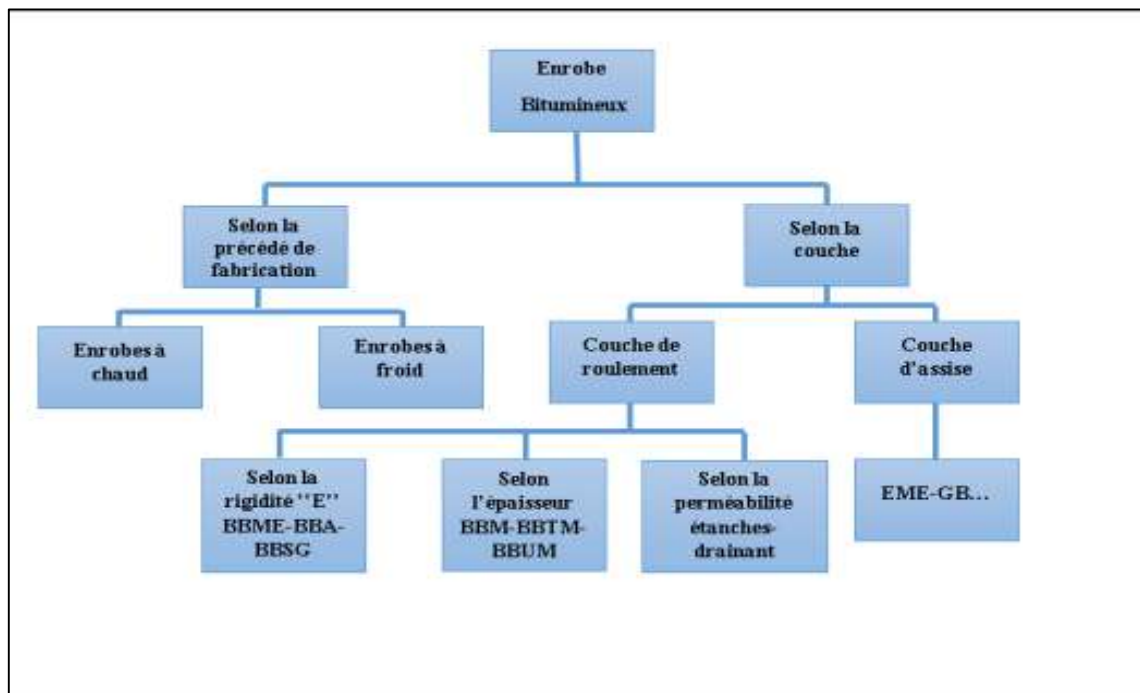


Figure I.9. Différent types d'enrobés bitumineux [13]

- **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.

Ils sont destinés essentiellement pour la réalisation des couches de roulement et de liaison. Ils ont une granulométrie 0/10, 0/14 et contiennent généralement une teneur en liant élevée ($\geq 5\%$)

- **Grave bitume (GB)**

Ils sont destinés essentiellement pour la réalisation des couches de base et fondation. Ils ont une granulométrie 0/14, 0/20 et contiennent 4 à 4,5% de bitume

- **Sable bitumineux**

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).

- **Béton bitumineux mince (BBM)**

Possède une granulométrie de 0/10 ou 0/14. Ce béton bitumineux est facilement compactable et est parfaitement imperméable. Principalement utilisé pour les parkings ou les trottoirs, son épaisseur varie de 2.5 à 5 cm. [14]
- **Béton bitumineux très mince (BBTM)**

C'est sans doute l'enrobé le plus intéressant en termes de rapport qualité-prix. En effet, il dispose d'une très bonne durée de vie ainsi que d'une facilité de mise en œuvre. Quelle que soit la granulométrie (0/10 ou 0/6), le BBTM dispose d'une épaisseur comprise entre 1.5 et 3 cm. [14]
- **Béton bitumineux ultra mince (BBUM)**

Destiné à une couche de roulement, c'est-à-dire en contact direct avec les pneumatiques des véhicules, il est tout indiqué pour un parking par exemple. Son épaisseur varie de 1 à 1.5 cm. [14]
- **Béton bitumineux souple (BBS)**

Comme son nom l'indique, ce béton est constitué d'un bitume assez mou pour obtenir un enrobé déformable. Cependant, il possède une faible résistance à l'orniérage. [14]
- **Béton bitumineux drainant (BBDR)**

L'avantage principal de ce type de béton bitumineux réside dans son excellente adhérence, aussi bien par temps de pluie ou de forte chaleur. De plus, il réduit le bruit de roulement. Pour une allée de jardin, il est alors parfaitement adapté. [14]
- **Béton bitumineux semi-grenu (BBSG)**

Celui-ci est l'enrobé à chaud de référence. En effet, il répond à de nombreux besoins (trottoir, allée...) et est très adapté pour un trafic aussi bien moyen que lourd. Son épaisseur varie de 3 à 9 cm, suivant la granulométrie. [14]
- **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. 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.4.ETUDE DE FORMULATION

Formuler un enrobé hydrocarboné est déterminer le meilleur mélange de granulats de diverses dimensions et d'un liant (le bitume) permettant d'atteindre des performances visées : Imperméabilité, rugosité, résistance mécanique (à l'orniérage et la fatigue). Donc l'objectif de formulation est de déterminer un mélange de différentes classes granulaires qui constitue un squelette granulaire ayant un pourcentage de vides ni trop faible ni trop élevé. Un faible pourcentage de vide empêche l'introduction d'une quantité du liant suffisante pour enrober l'ensemble des grains sans saturer le mélange, et un pourcentage de vides élevé favorise le développement des déformations permanentes par post-compaction. [5]

I.4.1. Composition granulométrique [15]

Les enrobés bitumineux doivent répondre à certaines règles de composition granulométrique que l'on résume sous forme de fuseaux à l'intérieur desquels la courbe granulométrique du mélange considéré peut se déplacer. L'étude de la composition granulométrique de l'enrobé comporte deux étapes :

- La forme de la courbe (continuité)
- Son état de compactage (nature et intensité du compactage).

La composition granulométrique du mélange devra être, selon le type d'enrobé, à l'intérieur des fourchettes données dans le tableau suivant :

Tableau I.1.Granulométrie du mélange

Tamis (mm)	Béton bitumineux 0/14		Grave bitume /20	
	Min	Max	Min	Max
20	-	-	85	100
14	94	100	-	-
10	72	84	65	75
6.3	50	66	45	60
2	28	40	25	40
0.08	7	10	6	9

I.4.2. Teneur en liant

La teneur en liant à retenir est définie à partir d'une étude de laboratoire qui consiste à choisir à partir d'un granulats simple ou composé entrant dans le fuseau recommandé. Elle sera fonction de la surface spécifique des granulats selon la formule suivante

$$\text{Teneur en liant} = K \times \alpha \times \sqrt[5]{\Sigma}$$

K : module de richesse pouvant prendre les valeurs suivantes :

- 2 à 2,9 pour les Graves bitumes (GB)
- 3,3 à 3,9 pour un Béton bitumineux(BB)

α : coefficient correcteur destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats (MVRg)

$$\alpha = \frac{2.65}{MVRg}$$

Avec :

$$MVRg = \frac{8/15\% + 3/8\% + 0/3\%}{\frac{8/15\%}{MV(8/15)} + \frac{3/8\%}{MV(3/8)} + \frac{0/3\%}{MV(0/3)}}$$

Σ : La surface spécifique du granulats est calculée par la formule :

$$100\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f \text{ en } (m^2/kg)$$

-G : pourcentage des éléments de dimensions supérieur à 6,30 mm

-S : pourcentage des éléments de dimensions comprises entre 6,30 et 0,315 mm

-s : pourcentage des éléments de dimensions comprises entre 0,315 mm et 0,08 mm

-f : pourcentage des éléments de dimensions inférieurs à 0,08mm

I.5. ESSAIS SUR LES ENROBÉS BITUMINEUX

I.5.1. Essai Marshall (NF EN 12697-34)

Essai réalisé en laboratoire pour la formulation d'enrobés bitumineux à chaud. L'essai consiste à presser des éprouvettes du mélange dans un moule cylindrique qui permet de déterminer la « stabilité », le « fluage » et « pourcentage de vide » des éprouvettes de mélange.



Figure I.10. Presse Marshall [16]

I.5.2. Niveaux d'épreuves de formulation des enrobés

Des mélanges préparés au laboratoire a différents dosages en liant (autour des dosages Calculés), seront soumis aux différents essais au but de déterminer leurs performances Mécaniques selon les quatre niveaux d'étude de formulation.

- Niveau 1 : Pourcentage de vides à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG), Tenue à l'eau du mélange (DURIEZ)
- Niveau 2 : niveau 1 + Essai d'orniérage.
- Niveau 3 : niveau 2 + Module de Rigidité.
- Niveau 4 : niveau 3 + Résistance à la fatigue.

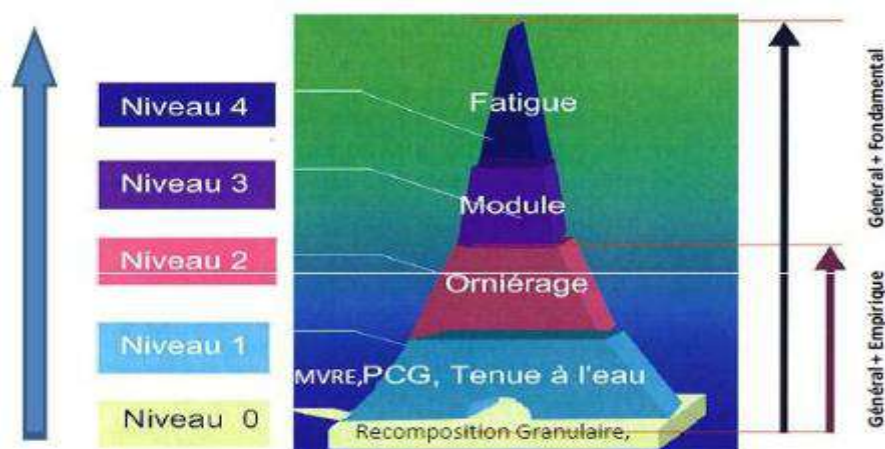


Figure I.11.niveaux d'épreuves de formulation des enrobés. [7]

1.5.2.1 Essai duriez (NF EN 12697-12)

Cet essai permet de connaître la tenue à l'eau d'un enrobé à chaud exprimé par un rapport des résistances à la compression avec immersion dans l'eau et à sec. Cet essai consiste à confectionner 12 petits moules cylindriques d'enrobés : 2 destinés à mesurer la masse volumique à la pesée hydrostatique. 5 conservés 7 jours à l'eau. Et 5 conservés 7 jours à l'air.

Après ce temps les éprouvettes sont écrasées dans une presse hydraulique.



Figure I.12. Machine d'essais universelle électromécanique de 200 KN [17]

1.5.2.2 Essai Presse à Cisaillement Giratoire (NF EN 12697-31)

L'essai de compactage à la PCG est une combinaison d'un cisaillement giratoire et d'une force résultante axiale appliquée par une tête mécanique. On mesure la hauteur h de l'éprouvette à chaque giration, ce qui permet de déterminer le pourcentage des vides et la compacité de l'enrobé et de représenter graphiquement la variation de compacité en fonction de l'énergie de compactage (ou nombre de girations).



Figure I.13. Compacteur giratoire [18]

1.5.2.3. Essai d'orniérage (NF EN 12697-22)

Cet essai est très important pour les routes très circulés grand trafic (trafic lourds) et avec un pourcentage de poids lourds assez élevé, il permettra de simuler au laboratoire la résistance de l'enrobé à l'orniérage.

On détermine la profondeur de l'ornière au passage répété d'un pneumatique, selon l'épaisseur de l'enrobé on confectionne une plaque de 5 ou 10 cm qu'on lui fait subir une énergie de compactage normalisée à 60°C, plusieurs cycles sont appliqués 1000, 3000, 10 000, 30 000 ,100 000 le résultat (profondeur d'ornière) est comparé à la norme. [19]



Figure I.14. Machine d'orniérage (orniéreur) [18]

1.5.2.4 Essai Module de Rigidité (NF EN 12697-26)

Ce test est réalisé pour caractériser la performance mécanique des mélanges hydrocarbonés. Il s'agit de mesurer le module de l'enrobé bitumineux en fonction de la fréquence et de la température. Utilisée pour le dimensionnement des chaussées.



Figure I.15. Module de rigidité d'enrobé [20]

I.5.2.5. Essai de Fatigue (NF EN 12697-24)

Cet essai s'effectue par mise en flexion d'une éprouvette trapézoïdale d'enrobé, à température constante. L'éprouvette étant encastrée à sa grande base, on applique à l'extrémité libre des déplacements alternatifs sinusoïdaux d'amplitude constante et on enregistre la force correspondante. La durée de vie est définie conventionnellement par le nombre de cycles qu'il faut appliquer jusqu'à ce que la force nécessaire au déplacement d'amplitude constante soit divisée par deux. Pour les études courantes, l'essai s'effectue à 10°C, 25 Hz avec trois niveaux de déformation. Le résultat est exprimé par la déformation admissible pour une durée de 10⁶ cycles (ϵ_6). [19]



Figure I.16. Machine de fatigue [18]

I.6. SABLE DE DUNE

Les sables, que l'on trouve dans les dunes mouvantes, sont composés de particules siliceuses pratiquement de même taille et de petites dimensions. Ces sables sont accumulés sous forme de dunes mouvantes de hauteur très variable. D'après Fookes et Higginbotham (1968) (BEN DHIA 1998), le Sahara est constitué d'environ 40 % de montagnes désertiques, 15 % de plaines désertiques et 30 % de dunes de sable, le reste étant constitué de sebkhas, de chotts, etc. Le Sahara, quant à lui, couvre environ le tiers du continent africain. Ces chiffres montrent bien l'intérêt que l'on doit apporter à la construction routière dans le Sahara, qui reste fort démuné en infrastructures, et aussi l'importance que l'on doit accorder au sable dans toute investigation visant la valorisation des matériaux locaux dans ces lieux. [21]



Figure I.17. Sables de dune de saharien

I.6. 1. Identification des sables de dunes du Sahara. [21]

I.6. 1.1. Composition chimique

Ce sont des sables dont la composition chimique est très simple : plus de 95% de silice, de 1 à 2% de calcaire et des traces de différents oxydes. Du fait de cette constitution, le sable a une couleur blanche légèrement jaune et ocre, il se dessèche et perd facilement sa cohésion en surface. [21]

I.6.1.2. Granulométrie

Le diamètre des plus gros éléments des sables des dunes du Sahara est de l'ordre de 0,5mm. Il est maximal aux endroits les plus proches de la roche mère et diminue de plus en plus quand on s'en éloigne. Les particules deviennent aussi de plus en plus arrondies. Le diamètre des éléments les plus fins est de l'ordre de 0,04mm. [21]

I.6.1.3. Propreté

Le sable de dunes ne contient pratiquement pas de traces d'argile. Il a une limite de liquidité de l'ordre de 25 et une limite de plasticité non mesurable. La valeur de l'équivalent dessable est supérieure à 60 %. La valeur du bleu est de l'ordre de 0,1. [21]

I.6.1.4. Utilisation du sable de dunes dans le domaine routier

L'utilisation des sables en techniques routière s n'est pas nouvelle. Beaucoup d'études et de réalisations ont été faites et un guide pratique d'utilisation routière des sables a été publié (Chauvin, 1987). Cependant, les sables de dunes constituent un cas particulier pour lequel les directives et recommandations ne peuvent pas être appliquées sans études spécifiques. L'utilisation du sable de dune seul ne peut être envisagée malgré la facilité qu'il présente au reprofilage, car sa stabilité de surface est souvent incertaine, ce qui augmente la résistance au roulement et provoque parfois des enlacements (Autres, 1989). Mais il pourrait être mélangé avec d'autres matériaux. [21]

I.7. CONCLUSION

Comme nous avons vu précédemment le béton bitumineux est constitué de deux éléments Principaux (les granulats et le bitume).

Ces deux éléments sont responsables de la capacité du mélange à résister aux charges de trafic et aux facteurs climatiques.

Chapitre II
MODIFICATIONS SUR L'ENROBE

II .1. INTRODUCTION

L'amélioration des propriétés des revêtements routiers résilients est essentielle à mesure que le trafic et la charge des véhicules augmentent. Cette amélioration s'est développée grâce à l'introduction de nouvelles technologies et de nouveaux procédés de modification des revêtements bitumineux.

II .2. ENROBE MODFIE PAR PR PLAST SAHRA

D'après DINE Hafsa : Le PR PLAST Sahara a une granulométrie de 2.5 mm Issu d'un mélange de polyoléfines et pré-gave au bitume c'est un produit de fluidité constante traité avec un anti-retrait. Il est utilisé pour la fabrication d'enrobés bitumineux en couche de roulement et de liaison dans des régions chaude ou désertiques [22]



Figure II.1. Pr Plast Sahara [22]

-Propriétés de PR PLAST Sahara

Tableau II.1. Propriétés de PR PLAST Sahara [22]

Propriété (ISO 11357-1)	Valeur type
Point de fusion	110 – 130 c°
Granulométrie	2.5 mm
Fluidité à 150° sur 5 Kg de charge (ISO 1133)	>1 Gr / 10 min

II.2.1. Procédure de modification

Injecter le PR PLAST Sahara dans le malaxeur des post d'enrobage avant ou juste après L'injection du bitume.

Dosage : taux d'ajout généralement compris entre 0.2 et 0.6 % par tonne d'enrobé.

Le temps de malaxage est identique à un enrobé traditionnel.

La température de fabrication doit être comprise entre 170° et 180°.

Le compactage doit être terminé entre 100° et 110°. [22]

II.2.2. Résultats de modification

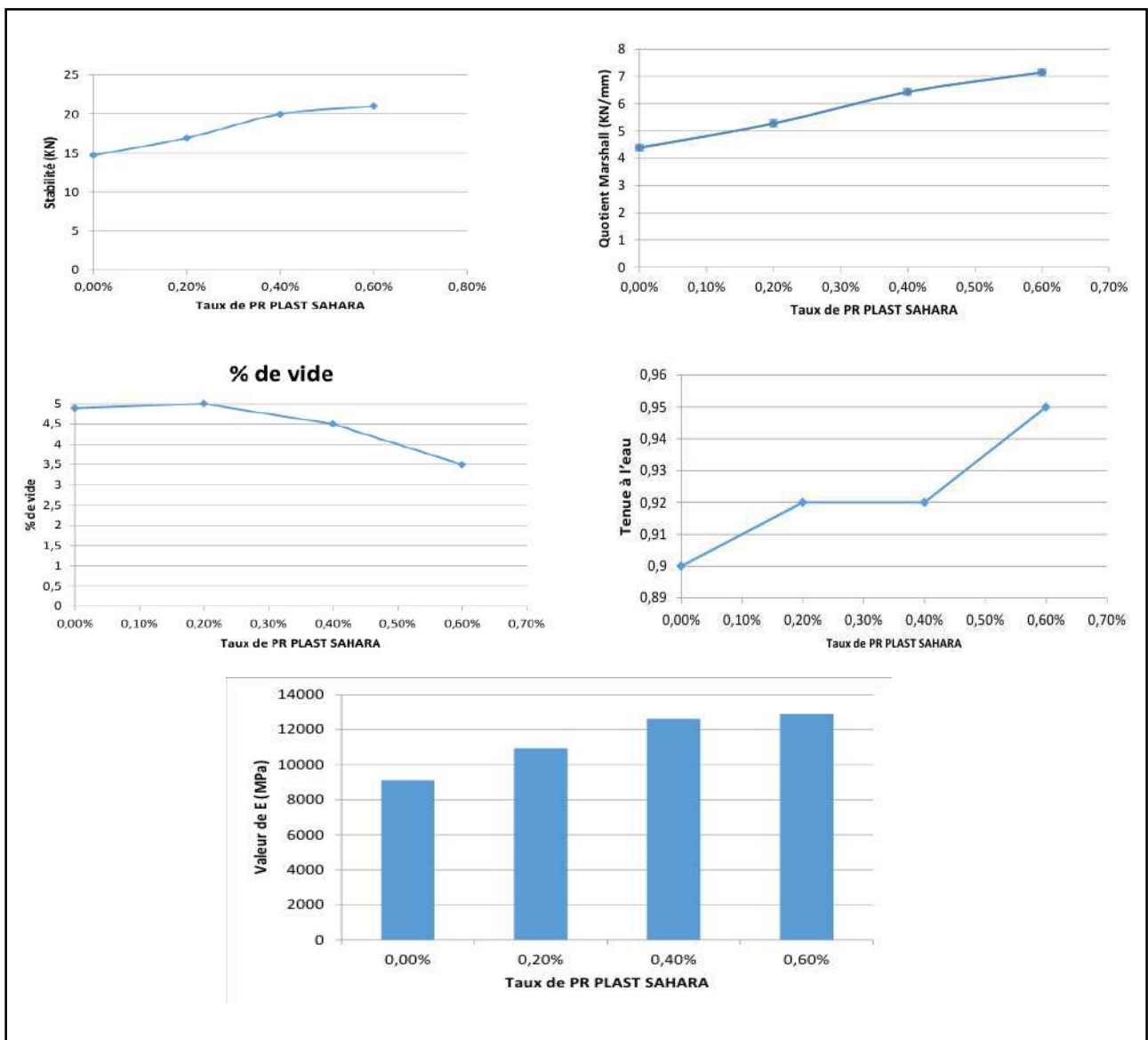


Figure II.2. Les résultats après ajout poudre de PR PLAST

L'ajout de PR PLAST SAHARA a amélioré les performances du mélange étudié, quel que soit le taux d'ajout. La résistance à l'eau reste à peu près la même, avec des taux d'ajout allant de 0,95 % à 0,60 %. Le coefficient de dureté augmente et atteint la norme NF P 98-150 pour le BBME. Les performances continuent de s'améliorer à mesure que le taux d'ajout augmente, bien que l'indice de vide de 0,60 % soit proche de la limite. L'efficacité du PR PLAST SAHARA a été prouvée, même si le manque de matériel de laboratoire suffisant n'a pas permis de tester la résistance à l'orniérage et à la fatigue. Cependant, la méthode Marshall a montré des performances accrues et un module de rigidité élevé, équivalents à ceux de l'EME. En conclusion, bien qu'il n'existe pas de tests complets, il est possible de fabriquer des mélanges bitumineux améliorés en utilisant les techniques EME.

II .3. ENROBE MODFIE PAR POUDRETTE DE CAOUTCHOUCS

II .3.1. Aperçu sur la poudrette de caoutchouc

D'après BAZZINE Rabia : Poudrettes il s'agit des particules de caoutchoucs dont la dimension est inférieure à 1 mm Leur coût d'obtention dépend de leur finesse, de leur origine chimique et de l'absence ou non de corps étrangers. [23]

II.3.2. Procédure de modification

Ont étudié la valorisation des déchets usagés provenant de semelles de chaussures et tapis de voitures pour la fabrication de poudrette de caoutchoucs, il

S'agit d'un plastomère de type EVA (Acétate de Vinyle et d'Éthylène) obtenu par broyage

Mécanique de ces dernières. Cette poudrette a été introduite directement dans le mélange lors

De malaxage avec des pourcentages qui varient de 0 à 20% avec un pas de 5%. [23]

II.3.3. Résultats de modification

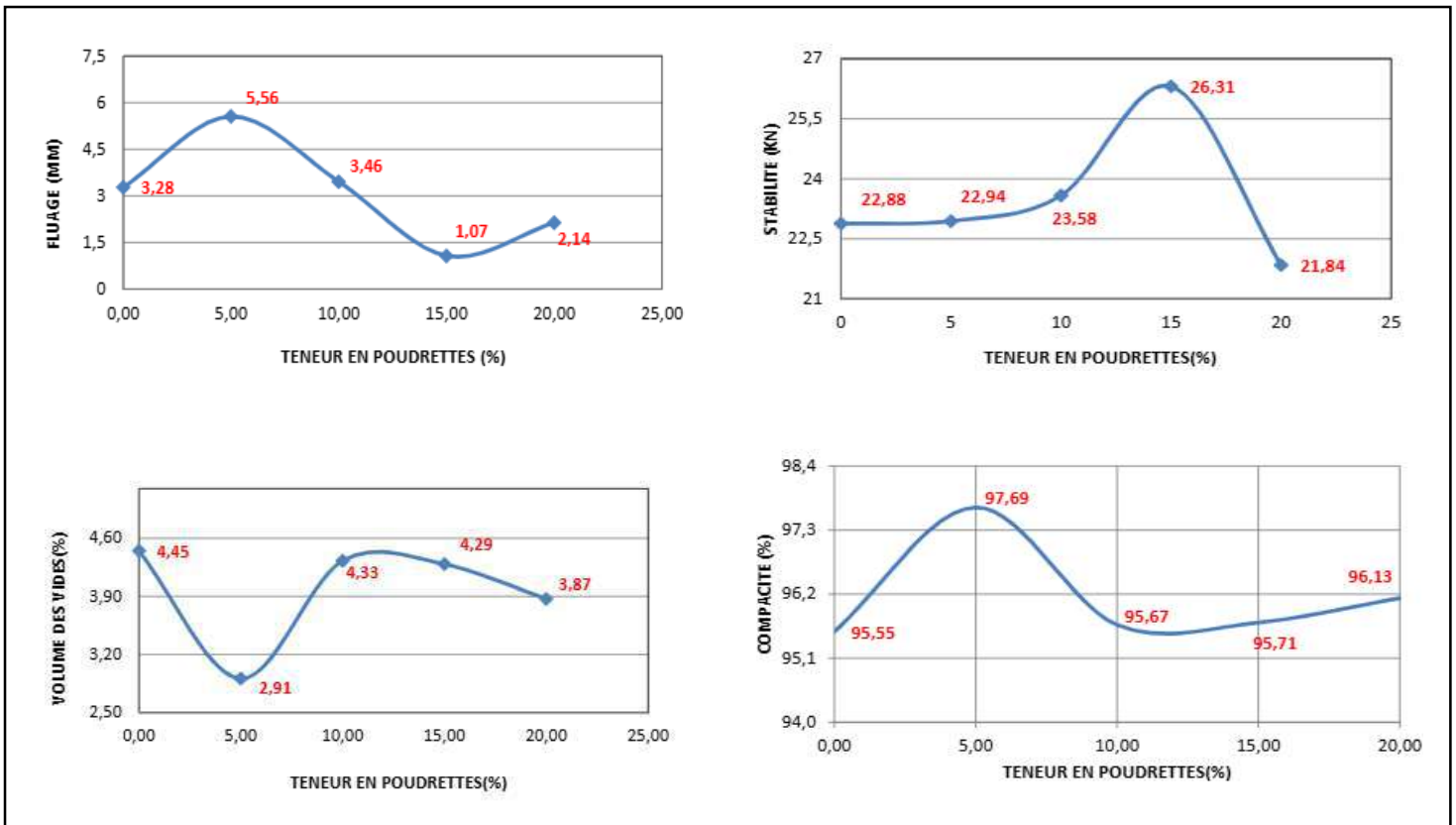


Figure II.3. Les résultats après ajout poudre de caoutchouc [23]

Au vu de ces résultats on conclue que l'incorporation de la poudre de Caoutchouc dans le squelette granulaire d'un béton bitumineux amélioré sa Caractéristique mécanique, néanmoins, il améliore de façon significative sa résistance à la déformation (stabilité).

Bien que cette amélioration est mieux remarquable au 15% du dosage à la poudre de caoutchouc pour les raisons suivantes

- La compacité qui représente un paramètre à la résistance à l'orniérage est généralement acceptable (environ de 95.71 %) est offre pour l'enrobée rechercher une forme plus résistant. Ce qu'explique que l'ajout de poudre joue le rôle de réducteur de vides.
- La modification du enrobés par la poudre de caoutchouc améliore la résistance au Fluage des enrobés. Cette amélioration est de l'ordre de 67% pour une teneur de 15%.
- L'amélioration de stabilité à ce dosage est adéquat et estimé à 15% par rapport à l'enrobé témoin. [23]

II 3. MODIFICATION DES ENROBES PAR ADDITION CENDRES DE BALLE DE RIZ

II .3.1. Définition

Les RHA peuvent être considérés comme un déchet agro-industriel. Environ 20 % d'une rizière séchée est constituée de balles de riz. Le taux de cendres de balle de riz est d'environ 20 % de celui de la balle de riz séchée. (Source : Lung Hwang, Chao et Satish Chandra) La production annuelle de riz paddy du Népal est d'environ 5,34 millions de tonnes (FAO, ONU, 2018), ce qui conduit à la production de 1,068 million de tonnes de balles de riz, et en brûlant ce volume de balles de riz ; 0,21 million de tonnes de RHA sont produites. L'énorme quantité de cendres ainsi produite entraîne des problèmes environnementaux si elle n'est pas éliminée correctement. 1 La composition chimique du RHA montre une teneur prédominante en silice à environ 90 % et en alumine à environ 11 %. [24]

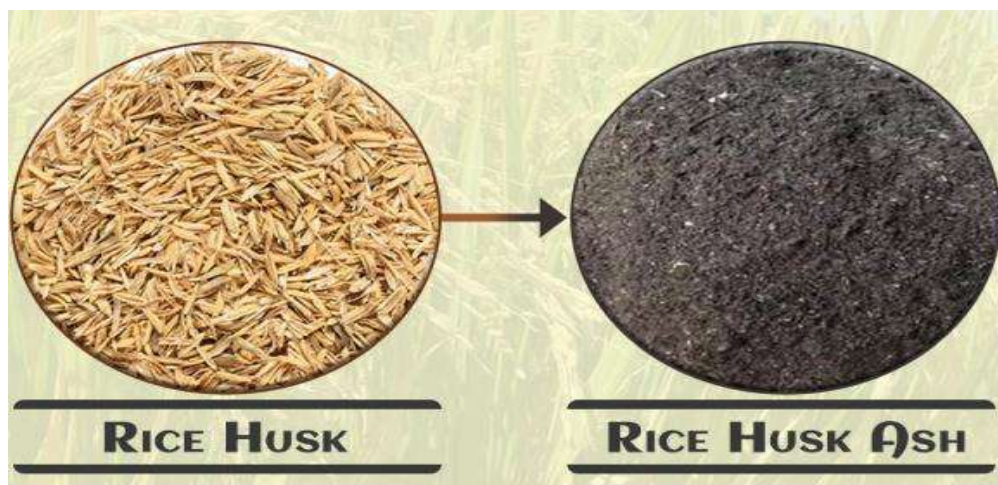


Figure II.4. Cendre de balle de riz (RHA) [25]

II 3.2. Procéder de modification

Deux types de filler ont été utilisés. De la poussière de pierre a été utilisée uniquement pour produire le contrôle mélangeur.

Un autre filler utilisé était la cendre de balle de riz (RHA). RHA a été utilisé à 0 %, 2 %, 3 %, et 4%. Le RHA utilisé dans le mélange a été collecté auprès de la rizerie MK située à Parasi, Quartier Nawal-Parasi. Le RHA a été produit comme sous-produit de la combustion du riz balles dans les chaudières à balles de riz. La balle de riz était utilisée comme source d'énergie thermique. RHA qui a été obtenu du moulin était un peu plus grand en taille. Donc, il a été tamisé jusqu'en 75 micron à utiliser comme filler. [24]

II 3.3. Résultats de modification

S. N.	DESCRIPTION	UNIT	BITUMEN CONTENT (%)						Remarks
			4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
	Rice Husk Ash		0%						
1	MARSHALL STABILITY	KN		10.2	11.5	13.7	12.6	11.1	
2	FLOW VALUE	mm		2.08	2.40	2.78	2.65	2.82	
	Rice Husk Ash		2%						
1	MARSHALL STABILITY	KN	13.0	14.3	16.1	14.0	11.4		
2	FLOW VALUE	mm	2.78	3.00	3.32	3.22	2.80		

Figure II.5. Stabilité et fluage (0 % et 2% RHA) [24]

S. N.	DESCRIPTION	UNIT	BITUMEN CONTENT (%)					Remarks
			4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	
	Rice Husk Ash		3%					
1	MARSHALL STABILITY	KN	16.7	18.0	16.0	14.5	12.0	
2	FLOW VALUE	mm	3.60	3.70	3.40	3.32	3.28	
	Rice Husk Ash		4%					
1	MARSHALL STABILITY	KN	13.0	14.3	16.1	14.0	12.1	
2	FLOW VALUE	mm	3.05	3.00	3.28	3.22	3.30	

Figure II.6. Stabilité et fluage (3 % et 4% RHA) [24]

La valeur de stabilité s'améliore considérablement grâce à l'introduction de cendres de balle de riz comme charge. La valeur de stabilité de 3 % de RHA s'avère être la meilleure, même si elle est optimale. La teneur en bitume est de 6,05 %.

II 4. MODIFICATION DES ENROBES PAR ADDITION CENDRES DE COQUE DE CAFE

II 4.1. Définition

La balle de café est largement utilisée dans toute l'Éthiopie comme résultat de la culture considérable du café dans la région. Les pays éthiopiens bénéficient d'un climat tropical optimal température et terres fertiles qui donnent le meilleur café conditions de croissance. La coque du café est extraite pendant le processus agricole avant d'être vendu et consommé.

L'Éthiopie a produit davantage de café paddy. Pendant la transformation du café, environ 192 000 tonnes (192 millions de kg) de résidus de coques de café sont produits, ce qui est 50% de la production totale de café par an. Bien que les déchets solides (cosses de café) sont ajoutés à l'alimentation des animaux, la majorité, environ 134 400 tonnes métriques (134,4 millions de kg), est jeté, rempli et brûlé sous terre [25]



Figure II.7. Cendres de coque de café (CHA) [26]

II 3.2. Procéder de modification

Dans cette étude, on a évaluation expérimentale dès les effets du café cendre de balle (CHA) comme remplissage par rapport à la pierre basaltique poussière (BSD) remplissant sur les propriétés du béton bitumineux

Le mélange est examiné à l'aide de granulats grossiers (13-19 mm), en granulat intermédiaire (5–13 mm et 3–5 mm) et fin agrégat (0–3 mm) comme agrégat. Il y a deux étapes pour toute une expérience en laboratoire. Des méthodes de test de base sont utilisées dans la première étape pour évaluer les caractéristiques physiques de bitume, charge minérale et granulats. De plus, le La fonction physique et chimique principale des charges minérales CHA et BSD de ce travail de laboratoire est d'étudier la teneur optimale en bitume d'un enrobé bitumineux avec

Différents types de teneurs en bitume de 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5% et 6% pour chaque type de remplissage utilisé. [25]

Le test Marshall est effectué pour déterminer la stabilité et le fluage

II 4.3. Résultats de modification

TABLE 6: Laboratory mix design result with BSD.

Bitumen (%)	ρA (gm/cc)	VA (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stability (kN)	Flow (mm)	Stability (kN) (after 24 h)
4.0	2.389	10.01	17.97	44.30	9.67	2.22	8.44
4.5	2.398	9.71	17.71	45.19	10.15	2.37	9.26
5.0	2.403	4.56	17.95	74.61	10.20	2.41	9.56
5.5	2.406	4.12	18.27	77.44	10.97	2.34	10.75
6.0	2.408	3.83	18.64	79.44	9.97	2.62	9.81
Standard values		3–5	Min 13	65–75	Min 8	2–4	Min 8

Figure II.8. Résultat essai Marshall (BSD) [25]

TABLE 7: Laboratory mix design result with CHA.

Bitumen (%)	ρA (gm/cc)	VA (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stability (kN)	Flow (mm)	Stability (kN) (after 24 h)
4.0	2.13	12.39	18.97	34.70	10.91	2.77	9.67
4.5	2.23	7.79	15.76	50.59	11.95	3.08	11.06
5.0	2.25	6.31	15.46	59.17	13.98	3.17	13.54
5.5	2.27	4.44	14.83	70.04	14.54	3.37	15.32
6.0	2.28	3.43	14.97	77.11	13.87	3.60	13.84
Standard values		3–5	Min 13	65–75	Min 8	2–4	Min 8

Figure II.9. Résultat essai Marshall (CHA) [25]

Les propriétés techniques du mélange de béton bitumineux utilisant de la poussière de pierre basaltique et des cendres de balle de café comme filler sont présentées dans la Figure (II.8 et II.9). Les résultats montrent que les échantillons fabriqués avec des filler non conventionnelles (cendres de balle de café) ont une résultats Marshall satisfaisante.

II.5. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons discuté de certaines recherches qui ont utilisé des matériaux organiques et des polymères pour modifier les propriétés mécaniques du béton bitumineux, et nous avons mis en évidence la méthodologie utilisée et les résultats obtenus.

Chapitre III

CARACTÉRISTIQUES DES
MATÉRIAUX

III .1. INTRODUCTION

Ce chapitre vise à présenter les matériaux utilisés dans cette étude, ainsi que leurs propriétés obtenues grâce à des essais en laboratoire, afin de formuler du béton bitumineux semi-grenu. et béton bitumineux confectionné avec sable de dune malaxé avec poudrettes de café.

III .2 CARACTIRISTIQUE DES AGRÉGATS

Les agrégats utilisé dans notre étude pour obtenir du béton bitumineux 0/14 est (0/3, 3/8,8/15) de carrière d'Ain Touta (wilaya de Batna) et le sable de dunes de la région de Sidi Khouiled (wilaya de ouargla). Ont été soumis aux essais et analyses au laboratoire pour déterminer leurs caractéristiques.

III .2.1. Analyse Granulométrique (NF P 18-560)

L'analyse granulométrique est la détermination de la répartition du poids des particules de matériau en fonction de leurs dimensions par criblage. Les grains de matériau sont séparés en plaçant l'échantillon pesé dans une colonne de tamis, avec les tamis de plus petit diamètre en bas et les tamis de plus grand diamètre en haut, et en les recouvrant pour empêcher la poussière de voler.

Ensuite, la tour du tamis est secouée avec une série de vibrations pour répartir l'échantillon sur les tamis.



Figure III .1 Tamiseuse

Les tableaux (Tableau III .1. Tableau III .2) regroupent les résultats d'essai analyse granulométriques obtenus.

Tableau III .1. Résultats de l'analyse granulométrique des agrégats

Ouverture (mm)	Tamisat (%)		
	8/15	3/8	0/3
16	99	100	100
14	92	100	100
12.5	56	100	100
10	28	100	100
8	8	98	100
6.3	1	69	100
5	0	33	100
4	0	11	99
2	0	2	75
1.25	0	1	58
0.63	0	0	40
0.5	0	0	36
0.315	0	0	29
0.2	0	0	22
0.1	0	0	19
0.08	0	0	17

Tableau III .2. Résultats de l'analyse granulométrique de sable de dunes

Ouverture (mm)	Tamisat (%)
	SD
0.63	100
0.315	97
0.16	38
0.08	2

- ❖ Les courbes granulaires de chaque classe

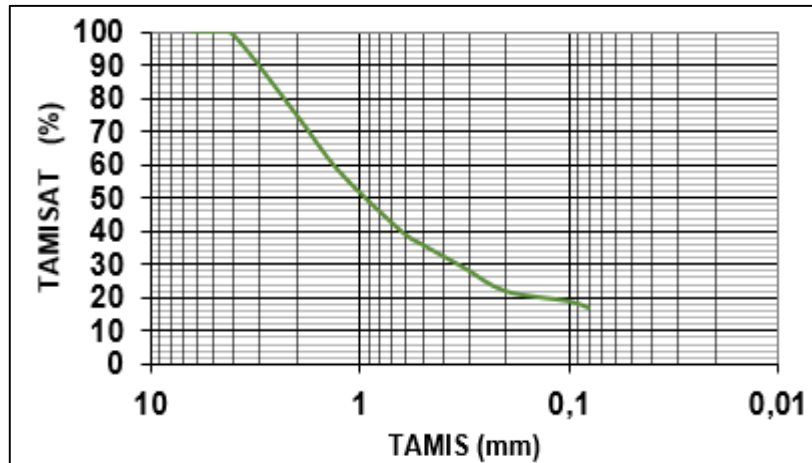
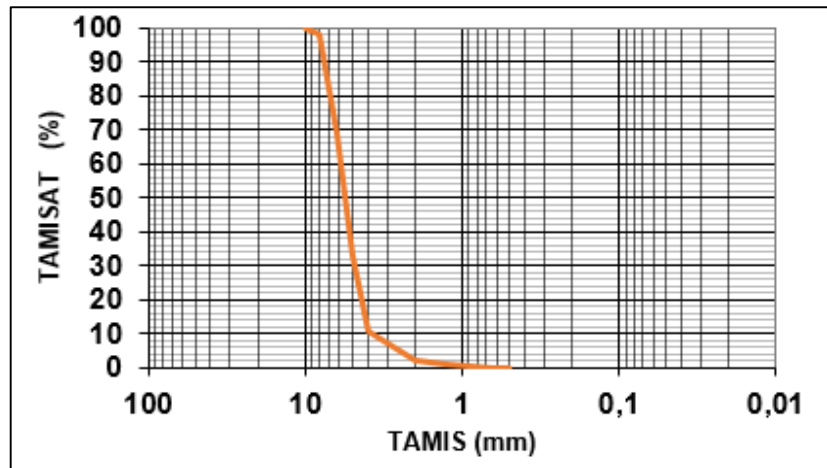


Figure III .2. Courbe granulométrique du sable 0/3



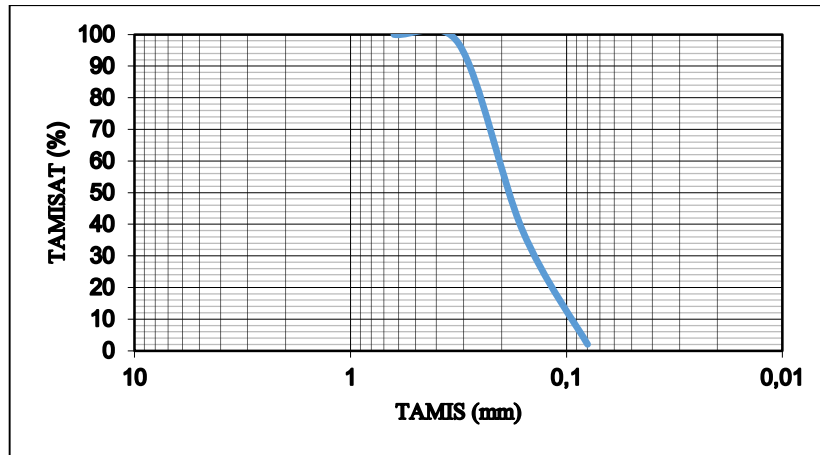


Figure III .5. Courbe granulométrique du Sable de dune

III .2.2. Mesure du coefficient d'aplatissement (NF P 18-561)

La détermination du coefficient d'aplatissement est l'un des tests permettant de caractériser la forme des granulats, les granulats plats ne sont généralement pas utilisés dans le béton ou le béton bitumineux.

Le principe d'essai consiste à Tamiser le refus de chaque classe granulaire obtenue par essai analyse granulométrique précédente sur grille dont l'écartement E entre les barres est défini par le tableau Tableaux III .3.

$$AP = \frac{\sum M_e}{\sum M_g} \times 100$$

$\sum M_e$: la somme des poids passants à travers la grille à fente.

$\sum M_g$: la somme des poids de refus partiel

Tableaux III .3 Correspondance tamis/grilles

Classe granulaire d/D (mm)	Ecartement des grilles(mm)
16/20	10
12.5/16	8
10/12.5	6.3
10/8	5
6.3/8	4
5/6.3	3.15
4/5	2.5



Figure III .6 grilles à fonte

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .4. Résultats de coefficient d'aplatissement

Gravier	3/8	8/15	Spécification (XP P18-545)
AP(%)	16	11	≤ 25

III .2.3. Propriété superficiel (NF P 18-554)

C'est le pourcentage en poids de particules inférieures à 0,5 mm qui adhèrent à la surface des granulats de taille supérieure à 2 mm

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .5. Résultats propriété superficiel

Gravier	3/8	8/15	Recommandation
PS(%)	1	0.7	≤ 1

III.2.4. Essai los Angeles (NF P 18-573)

Le test de Los Angeles est une méthode permettant de déterminer la résistance aux chocs des granulats

En mesurant la quantité d'objets inférieurs à 1,6 mm produits en soumettant le matériau à des impacts sphériques uniformes et à un frottement mutuel dans un tambour rotatif (500 tours à une vitesse uniforme de 31 à 33 tr/min). Le coefficient de Los Angeles est exprimé par la formule suivante :

$$LA = \frac{5000 - m}{5000} \times 100$$

LA : Coefficient de Los Angeles

m: Masse du refus sur tamis 1.6 mm



Figure III .7. Machine los Angeles [27]

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .6. Résultats Essai los Angeles

Gravier	3/8	8/15	Spécification (XP P18-545)
Classe	6.3/10	10/14	
LA (%)	21	22	≤ 25

III.2.5. Essai de Micro-Deval (NF P 18-572)

Le test Micro-Deval est une méthode pour déterminer la résistance à l'usure des granulats

En mesurant la quantité d'objets de taille inférieure à 1,6 mm qui sont produits en exposant les granulats à un frottement mutuel dans un cylindre en rotation (12 000 tours à une vitesse uniforme de 100 tours par minute) pendant deux heures avec 2,5 litres d'eau, on appelle cela l'essai du Micro-Deval humide. Le coefficient micro-Duval s'exprime par la formule suivante

$$\text{MDE} = \frac{500 - m}{500} \times 100$$

MDE : Coefficient micro-Duval

m : Masse du refus sur tamis 1.6 mm



Figure III .8. Machine micro deval [28]

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .7. Résultats essai micro deval

Gravier	3/8	8/15	Spécification (XP P18-545)
Classe	6.3/10	10/14	
MDE (%)	14	13	≤ 20

III .2.6. Masse volumique (NF P 18-554)

a) Masse volumique apparent

La masse volumique apparente (ρ_{app}) d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules. Il est généralement exprimé (g/cm^3 ou kg/m^3 , t/m^3 ..)

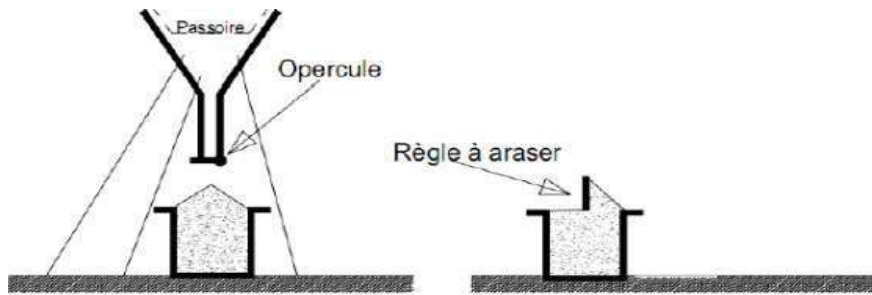


Figure III .9. Masse volumique apparent

$$\rho_{app} = \frac{M}{V_a}$$

ρ_{app} : la masse volumique apparent (g/cm^3)

M : la masse de l'échantillon (g)

V_a : volume apparent de l'échantillon (cm^3)

b) Masse volumique absolu

La masse volumique absolue (ρ_s) 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. Il est généralement exprimé (g/cm^3 ou kg/m^3 ..)

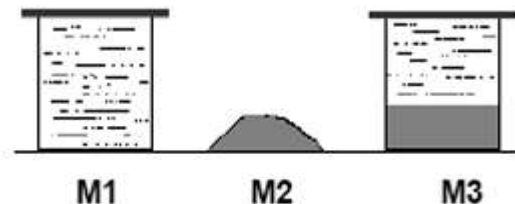


Figure III .10. Masse volumique absolu

$$\rho_s = \frac{M2}{M1 + M2 - M3}$$

ρ_s : la masse volumique absolu (g/cm^3)

M1 : poids de récipient plein d'eau (g)

M2 : poids sec d'échantillon en (g)

M3 : poids de récipient + échantillon + eau en (g)

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .8. Résultats de masse volumique apparent et absolu

Echantillon	SD	0/3	3/8	8/15
$\rho_{app}(g/cm^3)$	1.45	1.64	1.44	1.41
$\rho_{abs}(g/cm^3)$	2.62	2.666	2.646	2.652

III .2.7. Équivalent de sable (NF P 18-597)

L'essai équivalent sable vise à déterminer les matières fines et argileuses présentes dans le sol et à déterminer son aptitude à l'emploi, L'essai est réalisé sur une fraction de sable passant au tamis 2mm.

Le coefficient d'équivalent de sable est exprimé par la formule suivante :

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

ES: Coefficient d'équivalent de sable

h_2 : Hauteur de sédiment

h_1 : Hauteur de sédiment + flocculat

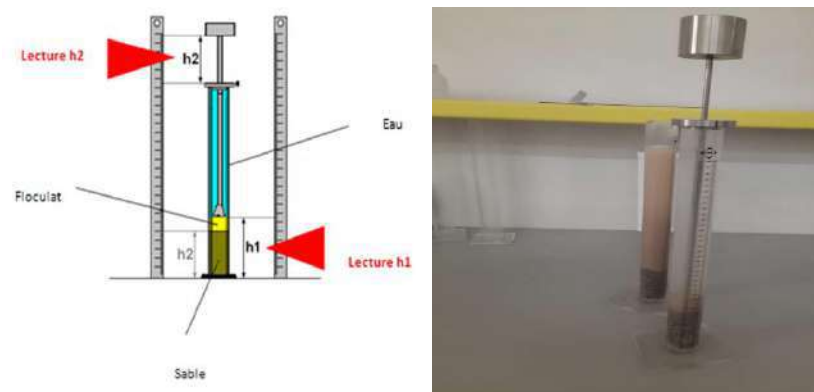


Figure III .11. Équivalent de sable

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableaux III .9. Résultats d'équivalent de sable

Echantillon	Sable de dune	Sable concasse (0/3)	Spécification (XP P18-545)
ES (%)	89.10	74	≥ 60

III .3 CARACTIRISTIQUE DU LIANT UTILISE

Le liant utilisé est un bitume 40/50 Le bitume utilisé est ramené de l'unité NAFTAL (ouargla). Trois essais d'identification ont été réalisés sur ce bitume dans le laboratoire LTPS, ces essais sont respectivement :

- Pénétrabilité (1/10 mm)
- Point de ramollissement (°C)
- Densité (g/cm^3)

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant

Tableau III .10. Résultats des essais de bitumes

Essai	Résultat	Recommandation	Norme de référence
Pénétrabilité (1/10 mm)	46	40-50	NF T 66-004
Point de ramollissement (°C)	52	47-60	NF T 66-008
Densité (g/cm^3)	1.04	1.00 -1.10	NF T 66-007

III .4. CARACTIRISTIQUE DU POUDRETTE DE CAFE

Le marc de café utilisé dans notre étude a été obtenu dans les cafés locaux.

Le café est exposé à une chaleur élevée sans air, 450 °C à l'intérieur Four à moufle



Figure III .12. Etapes de préparation du Charbon Actif en Poudre

III .4.1. Essai diffraction des rayons X (DRX)

La diffraction des rayons X est une technique permettant de comprendre la structure cristalline des matériaux en mesurant les angles et les intensités des rayons X diffusés.



Figure III .13. Diffractomètres de Rx

La figure montre les trois composés chimiques les plus importants de l'échantillon

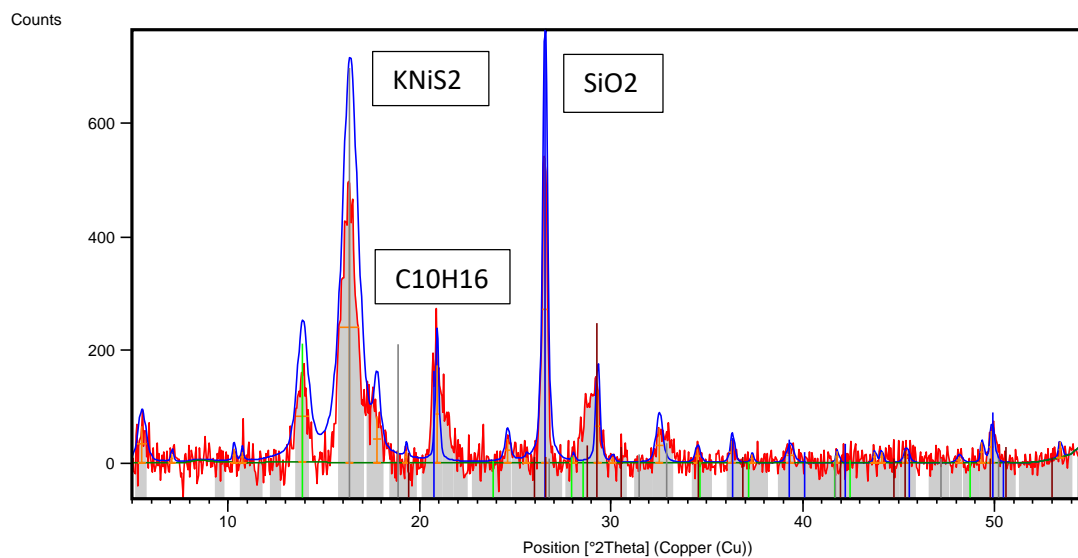


Figure III .14. diffractogramme Drx

Composition chimique :

- SiO₂: dioxyde de silicium
- KNiS₂ : Sulfure de potassium et de nickel
- C₁₀H₁₆: Adamantane

III .5. CONCLUSION

La réalisation d'essais en laboratoire sur les matériaux utilisés dans la conception de béton bitumineux est essentielle pour garantir de bonnes performances du mélange dans les conditions d'exploitation.

CHAPITER IV
ESSAIS RÉALISÉS ET DISPOSITIFS
EXPÉRIMENTAUX

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présentons les étapes expérimentales de préparation du béton bitumineux chaud. Avec une explication des étapes suivies dans l'essai Marshall et l'essai de presse à cisaillement giratoire.

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

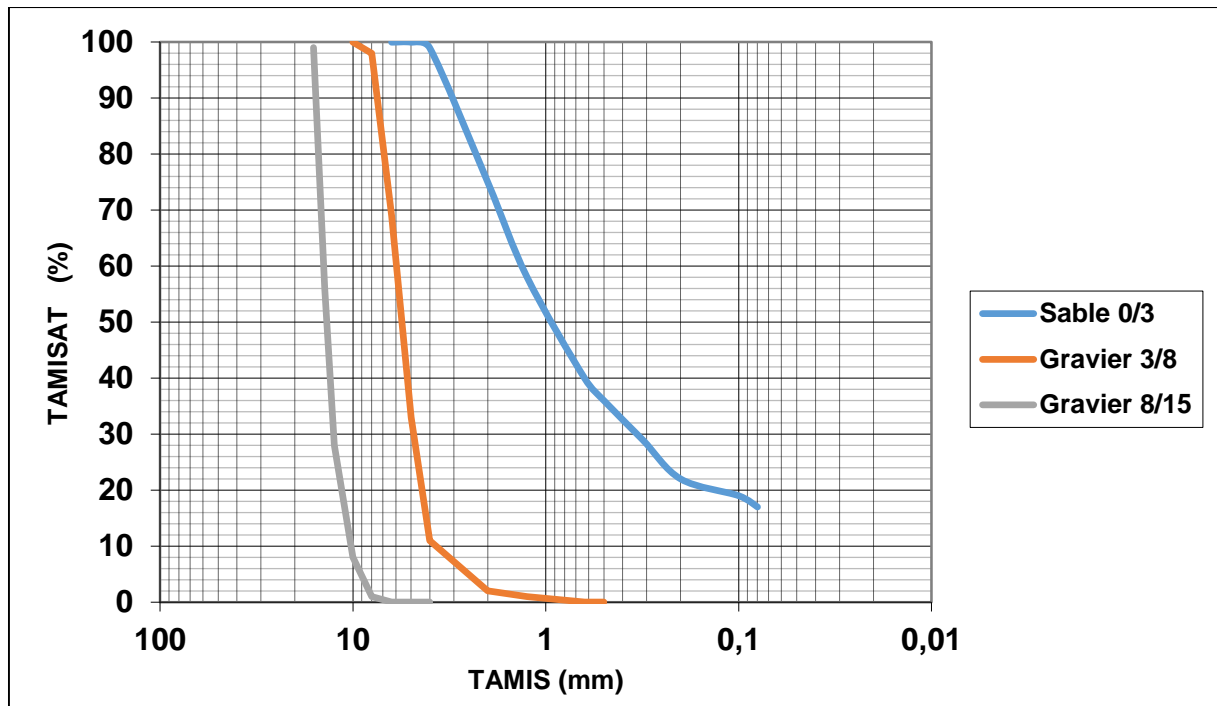


Figure IV .1. Courbes granulométriques des classes granulaires 0/3 ; 3/8 et 8/15

A partir des courbes moyennes des classes granulaires, les pourcentages pour chaque granulat sont déterminés en tenant compte du fuseau de référence 0/14.

La figure IV .2 montre la composition granulaire proposé de mélange.

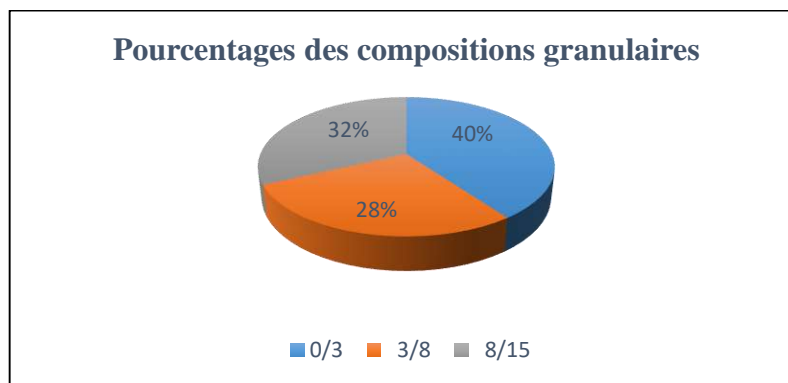


Figure IV .2. Pourcentages des compositions granulaires du mélange

IV.2.2. Détermination de mélanges proposé :

Le mélange proposé est calculé par la formule suivante :

$$\text{Mélange proposé} = \frac{\text{Tamisat} \times \text{pourcentage de granulat}}{100}$$

Tableau IV.1. Granulométrie du mélange 0/14

Tamis	(0/3)	(0/3) 40 %	(3/8)	(3/8) 28%	(8/15)	(8/15) 32 %	Mélange proposé	Fuseau	
								min	Max
16	100	40	100	28	99	32	100		
14	100	40	100	28	92	29	97	94	100
12.5	100	40	100	28	56	18	86		
10	100	40	100	28	28	9	77	74	84
8	100	40	98	27	8	3	70		
6.3	100	40	69	19	1	0	60	50	66
5	100	40	33	9	0	0	49		
4	99	40	11	3	0	0	43	40	54
2	75	30	2	1	0	0	31	28	40
1.25	58	23	1	0	0	0	23		
0.63	40	16	0	0	0	0	16		
0.5	36	14	0	0	0	0	14	13	22
0.315	29	12	0	0	0	0	12		
0.2	22	10	0	0	0	0	10		
0.1	19	8	0	0	0	0	8		
0.08	17	7	0	0	0	0	6.8	7	10

La figure IV.3 montre le mélange préparé est proportionnel au fuseau de référence 0/14

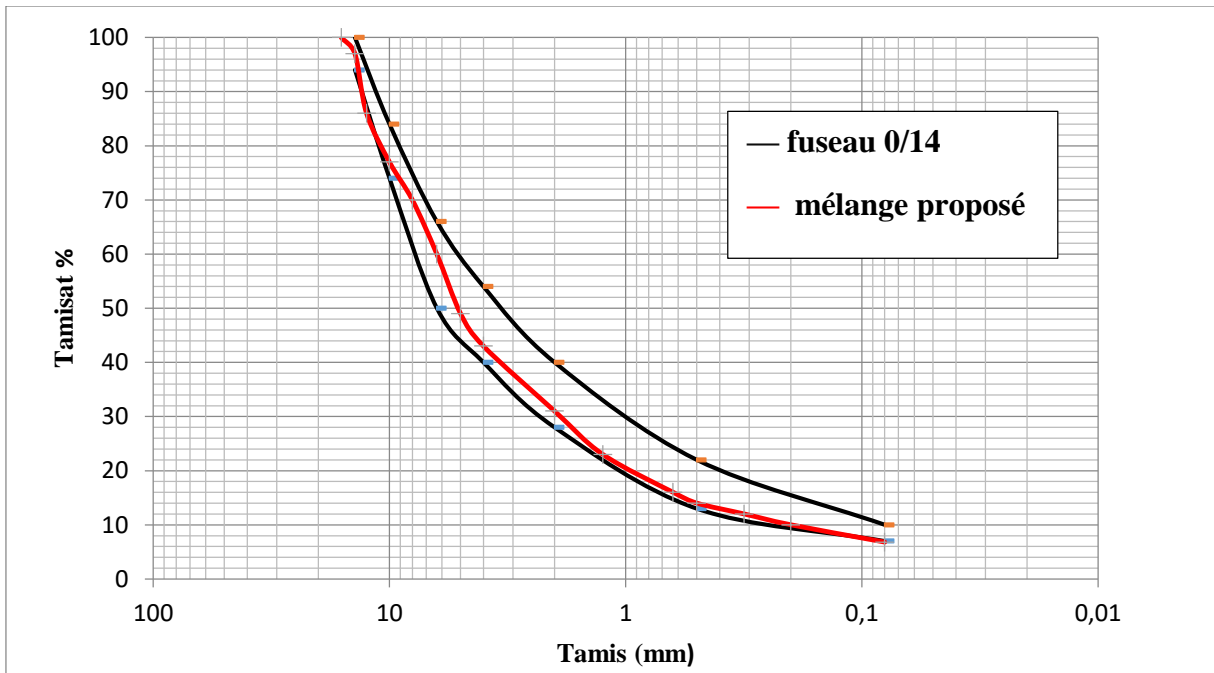


Figure IV.3. Courbe granulométrique du mélange et fuseau de référence 0/14

IV.2.3. Détermination de la teneur en liant

- Calcul de Coefficient Correcteur α :

$$\alpha = \frac{2.65}{MVR_g}$$

$$MVR_g = \frac{40 + 28 + 32}{\frac{40}{2.666} + \frac{28}{2.646} + \frac{32}{2.652}} = 2.656 \rightarrow \alpha = 0.998$$

- Calcul la Surface Spécifique des Agrégats Σ :

$$100 \Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f$$

Tableau IV.2. Pourcentage des éléments

Coefficient	G	S	s	F
Pourcentage	40	48	5.2	6.8

$$100 \Sigma = 0.25(40) + 2.3(48) + 12(5.2) + 135(6.8) = 1100.8$$

$$\Sigma = 11.008 (kg/m^2)$$

Pour calculer le module de richesse K, on prend des valeurs qui s'insèrent dans la fourchette 3,3 à 3,9 pour le béton bitumineux.

Tableau IV.3. Calcule Teneur en liant

Teneur en liant = $K \times \alpha \times \sqrt[5]{\Sigma}$			
K	3.45	3.60	3.75
α	0.998		
Σ	11.008		
TL (%)	5.56	5.81	6.05

IV.2. FABRICATION D'ENROBÉ BITUMINEUX À CHAUX

La fabrication et le malaxage du mélange de béton bitumineux en laboratoire a été réalisé

Selon la norme EN 12697-35.

IV.2.1. Préparation des agrégats

Les agrégats sont séchés à $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, avant l'utilisation, Les agrégats seront mis en étuve ventilée à la température $(160 \pm 5) ^\circ\text{C}$, pendant 8 h.

IV.2.2. Préparation de liant

L'échantillon de liant est placé dans des récipients métalliques chauffés jusqu'à la température de consigne dans un ou plusieurs récipients introduits dans une étuve ventilée à la température de consigne $\pm 5 ^\circ\text{C}$, pour une période comprise entre 3,0 h et 5,0 h.

IV.2.3. Malaxage

Avant le début du malaxage, préchauffer la cuve du malaxeur jusqu'à la température de $(160 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Verser dans la cuve du malaxeur les échantillons de granulats pesés, sans les fillers. Le cas échéant, malaxer les granulats à sec. Ajouter le liant. Maîtriser précisément l'introduction de liant en pesant le récipient à $\pm 1 \%$ de la masse pendant le mélange. Malaxer les constituants dans la cuve. Pour ajouter le filler, arrêter le malaxage après 10 s environ, ajouter le filler et poursuivre le malaxage. Continuer le malaxage jusqu'à l'obtention d'un mélange optimum, les granulats étant complètement enrobés de liant. S'assurer que le mélange est visuellement homogène.

IV.3. EXECUTION ESSAI MARSHALL

IV.3.1. Préparation des éprouvettes

La préparation des éprouvettes de béton bitumineux en laboratoire par compacteur à impact a été conforme à la norme EN 12697-30 (juin 2004)

- ❖ Après malaxage, le mélange doit être conditionné dans une étuve portée à une température de compactage à base de bitumes purs, la température de compactage est (160 ± 5) °C.
- ❖ Placer un disque en papier filtre sur l'embase du moule de compactage assemblé porté préalablement à la température de compactage. Introduire le mélange chaud (1200 g), par parties, dans le moule de compactage au moyen d'un entonnoir et égaliser avec une spatule. Veiller à ce qu'aucune ségrégation ne se produise. Après remplissage, la surface du mélange doit être doucement nivelée avec la spatule et recouverte par un deuxième disque en papier filtre
- ❖ Le processus de compactage doit commencer sans délai. Cela nécessite que la rehausse soit fixée sur le corps du moule et fixée au socle de compactage. Une fois que la dame de compactage a été montée, compacter l'éprouvette par l'application de 50 coups sur chaque face.
- ❖ Les éprouvettes compactées doivent être démoulées en s'assurant qu'elles ont été Refroidies à l'air en évitant tout risque de déformation. Attendre 4 h après le démoulage avant de poursuivre l'essai, Tous les essais doivent être terminés dans les 32 h suivant le démoulage.



Figure IV.4. Les moules Marshall



Figure IV.5. Dame Marshall

IV.3.2. Mode opératoire d'essai

- ❖ Mesurer la hauteur et le volume de chaque éprouvette et calculer la masse volumique apparente à l'aide de la méthode géométrique.
- ❖ Immerger les éprouvettes sur leur surface plane dans bain marie pendant au moins 40 min a température (60 ± 1) °C.
- ❖ Nettoyer soigneusement les tiges guidage et les surfaces internes de têtes des mâchoires supérieur et inférieur, lubrifier les tiges de guidage afin que la mâchoire supérieur coulisse librement sur elles.
- ❖ Sortir l'éprouvette du bain marie et la placer au centre des deux mâchoires, en assurant un bon contact entre les surface d'éprouvette. Placer l'ensemble complète au centre sur la machine d'essai.
- ❖ Appliquer la charge sur l'éprouvette afin d'obtenir une vitesse de déformation constant de (50 ± 2) mm/min hors période transitoire, poursuivre l'application de cette charge jusqu'à ce que l'on obtienne une indication maximale sur le dispositif de mesurage de la charge, enregistrer la charge indiquée. Cette partie de l'essai doit être réalisé dans les 40 s suivante sortie de l'éprouvette du bain d'eau.
- ❖ Pratiquer les essais de stabilité et de fluage sur au moins trois éprouvette.



Figure IV.6. Bain Marie



Figure IV.7. Presse Marshall

IV.3.3. Caractéristiques mécaniques de l'enrobé bitumineux d'après essai Marshall

L'essai Marshall permet de calculer les caractéristique mécaniques suivantes

- Stabilité Marshall : résistance à l'écrasement diamétrale entre deux mâchoires à la température de 60 °C à vitesse constante de 0.85 mm/s exprime en kgf ou Kn
- Fluage : l'affaissement enregistré de même éprouvette au moment de la rupture exprime en 1/10 mm ou mm
- Compacité : rapport entre la masse volumique apparent et absolu exprime en %

Cette dernière caractéristique est donnée par la formule suivante :

$$C\% = 100 \times \frac{MVA}{MVR}$$

MVA : La masse volumique apparent de l'enrobé

MVR: La masse volumique réelle de l'enrobé

La masse volumique apparent donne par la formule suivante :

$$MVA = \frac{M}{\pi \times \frac{D^2}{4} \times H}$$

M : la masse d'éprouvette en (g)

D : le diamètre d'éprouvette en (mm)

H : la hauteur d'éprouvette en (mm)

La masse volumique réelle donne par la formule suivante :

$$MVR = \frac{100 + \text{Bitume}\%}{\frac{0/3\%}{\rho(0/3)} + \frac{3/8\%}{\rho(3/8)} + \frac{8/15\%}{\rho(8/15)} + \frac{\text{Bitume}\%}{\rho(\text{Bitume})}}$$

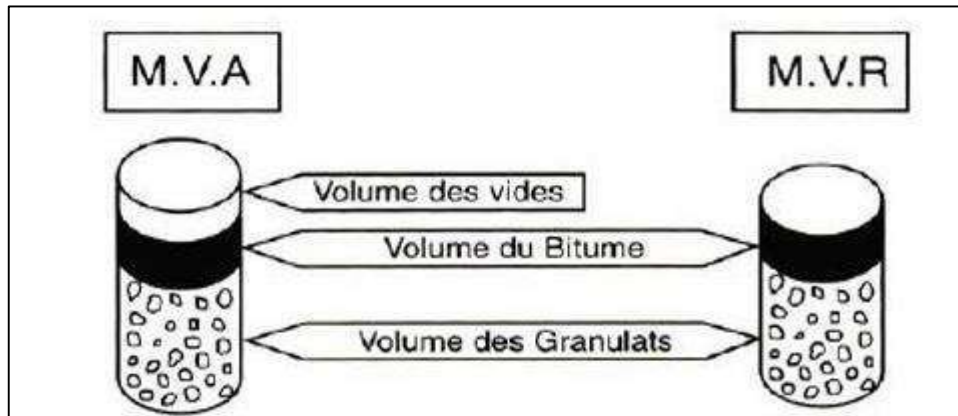


Figure IV .8. Différence entre la masse volumique apparent et réelle[15]

Pourcentage de vides donne par la formule suivante :

$$V\% = 100 - C\%$$

IV.4. PROCEDURE DE MODIFICATION

Formulation du béton bitumineux 0/14 se fait par substitution partielle du sable concassé (0/3) malaxé avec 25 % de sable de dunes par des pourcentages de charbon de poudrette de café

On mélange bien le sable concassé (0/3) avec 25% de sable des dunes Ensuite on remplace un pourcentage du mélange (3%.6%.10%) par charbon de poudrette de café.

Les différentes compositions ont été testé avec une expérience de presse de cisaillement giratoire (PCG) pour déterminer les pourcentages de vides et la compacité

Tableau IV.4 Les différentes compositions

Echantillon	8/15	3/8	0/3	SD	poudrette
Mélange (01)	32%	28%	40%	0%	0%
Mélange (02)	32%	28%	30%	10%	0%
Mélange (03)	32%	28%	30%	10%	3%
Mélange (04)	32%	28%	30%	10%	6%
Mélange (05)	32%	28%	30%	10%	10%

IV.4.1. Exécution essai presse à cisaillement giratoire (PCG)

IV.4.1.1. Principe d'essai

Le mélange bitumineux est compacté à une température bien définie Selon la norme EN 12697-35 dans un moule Cylindrique tournant sur lui-même selon angle de 0.82 degré en créant un effet de pétrissage.

On mesure la hauteur h de l'éprouvette à chaque giration, ce qui permet de déterminer le pourcentage des vides et la compacité de l'enrobé

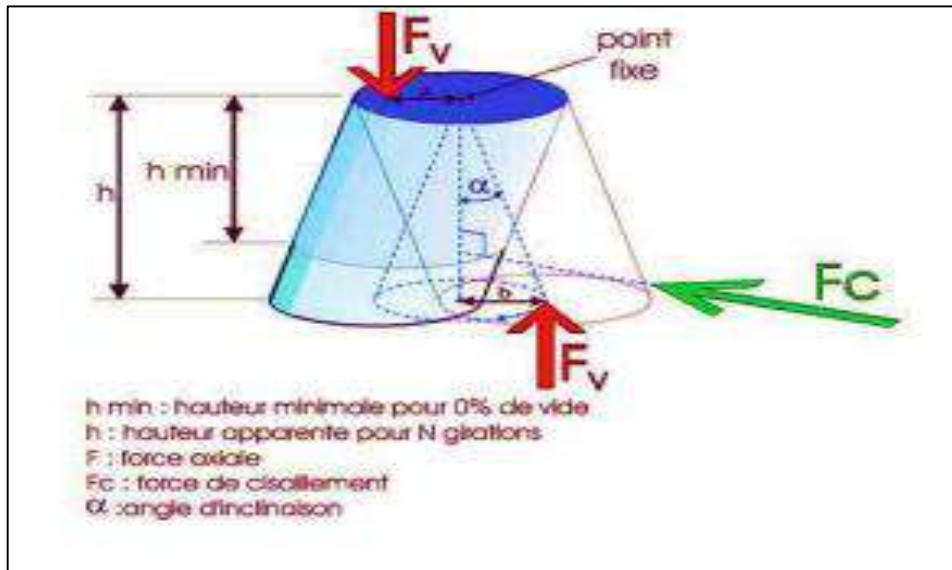


Figure IV.9. Principe d'essai PCG

IV.4.1.2. Préparation d'essai

- La fabrication et le malaxage du mélange de béton bitumineux en laboratoire a été réalisé Selon la norme EN 12697-35.
- Placer les moules et les pastilles au moins 2h dans une étuve a température d'essai
- Placer le mélange bitumineux dans étuve a une température au moins égale à la température de compactage (160 ± 5) °C.
- Déterminer la masse volumique réelle de mélange bitumineux conformément EN 12697-5
- Déterminer la masse du mélange à introduire dans le moule en fonction de masse volumique réelle à partir la formule suivante :

$$M = 10^{-9} \pi \frac{D^2}{4} h_{min} \rho_m$$

M : la masse du mélange à introduire dans le moule en (kg)

D : diamètre interne de moule en (mm)

ρ_m : masse volumique réelle en (kg/m^3)

h_{min} : la hauteur minimale de l'éprouvette compactée, correspondant à un pourcentage de vide nul en (mm).

La valeur h_{min} déterminer à partir la formule suivante :

$$0.66D \leq h_{min} \leq 1.05D$$



Figure IV.10. Préparation de mélange

IV.4.1.3. Réalisation d'essai

- L'essai réalisé a deux éprouvette
- Le poids du mélange désigné est de 10 kg

Tableau IV.5. Composition de mélange

Composition	8/15(32%)	3/8 (28%)	0/3 (40 %)	Bitume (5.81%)
Poids (g)	3200	2800	4000	581

- Peser la quantité de mélange M utilisée dans un moule d'essai dans un récipient pour deux éprouvette
- Mettre une pastille métallique et papier filtre sur le moule a face inférieur
- Remplir le mélange M dans le moule
- Vérifier la température de mélange au centre du moule égale température de compactage
- Mettre une papier filtre et pastille métallique sur le moule a face supérieur
- Placer le moule contenant le mélange et pastilles dans appareillage d'essai
- Saisie des données de processus dans l'ordinateur connecté à l'appareil (nom d'essai. Angle d'inclinaison, pression, masse de mélange)
- Après avoir terminé toutes les étapes, allumez l'appareil pour commencer à compacter le mélange
- La hauteur h de l'éprouvette est mesurée. Avec le pourcentage de vides et la masse volumique, pour les girations 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150 ,200
- Le logiciel de l'appareil du PCG donne les résultats da la hauteur et la masse volumique et pourcentage de vides pour chaque giration dans un fichier Txt
- Le pourcentage de vides calculé automatique par la fourmille suivante :

$$Vn(n_g) = \frac{h(n_g) - hmin}{h(n_g)}$$

$Vn(n_g)$: pourcentage de vides après un nombre de girations n_g

$h(n_g)$: la hauteur d'éprouvette après un nombre de girations n_g

$hmin$: la hauteur minimale de l'éprouvette compactée, correspondant à un pourcentage de vide nul en (mm).

- La masse volumique calculé automatique par la fourmille suivante :

$$\rho(n) = \frac{M}{10^{-9}\pi \frac{D^2}{4} h(n_g)}$$

$h(n_g)$: la hauteur d'éprouvette après un nombre de girations n_g

M : La masse de mélange en (kg)

D : Diamètre de moule en (mm)

$\rho(n)$: La masse volumique d'éprouvette après un nombre de girations n_g



Figure IV.11. Étapes d'essai

Le tableau suivante présente la spécification de pourcentage de vide selon la norme [EN13108-1]

Tableau IV.6. spécification au Pourcentage de vides

Types d'enrobé	Spécification de PCG a (n) giration			Spécification a 10 giration (%)
	Nombre de giration (n)	Pourcentage de vides (%)		
		V_{Min}	V_{Max}	
BBSG 0/10	60	5	10	≥ 11
BBSG 0/14	80	4	9	

IV.5. CONCLUSION

Ce chapitre traite des étapes expérimentales de préparation du mélange bitumineux et de détermination des propriétés mécaniques à travers l'essai Marshall et l'essai de presse a cisaillement giratoire.

CHAPTER V
RESULTATS ET DISCUSSION

V.1. INTRODUCTION

Ce chapitre présente les résultats obtenus à partir de l'expérience Marshall et de la presse à cisaillement giratoire pour différent compositions.

V.2. EXPRESSION DES RESULTATS D'ESSAI MARSHALL

L'essai de Marshall permet de déterminer la stabilité, le fluage des enrobés bitumineux, Les résultats d'essai Marshall sont présentés sur les Tableau (Tableau.1, Tableau.2)

Tableau V.1. Variation de stabilité en fonction de teneur en liant

Désignation	Formulation			Recommandations 0/14
	A	B	C	
Dosage en liant	5.56	5.81	6.05	-
Stabilité (Kn)	11.20	11.80	11.65	≥ 10.50
Fluage (mm)	2.44	2.86	3.25	≤ 4

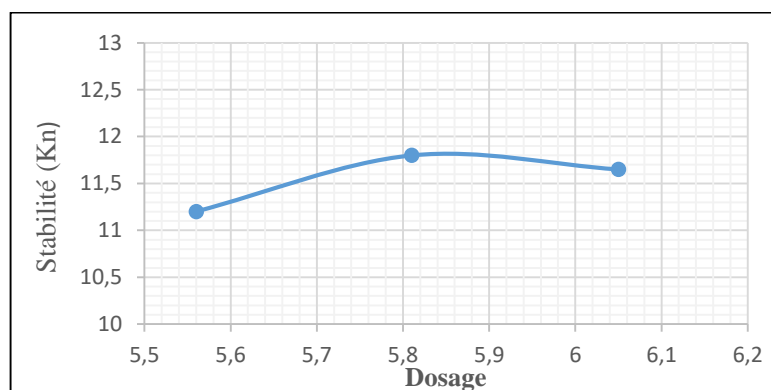


Figure V.1. Variation de stabilité en fonction de teneur en liant

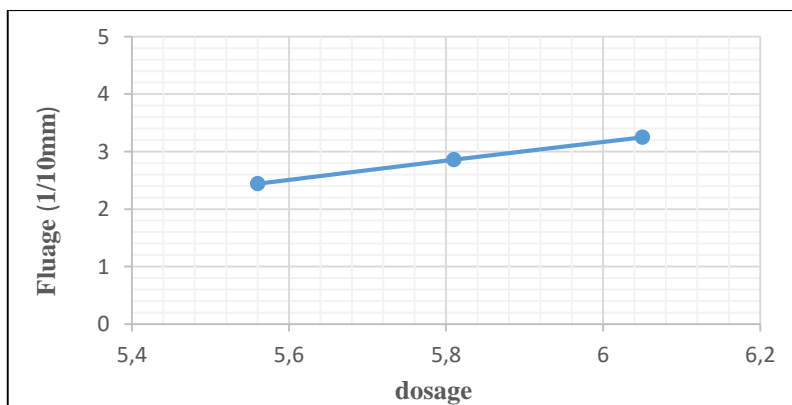


Figure V.2. Variation de fluage en fonction de teneur en liant

Le Tableau V.2. Présente les autre caractéristiques d’essai Marshall

Tableau V.2. Caractéristique d’essai Marshall

Désignation	Formulation			Recommandations
	A	B	C	
Dosage	5.56	5.81	6.05	-
Densité théorique	2.456	2.448	2.440	
Densité apparent	2.263	2.284	2.278	
Compacité (%)	92.14	93.30	93.36	92 – 97
Indice de vides	7.86	6.7	6.64	3 – 5

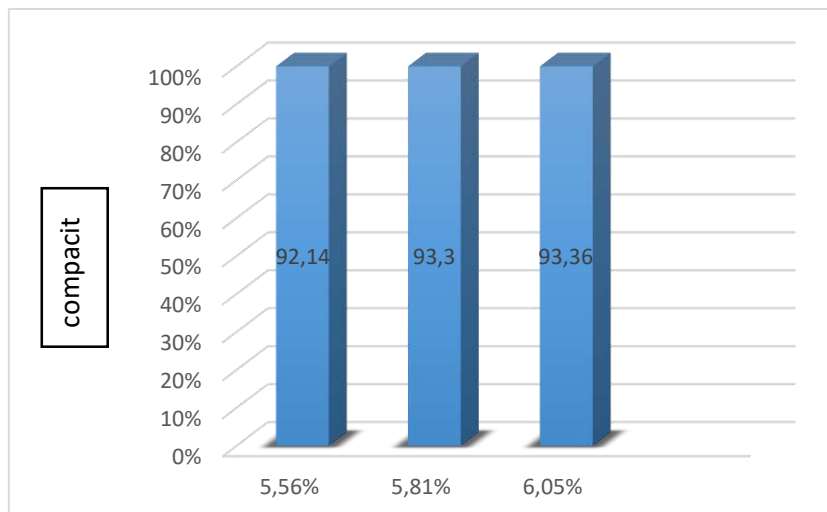


Figure V.3. Variation de compacité en fonction de teneur en liant

D’après les résultats obtenus par essai Marshall nous avons choisi le teneur en liant de formulation B (TL = 5.81%)

V.3.EXPRESSION DES RESULTATS D’ESSAI PCG

Les résultats pour 5 mélanges sont exprimés dans un tableaux

Tableau V.3. Les condition d’essai de Mélanges

Condition d’essai			
Température de compactage	Vitesse de rotation	Angle d’inclinons	Pression
160°C	30rpm	0.82°	600kpa

Tableau V.4. Les information d’essai de Mélanges

information d’essai			
MVR (kg/m^3)	Hmin (mm)	Diamètre de moule (mm)	Masse d’échantillon (kg)
2447	110	150	4.754

Tableau V.5. Les Résultats d’essai PCG

Nombre de Girations	Indice de vides (%)					Spécification (EN 13108-1)
	Mélange (01)	Mélange (02)	Mélange (03)	Mélange (04)	Mélange (05)	
5	16.4	12.8	11.4	11.1	13.6	
10	14.4	11.0	9.3	9.0	11.6	V ≥11%
15	13.0	9.8	7.9	7.6	10.3	
20	12.0	8.8	6.9	6.6	9.4	
25	11.1	8.0	6.1	5.9	8.7	
30	10.5	7.4	5.4	5.3	8.1	
40	9.3	6.4	4.5	4.5	7.2	
50	8.5	5.6	3.8	3.9	6.6	
60	7.8	4.9	3.3	3.4	6.1	
80	6.7	3.9	2.5	2.8	5.4	Vide :4 a 9%
100	5.8	3.1	2.0	2.5	4.9	
120	5.1	2.5	1.6	2.3	4.5	
150	4.4	1.8	1.2	2.2	4.1	
200	3.5	0.9	0.9	2.0	3.8	

Selon les résultats obtenus des différents mélanges on remarque que le mélange (01) contient un résultat au giration 80 <9% et un compacité égale (93.3) acceptable selon les spécifications Par contre l'ajout de 25 % de sable de dunes a affecté l’adhésion entre les particules et la cohésion du mélange, ce qui a entraîné une augmentation la compacité et réduit le pourcentage de vides de 41,8% par rapport à la composition de référence .mais cette valeur est inférieure aux spécifications européennes (de 4 à 9% à 80 girations), ce qui caractérise des bétons bitumineux semi-grenus.

Le pourcentage de vides a également diminué après remplacement de pourcentage 3% du mélange de sable de dunes et de sable (0/3) par charbon de poudrette de café de 63% par rapport la composition référence et 36% par rapport la composition (02)

Mais après remplacement de pourcentage de sable de dune et sable (0/3) par 6% et 10% par charbon de poudrette de café le pourcentage de vide a commencé augment par rapport la composition des mélanges (02) et (03)

Commentaire

L'augmentation des vides peut être justifiée après avoir augmenté la proportion de charbon de poudrette de café par

À des pourcentages plus élevés (6 % et 10 %), le charbon de bois en poudre peut créer des grumeaux ou des zones faibles dans le mélange, augmentant ainsi l'indice de vide Comme explication possible

V.4. DISCUSSION DES RESULTATS D’ESSAI PCG

L'effet de l'ajout sur Le pourcentage de vides pour chaque mélange est exprimé par la figure suivante

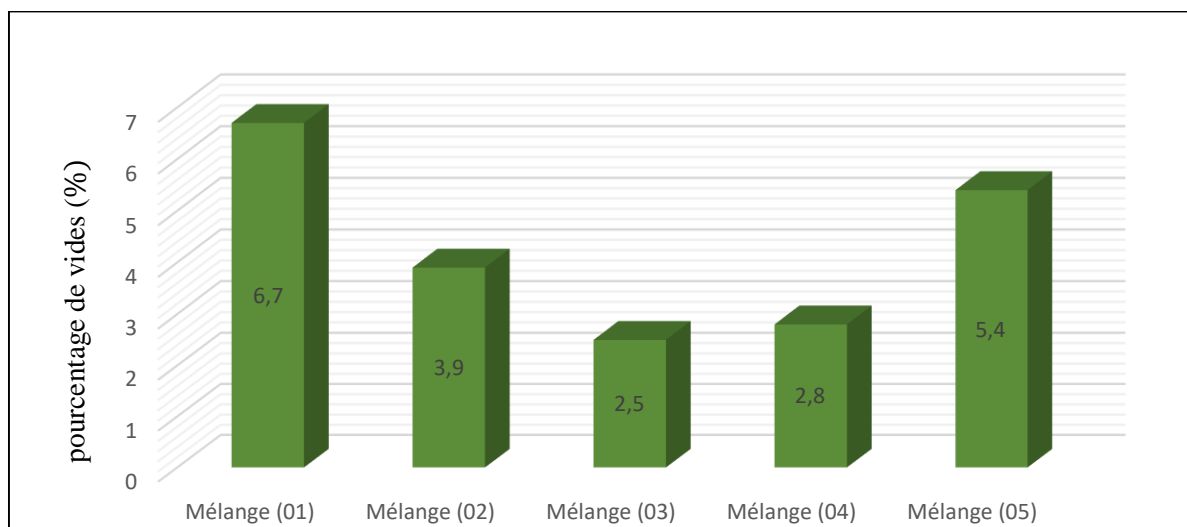


Figure V.4. Variation de pourcentage de vides

- Les mélanges (01) et (05) ont des indices de vide conformes aux spécifications [EN13108-1].
- Les mélanges (02), (3) et (04) ont des indices de vide non conformes aux spécifications [EN13108-1].

L'effet de l'ajout sur la compacité pour chaque mélange est exprimé par la figure suivante

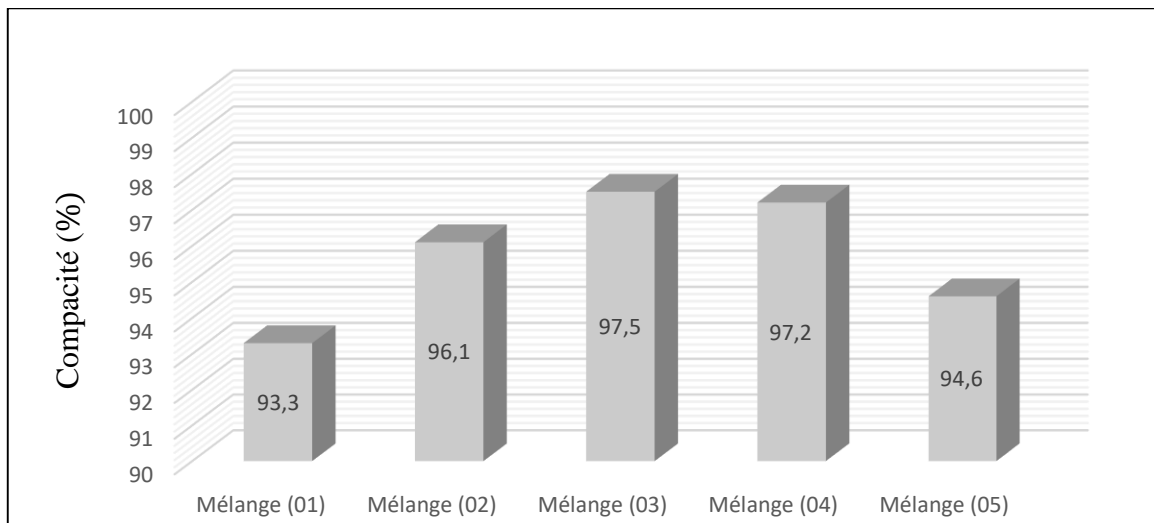


Figure V.5. Variation de compacité

- Les mélanges (01) et (05) ont des compacité conformes aux spécifications [EN 13108-1].
- Les mélanges (02), (03) et (04) ont des compacités non conformes aux spécifications [EN 13108-1].

D'après les résultats des mélanges, la composition (05) est le meilleur résultat et répond aux spécifications.

V.5. CONCLUSION

Notre étude présente des modifications dans la composition du béton bitumineux avec des poudrettes de café

L'effet sur le pourcentage de vides et la compacité a été observé en expérimentant avec l'essai de presse à cisaillement giratoire (PCG)

CONCLUSION GENERALE

Notre étude a consisté à exploiter un matériau local disponible en abondance dans le désert algérien, ainsi que des déchets de café préparés pour être éliminés, dans le but d'améliorer les propriétés du béton bitumineux d'une part, et d'autre part de réduire le coût des projets routiers.

Les essais sur les granulats et liants utilisés dans la fabrication des bétons bitumineux ont montré des résultats conformes aux recommandations.

Après avoir mené une expérimentation presse à cisaillement giratoire sur les cinq compositions, nous avons observé :

- L'ajout de 25 % sable de dune seul réduit le pourcentage de vides par rapport à la composition de référence 0/14
- Après avoir ajouté un pourcentage de 3 % de charbon de poudrette de café, il a encore diminué, mais après avoir ajouté un pourcentage de 6 % de charbon de poudrette de café le pourcentage de vides a légèrement augmenté, les deux composition non conformes aux spécifications [EN13108-1].
- D'après les résultats des mélanges la composition (05) est le meilleur résultat et répond aux spécifications en termes d'indice de vide et la compacité de l'enrobé semi grenu

Recommandations

D'après cette étude expérimentale élémentaire on peut recommander ce qui suit :

- Les caractéristiques du bitume devraient être étudiées en profondeur

Tests plus précis notamment par RTFOT, ductilité, perte de masse au chauffage, point éclair, etc.

- Mener d'autres essais sur le mélange modifié avec de la poudrette de café par exemple, orniérage, module de rigidité, Fatigue

Liste de référence :

- [1] <https://www.sogeba.fr/services/enrobe/>
- [2] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/les-routes-les-ponts-et-les-joints-42235210/liants-hydrocarbones-c904/definition-c904niv10001.html>
- [3] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Liant-hydrocarbone.html>
- [4] <https://www.inrs.fr/risques/bitume/de-quoi-parle-t-on.html>
- [5] SIDIBE AISSATA ET HAMADI HOUSSAM (2020) : *AMELIORATION DU BETON BITUMINEUX PAR DES POLYMERES ISSUS DU RECYCLAGE. Mémoire de Master. Université de Guelma*
- [6] <https://www.scribd.com/document/639580533/S7-10-13-Essai-de-penetrabilite-des-bitumes>
- [7] MESSAOUDI Hamida (2022) Effet de l'ajout de sable de dunes à la formulation du béton bitumineux à chaud sur les performances physiques : Granulats de la région de Ghardaïa. Mémoire master. Université de Adrar
- [8] KEMASSI Nassima (2019) Bitume Hautement Modifiés par Polymère (HiMA): Influence des polymères sur la viscosité des liants –Etude de cas : D0234 - Mémoire master. Université de Ouargla.
- [9]
- [10] IBEK Yahia ET LITIEM Lamine (2019) Etude des caractéristiques d'un bitume pur modifié par PVC - Mémoire master. Université de Ouargla.
- [11] <https://www.vialab.fr/fr/produits/accueil/equipement-de-laboratoire-routier/bitume/etuve-rtfot-rolling-thin-film-oven-test/>
- [12] (Bitume Québec ; 2008), Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, Novembre 2008.
- [13] Baba Mohammed Elamin (2021) Etude de formulation d'un béton bitumineux semi-grenu BBSG 0/14 pour couche de roulement : Cas de granulats. Mémoire master. Université de Adrar
- [14] [béton bitumineux - GuideBeton.com](#)
- [15] DAAS, D. and HACHANI, M.I. (2013) *Etude expérimental d'un béton bitumineux modifié à la poudrette de caoutchouc. Mémoire master. Université de Ouargla.*
- [16] <http://thekamat.com/?product=presse-cbrmarshall-multivitesse-50kn>
- [17] <https://www.controlab.fr/gamme/machine-dessais-universelle-200-kn/>
- [18] <https://www.cooper.co.uk/lapproche-francaise-de-conception-des-enrobes-liee-aux-performances/>

- [19] Anouar Abdelaziz ZEMMIRI « Comparaison des formulations d'enrobes à chaud pour couches de roulement des chaussées très circulées utilisées en France et en Algérie du point de vue sécurité (glissance) et orniérage » Certificat d'études supérieures - ENTPE de Lyon 2008
- [20] <https://www.proviteq.com/produits-genie-civil/route/route-module-de-rigidite/>
- [21] Mohamed Habib BEN DHIA (1998) : Quelques particularités de l'utilisation du sable de dune en construction routière en milieu saharien, bulletin des laboratoires des ponts et chaussées
- [22] DINE Hafsa (2014) : Formulation par la méthode Marshall d'un béton bitumineux à module amélioré par ajout de PR PLAST SAHARA - Ecole Nationale Polytechnique – alger
- [23] BAZZINE Rabia (2013) : "Influence De L'ajout De La Poudrette De Caoutchouc Sur La Stabilite Des Enrobes Bitumineux." Mémoire magister. Université de Ouargla.
- [24] "Experimental investigation of Bituminous concrete mix using rice husk ash as a mineral filler " submitted by Shivu Khatri in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Civil Engineering
- [25] <https://gharpedia.com/blog/rice-husk-ash-in-concrete-pros-cons/>
- [26] [The Influence of Coffee Husk Ash as a Filler on the Performance of Bituminous Concrete Mix - Tessema - 2022 - Advances in Materials Science and Engineering - Wiley Online Library](#)
- [27] <https://www.lindqvist-international.com/produit/machine-los-angeles/>
- [28] https://issuu.com/idroproject/docs/essai_micro_deval

Liste des normes

NF P 18-560 : « Essai analyse granulométrique par tamisage »

NF P 18-561 : « Essai coefficient d'aplatissement de granulat »

NF P 18-554 : « Essai de propriété superficiel »

NF P 18-573 : « Essai los Angeles – détermination la résistance aux chocs des granulats »

NF P 18-572 : « Essai micro deval - détermination la résistance à l'usure des granulat »

NF P 18-554 : « détermination la masse volumique »

NF P 18-597 : « Essai équivalent de sable »

NF EN -1426 : « Essai pénétrabilité a aiguille »

NF EN -1427 : « Essai point de ramollissement »

NF EN 12697-35 : « Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 35: Malaxage en laboratoire »

NF EN 12697-34 : « Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 34 : Essai Marshall »

NF EN 12697-31 : « Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 31 : Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire »

NF EN 13108-1 : « Spécifications des matériaux Partie 1 : Enrobés bitumineux »

Annexe



Zone d'activité - Boubraoua - Ghardaïa ☎ +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
 ☎ +213 (0) 29 25 27 44 ✉ BP 332 - 47000 Ghardaïa 📧 Contact@ltps.dz 🌐 www.ltps.dz

FEUILLE DE PAILLASSE
CONFECTION D'ÉPROUVETTES À LA PRESSE À
COMPACTAGE GIRATOIRE (PCG)
NF EN 12697 - 31 : 2019



Structure	D.T	Balance N°	2
N° Dossier interne		Étuve N°	1
Lieu de travail	PBS	PCG N°	1
Méthode de production		Échantillon	BB0114

Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou série	Constat*	Valeur de correction**
	Étuve	L.039.17.5.001	C	/
	Balance	L.022.006.23.52	C	
	Compacteur giratoire	L.141.17.5.001	C	
	Vérification de l'angle			

Description de l'échantillon :

(*) : C = conforme, NC = non conforme.

(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction.

N°	ETAPE	EXIGENCE		VALEUR	
		Constituants		Dosage proposé	Dosage réalisé
1	Composition de mélange	Fraction	0/3	40%	40%
		Fraction	3/8	28%	28%
		Fraction	8/15	32%	32%
		Fraction			
		Additif			
		Liants	40/50	5,81%	5,81%
		MVR		2,447	
2	Date et Heure de début d'essai	22/05/2024 → 9h06 min			
3	Sélectionner le moule d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $D_{max} \leq 16$ mm : choisi le moule de diamètre 100 mm Si $D_{max} > 16$ mm : choisi le moule de diamètre 150 mm 	Diamètre (D) = 150 mm		
4	Sélectionner la température d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Voir guide méthodologique Sans dépasser la température de référence de plus de 20 °C 	Température = 165 °C		
5	Placer, le mélanges, les moules et les pastilles dans l'étuve	Pendant au moins 2 h	Température : 165 °C Temps : 2 h		
7	Choisi le h_{min}	$0.66 D \leq h_{min} \leq 1.05 D$	$h_{min} = 110$ mm		

8	Calculer la masse d'éprouvette D et h_{min} en cm ρ_M en g/cm^2	$M = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M$ <p>Où</p> $M_W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{100 + W}{100} \right)$	$M = 4754$ g		
9	Lubrifier les moules	Par une graisse de silicone			
10	Remplir les trois moules	-	M_1 (kg)	M_2 (kg)	M_3 (kg)
			4754,3	4754,1	
11	Replacer les moules dans l'étuve	Pendant 30 min et 2 h	Température : 165 °C Temps : 1h30 min		
12	Allumer le compresseur d'air, la machine d'essai et l'ordinateur	-			
14	Ouvrir logiciel d'essai	Choisi Compactage			
15	Choisir le mode d'essai	-	Voids content		
			Sample preparation		✓
16	Remplir les paramètres d'essai	-	Nombre de giration viser		200 girations
17	Régler le diamètre dans l'appareil	Tourne de bouton sur le côté			
18	Mesurer la température de l'éprouvette	Température d'essai ± 5 °C	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
			165,3	165,8	
19	Placer le moule content le mélange dans l'appareil	-			
20	Clique sur suivant pour commencer l'essai	-			
21	Prendre les mesures et notés le nombre de giration réalisée	-	Nombre de giration réalisé		200 girations
21	Extruder l'éprouvette	-			
22	Imprimé les rapports d'essai et joindre avec feuille de paillasse	Fichier texte			
23	Date et Heure de fin d'essai	22/06/2024 → 11h:00 min			



Observation :

Date de réception d'échantillon : _____
 Date d'essai : 22/06/2024
 Nom et Prénom du Technicien : Dussanwa
 Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____
 Visa : _____



Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa ☎ +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
 ☎ +213 (0) 29 25 27 44 ✉ BP 332 - 47000 Ghardaïa ✉ Contact@ltps.dz 🌐 www.ltps.dz

FEUILLE DE PAILLASSE
CONFECTION D'ÉPROUVETTES À LA PRESSE À
COMPACTAGE GIRATOIRE (PCG)
NF EN 12697 - 31 : 2019



Structure	D.T	Balancé N°	2
N° Dossier interne		Étuve N°	1
Lieu de travail	PBS	PCG N°	1
Méthode de production		Échantillon	BB 0114

Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou série	Constat*	Valeur de correction**
	Étuve	L.039.17.5.001		
	Balance	L.022.006.23.52		
	Compacteur giratoire	L.141.17.5.001		
	Vérification de l'angle			

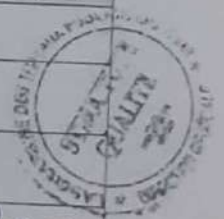
Description de l'échantillon :

(*) : C = conforme, NC = non conforme.

(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction.

N°	ETAPE	EXIGENCE		VALEUR	
		Constituants		Dosage proposé	Dosage réalisé
1	Composition de mélange	Fraction	013	30%	40%
		Fraction	318	28%	28%
		Fraction	8115	32%	32%
		Fraction	50	10%	25%
		Fraction			
		Additif			
		Liants	40150	5,81	5,81
		MVR		2,447	
2	Date et Heure de début d'essai	22/05/2024 → 11h:55 min			
3	Sélectionner le moule d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $D_{max} \leq 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 100 mm Si $D_{max} > 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 150 mm 		Diamètre (D) = 150 mm	
4	Sélectionner la température d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Voir guide méthodologique Sans dépasser la température de référence de plus de 20 °C 		Température = 165 °C	
5	Placer, le mélanges, les moules et les pastilles dans l'étuve	Pendant au moins 2 h		Température : 165 °C Temps : 1h30 min	
7	Choisi le h_{min}	$0.66 D \leq h_{min} \leq 1.05 D$		$h_{min} = 110 \text{ mm}$	

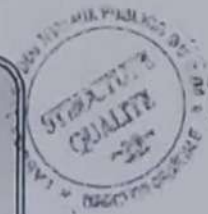
8	Calculer la masse d'éprouvette D et h_{min} en cm ρ_M en g/cm^2	$M = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M$ Où $M_W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{100 + W}{100} \right)$	$M = 4754 \text{ g}$		
9	Lubrifier les moules	Par une graisse de silicone			
10	Remplir les trois moules	-	M_1 (kg)	M_2 (kg)	M_3 (kg)
11	Replacer les moules dans l'étuve	Pendant 30 min et 2 h	4754,1 4754,2		
12	Allumer le compresseur d'air, la machine d'essai et l'ordinateur	-	Température : 165 °C Temps : 1h30 min		
14	Ouvrir logiciel d'essai	Choisi Compactage	✓		
15	Choisir le mode d'essai	-	Voids content		
			Sample preparation		✓
16	Remplir les paramètres d'essai	-	Nombre de giration viser		200 girations
17	Régler le diamètre dans l'appareil	Tourne de bouton sur le côté			
18	Mesurer la température de l'éprouvette	Température d'essai ± 5 °C	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
19	Placer le moule content le mélange dans l'appareil	-	165,2	165,5	
20	Clique sur suivant pour commencer l'essai	-	✓		
21	Prendre les mesures et notés le nombre de giration réalisée	-	Nombre de giration réalisé		200 girations
21	Extruder l'éprouvette	-	✓		
22	Imprimé les rapports d'essai et joindre avec feuille de paille	Fichier texte			
23	Date et Heure de fin d'essai	22/05/2024 → 13h57 min			



Observation :

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024
 Date d'essai : _____
 Nom et Prénom du Technicien : OUMAMA
 Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____
 Visa : _____



FEUILLE DE PAILLASSE
CONFECTION D'ÉPROUVETTES À LA PRESSE À
COMPACTAGE GIRATOIRE (PCG)
NF EN 12697 - 31 : 2019

Structure	D.T	Balancé N°	2
N° Dossier interne		Étuve N°	1
Lieu de travail	PBS	PCG N°	1
Méthode de production		Échantillon	BB 0114

Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou série	Constat*	Valeur de correction**
	Étuve	L.039.17.S.001		
	Balancé	L.022.006.23.S2		
	Compacteur giratoire	L.141.17.S.001		
	Vérification de l'angle			

Description de l'échantillon :

(*) : C = conforme, NC = non conforme.
(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction.

N°	ETAPE	EXIGENCE		VALEUR	
		Constituants		Dosage proposé	Dosage réalisé
1	Composition de mélange	Fraction	013	30%	40%
		Fraction	318	28%	28%
		Fraction	8115	32%	32%
		Fraction	50	20%	26%
		Fraction			
		Additif	PS	3%	3%
		Liants	40150	5.81	5.81
		MVR	2.447		
2	Date et Heure de début d'essai	23/05/2024 → 9h = 8 min			
3	Sélectionner le moule d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $D_{max} \leq 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 100 mm Si $D_{max} > 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 150 mm 	Diamètre (D) = 150 mm		
4	Sélectionner la température d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Voir guide méthodologique Sans dépasser la température de référence de plus de 20 °C 	Température = 165 °C		
5	Placer, le mélanges, les moules et les pastilles dans l'étuve	Pendant au moins 2 h		Température : 165 °C Temps : 1h30 min	
7	Choisi le h_{min}	$0.66 D \leq h_{min} \leq 1.05 D$		$h_{min} = 110 \text{ mm}$	

8	Calculer la masse d'éprouvette D et h_{min} en cm ρ_M en g/cm^2	$M = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M$ Où $M_W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{100 + W}{100}\right)$	$M = 4754$ g		
9	Lubrifier les moules	Par une graisse de silicone			
10	Remplir les trois moules	-	M_1 (kg)	M_2 (kg)	M_3 (kg)
			4754,3	4754,3	
11	Remplacer les moules dans l'étuve	Pendant 30 min et 2 h	Température : 165 °C Temps : 1h30min		
12	Allumer le compresseur d'air, la machine d'essai et l'ordinateur	-	✓		
14	Ouvrir logiciel d'essai	Choisi Compactage	✓		
15	Choisir le mode d'essai	-	Voids content		
			Sample preparation		✓
16	Remplir les paramètres d'essai	-	Nombre de giration viser		200 girations
17	Régler le diamètre dans l'appareil	Tourne de bouton sur le côté			
18	Mesurer la température de l'éprouvette	Température d'essai ± 5 °C	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
			165,5	165,3	
19	Placer le moule content le mélange dans l'appareil	-	✓		
20	Clique sur suivant pour commencer l'essai	-	✓		
21	Prendre les mesures et notés le nombre de giration réalisée	-	Nombre de giration réalisé		200 girations
21	Extruder l'éprouvette	-	✓		
22	Imprimé les rapports d'essai et joindre avec feuille de paille	Fichier texte			
23	Date et Heure de fin d'essai	23/05/2024 → 1h30min			

Observation :

Date de réception d'échantillon : 23/05/2024
Date d'essai : _____
Nom et Prénom du Technicien : Quoc Hoa
Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____
Visa : _____



Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa ☎ +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
📠 +213 (0) 29 25 27 44 ✉ BP 332 - 47000 Ghardaïa 📧 Contact@ltps.dz 🌐 www.ltps.dz

FEUILLE DE PAILLASSE
CONFECTION D'ÉPROUVETTES À LA PRESSE À
COMPACTAGE GIRATOIRE (PCG)
NF EN 12697 - 31 : 2019



Structure	D.T	Balance N°	2
N° Dossier interne		Étuve N°	1
Lieu de travail	PBS	PCG N°	1
Méthode de production		Échantillon	BB 074

Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou série	Constat*	Valeur de correction**
	Étuve	L.039.17.S.001		
	Balance	L.022.006.23.S2		
	Compacteur giratoire	L.141.17.S.001		
	Vérification de l'angle			

Description de l'échantillon :

(*) : C = conforme, NC = non conforme.
(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction.

N°	ETAPE	EXIGENCE		VALEUR	
		Constituants		Dosage proposé	Dosage réalisé
1	Composition de mélange	Fraction	0/3	30%	40%
		Fraction	3/8	28%	28%
		Fraction	8/15	32%	32%
		Fraction	5/0	20%	25%
		Fraction			
		Additif	PS	6%	6%
		Liants	H0150	5,81	5,81
		MVR		2,447	
2	Date et Heure de début d'essai	23/05/2024 → 10h03 min			
3	Sélectionner le moule d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $D_{max} \leq 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 100 mm Si $D_{max} > 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 150 mm 	Diamètre (D) = 150 mm		
4	Sélectionner la température d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Voir guide méthodologique Sans dépasser la température de référence de plus de 20 °C 	Température = 165 °C		
5	Placer, le mélanges, les moules et les pastilles dans l'étuve	Pendant au moins 2 h	Température : 165 °C Temps : 1h30 min		
7	Choisi le h_{min}	$0.66 D \leq h_{min} \leq 1.05 D$	$h_{min} = 110 \text{ mm}$		

8	Calculer la masse d'éprouvette D et h_{min} en cm ρ_M en g/cm^2	$M = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M$ Où $M_W = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{100 + W}{100} \right)$	$M = 4754$ g		
9	Lubrifier les moules	Par une graisse de silicone			
10	Remplir les trois moules	-	M_1 (kg)	M_2 (kg)	M_3 (kg)
			4754,2	4754,2	
11	Replacer les moules dans l'étuve	Pendant 30 min et 2 h	Température : 165 °C Temps : 1h 30 min		
12	Allumer le compresseur d'air, la machine d'essai et l'ordinateur	-	✓		
14	Ouvrir logiciel d'essai	Choisi Compactage	✓		
15	Choisir le mode d'essai	-	Voids content		
			Sample preparation		✓
16	Remplir les paramètres d'essai	-	Nombre de giration viser		200 girations
17	Régler le diamètre dans l'appareil	Tourne de bouton sur le côté			
18	Mesurer la température de l'éprouvette	Température d'essai ± 5 °C	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
			165,5	165,3	
19	Placer le moule content le mélange dans l'appareil	-	✓		
20	Clique sur suivant pour commencer l'essai	-	✓		
21	Prendre les mesures et notés le nombre de giration réalisée	-	Nombre de giration réalisé		200 girations
21	Extruder l'éprouvette	-	✓		
22	Imprimé les rapports d'essai et joindre avec feuille de paillasse	Fichier texte			
23	Date et Heure de fin d'essai	23/05/2024 → 12h. 10 min			



Observation :

Date de réception d'échantillon 23/05/2024
 Date d'essai : _____
 Nom et Prénom du Technicien : Quocma
 Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____
 Visa : _____



مختبر الأشغال العامة في جنوب البلاد

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD
SPA AU CAPITALE DE :303.000.000 DA

Zone d'activité - Bouhraoua - Ghardaïa ☎ +213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36
✉ +213 (0) 29 25 27 44 📧 BP 332 - 47000 Ghardaïa 📧 Contact@ltps.dz 🌐 www.ltps.dz

FEUILLE DE PAILLASSE
CONFECTION D'ÉPROUVETTES À LA PRESSE À
COMPACTAGE GIRATOIRE (PCG)
NF EN 12697 - 31 : 2019



Structure	D-T	Balance N°	2
N° Dossier interne		Étuve N°	1
Lieu de travail	PBS	PCG N°	1
Méthode de production		Échantillon	BB 014

Vérification des équipements (étalonnage, vérification et état)	Équipement	N° Inventaire ou série	Constat*	Valeur de correction**
	Étuve	L 039.17.5.001		
	Balance	L 022.006.23.58		
	Compacteur giratoire	L 141.17.5.001		
	Vérification de l'angle			

Description de l'échantillon :

(*) : C = conforme, NC = non conforme.
(**) Important : Toutes les valeurs mentionnées doivent être corrigées par les valeurs de correction.

N°	ETAPE	EXIGENCE		VALEUR	
		Constituants		Dosage proposé	Dosage réalisé
1	Composition de mélange	Fraction	013	30%	40%
		Fraction	318	28%	28%
		Fraction	815	32%	32%
		Fraction	SD	40%	25%
		Fraction			
		Additif	PS	10%	10%
		Liants	10150	5,8%	5,8%
		MVR		2,447	
2	Date et Heure de début d'essai	28/05/2024 → 8h:00			
3	Sélectionner le moule d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Si $D_{max} \leq 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 100 mm Si $D_{max} > 16 \text{ mm}$: choisi le moule de diamètre 150 mm 	Diamètre (D) = 160 mm		
4	Sélectionner la température d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Voir guide méthodologique Sans dépasser la température de référence de plus de 20 °C 	Température = 165 °C		
5	Placer, le mélanges, les moules et les pastilles dans l'étuve	Pendant au moins 2 h		Température 165 °C Temps 1h30 min	
7	Choisi le h_{min}	$0.66 D \leq h_{min} \leq 1.05 D$		$h_{min} = 110 \text{ mm}$	

8	Calculer la masse d'éprouvette D et h_{min} en cm ρ_M en g/cm^2	$M = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M$ Où M_W $= \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h_{min} \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{100 + W}{100}\right)$	M = 4754 g
9	Lubrifier les moules	Par une graisse de silicone	
10	Remplir les trois moules	-	M ₁ (kg) M ₂ (kg) M ₃ (kg) 4754,1 4754,2
11	Replacer les moules dans l'étuve	Pendant 30 min et 2 h	Température : 165 °C Temps : 1h 30 min
12	Allumer le compresseur d'air, la machine d'essai et l'ordinateur	-	✓
14	Ouvrir logiciel d'essai	Choisi Compactage	✓
15	Choisir le mode d'essai	-	Voids content Sample preparation ✓
16	Remplir les paramètres d'essai	-	Nombre de giration viser 2,00 girations
17	Régler le diamètre dans l'appareil	Tourne de bouton sur le côté	
18	Mesurer la température de l'éprouvette	Température d'essai ± 5 °C	T ₁ (°C) T ₂ (°C) T ₃ (°C) 165,1 165,3
19	Placer le moule content le mélange dans l'appareil	-	✓
20	Clique sur suivant pour commencer l'essai	-	✓
21	Prendre les mesures et notés le nombre de giration réalisée	-	Nombre de giration réalisé 2,00 girations
21	Extruder l'éprouvette	-	✓
22	Imprime les rapports d'essai et joindre avec feuille de paillasse	Fichier texte	
23	Date et Heure de fin d'essai	28/05/2024 → 9 hs 30 min	



Observation :

Date de réception d'échantillon : 28/05/2024
 Date d'essai : _____
 Nom et Prénom du Technicien : *Amour*
 Visa : _____

Nom et Prénom du Contrôleur : _____
 Visa : _____



RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A
COMPACTAGE GIRATOIRE
NF EN 12697 - 31 (Mars 2019)

PV N° : ...,/PCG/ 20,,, version (*) : ,,,

Structure	DT	Balance N°	L022.06.23.S2
N° dossier interne		Etuve N°	L039.17.S.002+001
Date de la demande d'essai	22/05/2024	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**):	GRANULAT

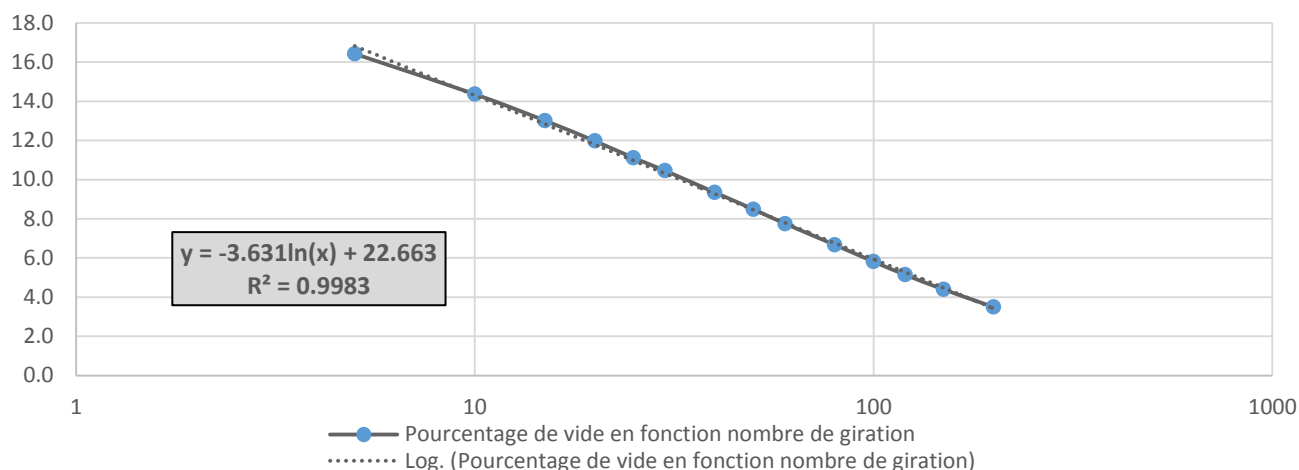
Méthode de production :			Laboratoire	<input checked="" type="checkbox"/>	Chantier	<input type="checkbox"/>
COMPOSITION (1)			(%)	Méthode de vérification de l'angle		Deplacement
Fraction	0/3	40		Date de confection de l'enrobé		-
Fraction	3/8	28		Date de confection des éprouvettes		22/05/2024
Fraction	8/15	32		Température compactage		160
Fraction	/	/		Condition d'essai		
Additif	/	/		Angle d'inclinaison		0.82
Filler	Filler	/		Vitesse de rotation		30
Liant	40/50	5.81		Pression		600 kPa

Information de l'essai				
MVR (kg/m ³) (1)		Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2447	110	150	4.754	

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Indice de vide (%)	CV
Température	150	150	150				
Girations	Hauteur (mm)						
5	131.33	131.90		131.6	2045.1	16.4	0.31
10	128.08	128.82		128.4	2095.4	14.4	0.40
15	126.09	126.82		126.5	2128.5	13.0	0.41
20	124.50	125.42		125.0	2154.0	12.0	0.52
25	123.31	124.20		123.8	2175.0	11.1	0.51
30	122.35	123.34		122.8	2191.0	10.5	0.57
40	120.85	121.83		121.3	2218.2	9.3	0.57
50	119.71	120.69		120.2	2239.3	8.5	0.57
60	118.74	119.74		119.2	2257.2	7.8	0.59
80	117.30	118.42		117.9	2283.7	6.7	0.67
100	116.28	117.30		116.8	2304.7	5.8	0.62
120	115.49	116.44		116.0	2321.1	5.1	0.58
150	114.58	115.52		115.0	2339.5	4.4	0.58
200	113.55	114.42		114.0	2361.3	3.5	0.54

(1): valeur transmis par le client

Pourcentage de vide en fonction nombre de giration



Observation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « gras », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport,
(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation»,

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024

Date d'essai : 22/05/2024

Date de rapport : 28/05/2024

Nom et Prénom du Contrôleur :

Visa : _____

- 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, (Article 7,8,2,2 de ISO 17025)
- 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,
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note),

fin rapport



Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa



+213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36



+213 (0) 29 25 27 44



BP 332 - 47000 Ghardaïa



Contact@ltps.dz



www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

**ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A
COMPACTAGE GIRATOIRE**

NF EN 12697 - 31 (Mars 2019)

PV N° : ...,,/PCG/ 20,, version (*) : ,,,

Structure	DT	Balance N°	L022.06.23.S2
N° dossier interne	GO/2024	Etuve N°	L039.17.S.002+001
Date de la demande d'essai	22/05/2024	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**):	GRANULAT

Méthode de production :

Laboratoire



Chantier



COMPOSITION (1)			(%)	Méthode de vérification de l'angle		Deplacement
Fraction	0/3		30	Date de confection de l'enrobé		-
Fraction	3/8		28	Date de confection des éprouvettes		22/05/2024
Fraction	8/15		32	Température compactage		160
Fraction	Sable D		10	Condition d'essai		
Additif	/		/	Angle d'inclinaison		0.82
Filler	Filler		/	Vitesse de rotation		30
Liant	40/50		5.81	Pression		600 kPa

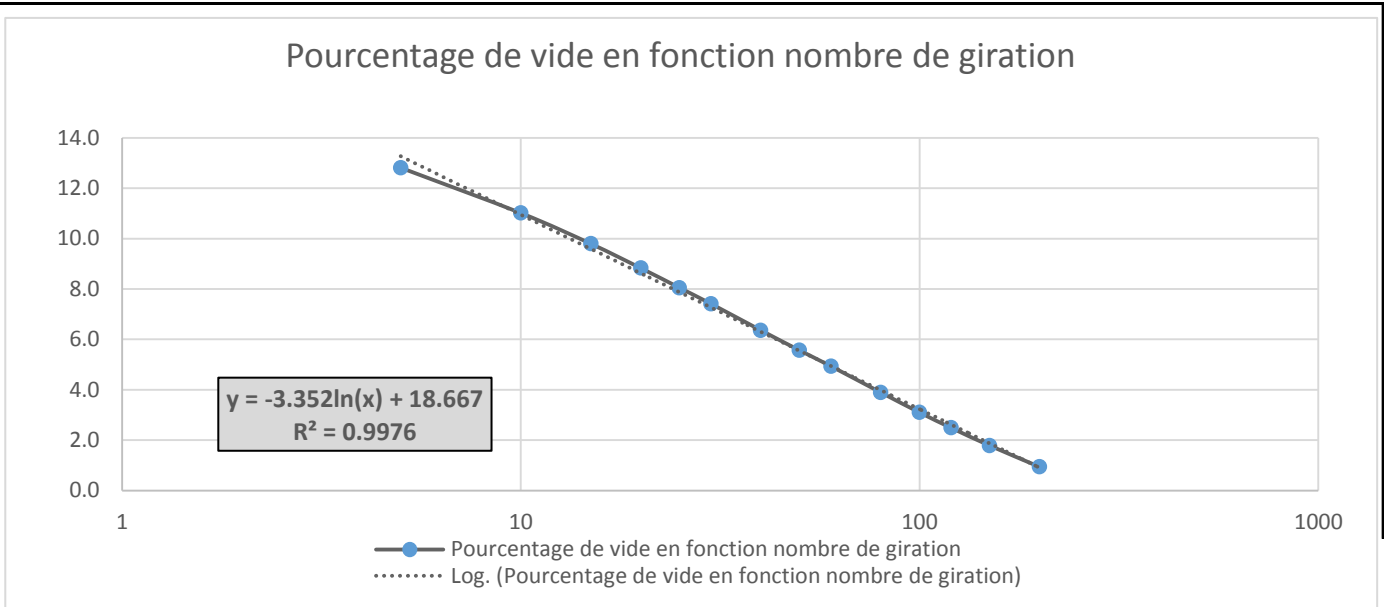
Information de l'essai

MVR (kg/m ³) (1)		Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2447		110	150	4.754

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Indice de vide (%)	CV
Température	150	150	150				
Girations	Hauteur (mm)						
5	126.15	126.18		126.2	2133.3	12.8	0.02
10	123.67	123.57		123.6	2177.3	11.0	0.06
15	121.99	121.89		121.9	2207.2	9.8	0.06
20	120.75	120.56		120.7	2230.8	8.8	0.11
25	119.71	119.55		119.6	2249.9	8.0	0.09
30	118.87	118.74		118.8	2265.5	7.4	0.08
40	117.52	117.42		117.5	2291.3	6.4	0.06
50	116.50	116.47		116.5	2310.7	5.6	0.02
60	115.71	115.71		115.7	2326.2	4.9	0.00
80	114.45	114.45		114.5	2351.7	3.9	0.00
100	113.52	113.52		113.5	2371.1	3.1	0.00
120	112.78	112.84		112.8	2386.0	2.5	0.04
150	111.95	112.04		112.0	2403.3	1.8	0.06
200	111.01	111.07		111.0	2423.9	0.9	0.04

(1): valeur transmis par le client

Pourcentage de vide en fonction nombre de giration



Observation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « gras », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport,
(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation»,

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024
Date d'essai : 22/05/2024
Date de rapport : 28/05/2024

Nom et Prénom du Contrôleur :
Visa : _____

- 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, (Article 7,8,2,2 de ISO 17025)
- 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,
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note),

fin rapport



Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa



+213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36



+213 (0) 29 25 27 44



BP 332 - 47000 Ghardaïa



Contact@ltps.dz



www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

**ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A
COMPACTAGE GIRATOIRE**

NF EN 12697 - 31 (Mars 2019)

PV N° : ...,/PCG/ 20,,, version (*) : ,,,

Structure	DT	Balance N°	L022.06.23.S2
N° dossier interne	GO/2024	Etuve N°	L039.17.S.002+001
Date de la demande d'essai	22/05/2024	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**):	GRANULAT

Méthode de production :

Laboratoire



Chantier

COMPOSITION (1)		(%)
Fraction	0/3	30
Fraction	3/8	28
Fraction	8/15	32
Fraction	Sable D	10
Additif	PC	3
Filler	Filler	/
Liant	40/50	5.81

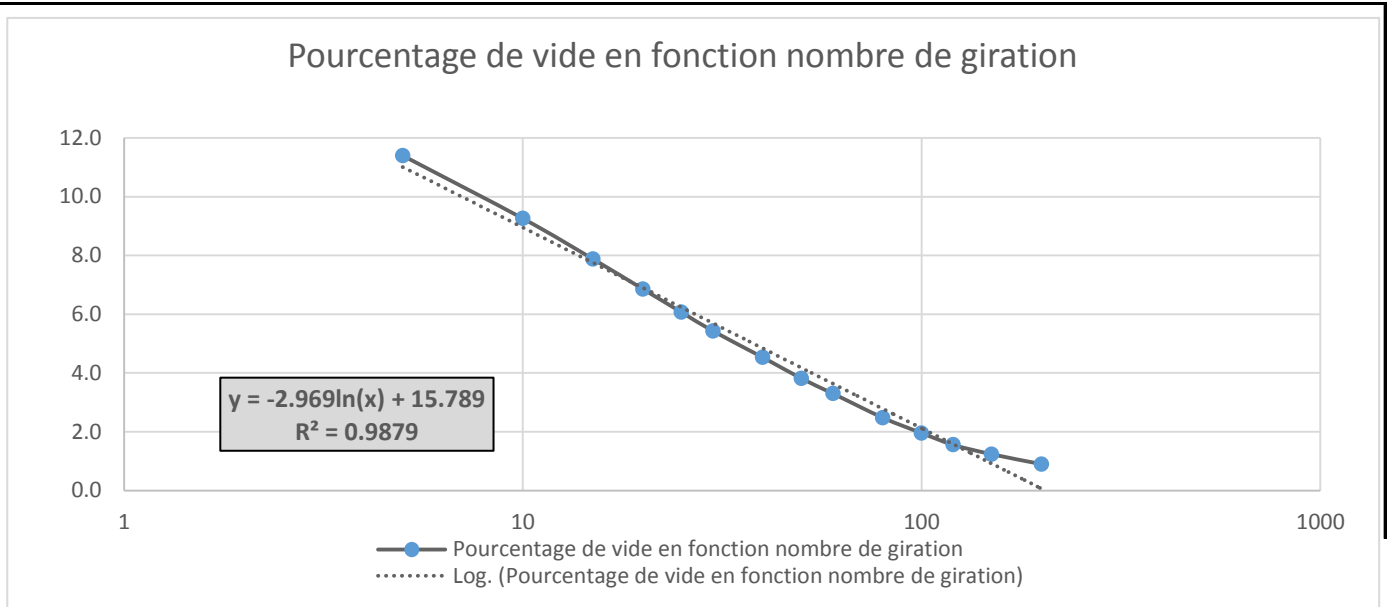
Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	-
Date de confection des éprouvettes	23/05/2024
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

Information de l'essai

MVR (kg/m ³) (1)		Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2447	110	150	4.754	

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Indice de vide (%)	CV
Température	150	150	150				
Girations	Hauteur (mm)						
5	124.50	123.80		124.1	2168.0	11.4	0.40
10	121.34	121.11		121.2	2220.4	9.3	0.13
15	119.42	119.39		119.4	2254.2	7.9	0.02
20	118.07	118.13		118.1	2279.1	6.9	0.04
25	117.04	117.17		117.1	2298.4	6.1	0.08
30	116.19	116.44		116.3	2314.1	5.4	0.15
40	115.05	115.39		115.2	2336.1	4.5	0.21
50	114.14	114.58		114.4	2353.6	3.8	0.27
60	113.52	113.98		113.8	2366.2	3.3	0.29
80	112.53	113.06		112.8	2386.3	2.5	0.33
100	111.89	112.50		112.2	2399.0	2.0	0.39
120	111.43	112.04		111.7	2408.8	1.6	0.39
150	111.07	111.68		111.4	2416.7	1.2	0.38
200	110.71	111.28		111.0	2425.0	0.9	0.36

(1): valeur transmis par le client



Observation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « gras », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport,
 (**): Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation»,

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024

Date d'essai : 23/05/2024

Date de rapport : 28/05/2024

Nom et Prénom du Contrôleur :

Visa : _____

- 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, (Article 7,8,2,2 de ISO 17025)
- 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,
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note),

fin rapport



RAPPORT D'ESSAI
ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A
COMPACTAGE GIRATOIRE
NF EN 12697 - 31 (Mars 2019)

PV N° : ...,/PCG/ 20,,, version (*) : ,,,

Structure	DT	Balance N°	L022.06.23.S2
N° dossier interne	GO/2024	Etuve N°	L039.17.S.002+001
Date de la demande d'essai	22/05/2024	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**):	GRANULAT

Méthode de production :

Laboratoire



Chantier



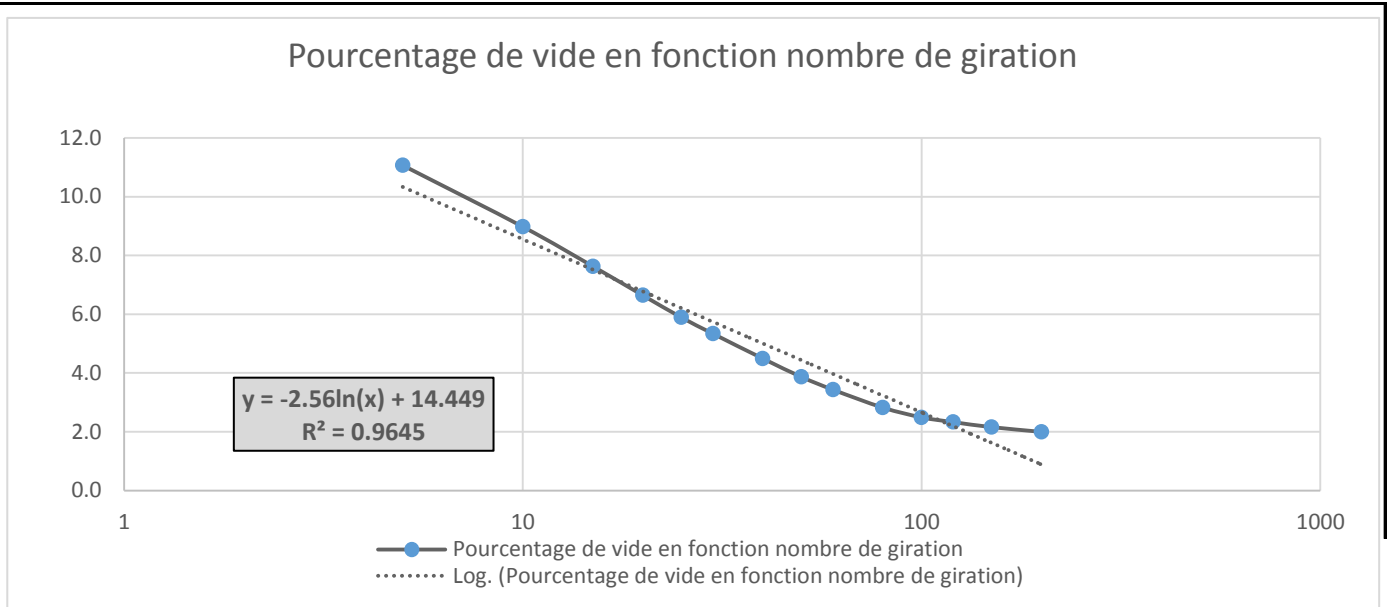
COMPOSITION (1)		(%)
Fraction	0/3	30
Fraction	3/8	28
Fraction	8/15	32
Fraction	Sable D	10
Additif	PC	6
Filler	Filler	/
Liant	40/50	5.81

Méthode de vérification de l'angle	Deplacement
Date de confection de l'enrobé	-
Date de confection des éprouvettes	23/05/2024
Température compactage	160
Condition d'essai	
Angle d'inclinaison	0.82
Vitesse de rotation	30
Pression	600 kPa

Information de l'essai				
MVR (kg/m ³) (1)		Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2447	110	150	4.754	

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Indice de vide (%)	CV
Température	150	150	150				
Girations	Hauteur (mm)						
5	124.33	123.05		123.7	2176.1	11.1	0.73
10	121.31	120.39		120.8	2227.2	9.0	0.54
15	119.39	118.77		119.1	2260.3	7.6	0.37
20	118.13	117.52		117.8	2284.4	6.6	0.37
25	117.11	116.66		116.9	2302.8	5.9	0.27
30	116.40	115.99		116.2	2316.4	5.3	0.25
40	115.33	115.01		115.2	2337.0	4.5	0.19
50	114.55	114.30		114.4	2352.4	3.9	0.16
60	113.98	113.83		113.9	2363.0	3.4	0.09
80	113.21	113.18		113.2	2377.9	2.8	0.02
100	112.75	112.87		112.8	2386.0	2.5	0.08
120	112.56	112.68		112.6	2389.9	2.3	0.08
150	112.41	112.44		112.4	2394.1	2.2	0.02
200	112.25	112.22		112.2	2398.1	2.0	0.02

(1): valeur transmis par le client



Observation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « gras », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport,
 (**): Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation»,

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024

Date d'essai : 23/05/2024

Date de rapport : 28/05/2024

Nom et Prénom du Contrôleur :

Visa : _____

- 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, (Article 7,8,2,2 de ISO 17025)
- 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,
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note),

fin rapport



Zone d'activité -Bouhraoua -Ghardaïa



+213 (0) 770 27 37 32 / +213 (0) 29 25 27 38 / +213 (0) 29 25 27 36



+213 (0) 29 25 27 44



BP 332 - 47000 Ghardaïa



Contact@ltps.dz



www.ltps.dz

RAPPORT D'ESSAI

**ESSAI CONFECTION D'EPROUVETTES A LA PRESSE A
COMPACTAGE GIRATOIRE**

NF EN 12697 - 31 (Mars 2019)

PV N° : ...,/PCG/ 20,,, version (*) : ,,,

Structure	DT	Balance N°	L022.06.23.S2
N° dossier interne	GO/2024	Etuve N°	L039.17.S.002+001
Date de la demande d'essai	22/05/2024	PCG N°	L141.17.S.001
Lieu de travail	PBS	Description et état de l'échantillon (**):	GRANULAT

Méthode de production :

Laboratoire



Chantier

COMPOSITION (1)			(%)	Méthode de vérification de l'angle		Déplacement	
Fraction	0/3		30	Date de confection de l'enrobé	-		
Fraction	3/8		28	Date de confection des éprouvettes	28/05/2024		
Fraction	8/15		32	Température compactage	160		
Fraction	Sable D		10	Condition d'essai			
Additif	PC		10	Angle d'inclinaison	0.82		
Filler	Filler		/	Vitesse de rotation	30		
Liant	40/50		5.81	Pression	600 kPa		

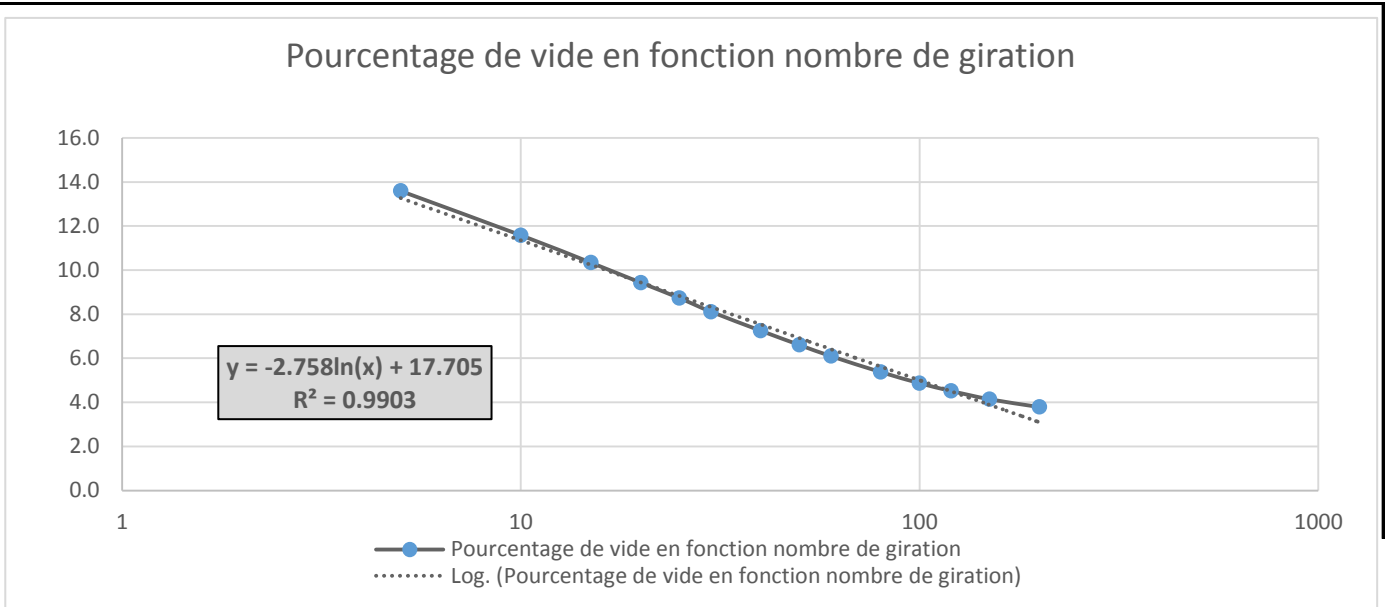
Information de l'essai

MVR (kg/m ³) (1)		Diamètre de moule (mm)	Masse d'échantillon (kg)	Facteur K
2447		110	150	4.754

Eprouvette N°	1	2	3	Hauteur moyenne (mm)	Masse volumique (kg/m ³)	Indice de vide (%)	CV
Température	150	150	150				
Girations	Hauteur (mm)						
5	126.78	127.81		127.3	2114.4	13.6	0.57
10	124.03	124.79		124.4	2163.5	11.6	0.43
15	122.39	122.98		122.7	2194.0	10.3	0.34
20	121.17	121.73		121.5	2216.2	9.4	0.32
25	120.30	120.75		120.5	2233.3	8.7	0.27
30	119.52	119.91		119.7	2248.4	8.1	0.23
40	118.45	118.74		118.6	2269.5	7.2	0.17
50	117.65	117.90		117.8	2285.3	6.6	0.15
60	116.95	117.33		117.1	2297.8	6.1	0.23
80	116.06	116.44		116.2	2315.4	5.4	0.23
100	115.42	115.84		115.6	2327.8	4.9	0.25
120	114.98	115.42		115.2	2336.4	4.5	0.27
150	114.55	114.95		114.7	2345.6	4.1	0.25
200	114.11	114.55		114.3	2354.3	3.8	0.27

(1): valeur transmis par le client

Pourcentage de vide en fonction nombre de giration



Obervation :

(*) : En cas de changement de la version de rapport, les informations modifiées doivent être identifiées en « gras », les explications de ces modifications doivent être mentionnées dans la rubrique « observation » du rapport,
(**) : Si l'échantillon présente un écart par rapport aux exigences spécifiées et que le client demande de réaliser l'essai malgré que cet écart peut affecter les résultats, ce dernier doit être mentionné dans la rubrique « observation»,

Date de réception d'échantillon : 22/05/2024
Date d'essai : 28/05/2024
Date de rapport : 28/05/2024

Nom et Prénom du Contrôleur :
Visa : _____

- 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, (Article 7,8,2,2 de ISO 17025)
- 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,
- Le présent rapport ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du LTPS (note),

fin rapport