

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master, Filière : Travaux Publics
Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art

Thème

**ETUDE DE COMPORTEMENT D'UN MICRO-BETON
BITUMINEUX RENFORCÉ PAR DES DECHETS
PLASTIQUES**

Présenté par :

- ❖ AYAD Elhadj
- ❖ BADJEBBAR Abderrahim

Soumis au jury composé de :

MENNAAI Omar	M.A.A	Université Ouargla	Président
BAZZINE Rabia	M.A.A	Université Ouargla	Examineur
KEBAILI Nabil	M.C.B	Université Ouargla	Encadreur

Année Universitaire : 2019 / 2020

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES

Département de : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

C:.....
R:.....

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master, Filière : Travaux Publics
Spécialité : Voies et Ouvrages d'Art

Thème

**ETUDE DE COMPORTEMENT D'UN MICRO BETON
BITUMINEUX RENFORCE PAR DES DECHETS
PLASTIQUES**

Présenté par :

- ❖ AYAD Elhadj
- ❖ BADJEBBAR Abderrahim

Soumis au jury composé de :

MENNAAI Omar	M.A.A	Université Ouargla	Président
BAZZINE Rabia	M.A.A	Université Ouargla	Examineur
KEBAILI Nabil	M.C.B	Université Ouargla	Encadreur

Année Universitaire : 2019 / 2020



Dédicaces

Je remercie Dieu Tout-Puissant pour son
aide dans la réalisation de cette humble
recherche que je dédie à mon tour
Aux parents généreux qui m'ont donné leur
vie sans fin et leur amour pour rien.
À mon cher grand-père qui est décédé, et il
était mon lien dans la vie.
À notre famille, parents, amis et
enseignants estimés.

Badjebbar Abderrahim



Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers frères

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousin et cousine.

A tous la famille.

A tous les amis.

Ayad El-Hadj

Remerciements

Louange à Dieu, dont la justice et la majesté sont accomplies

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant pour son aide et son succès dans la réalisation de cette recherche et nous accordant patience et santé.

De cette tribune, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à :

Notre encadreur Mr KBAILI Nabil d'avoir dirigé ce travail et de nous avoir guidé avec ses précieux conseils

Les plus belles et égales salutations que nous vous adressons avec toute affection, amour et sincérité. Merci pour tout ce que vous nous avez présenté, et tout ce que vous nous avez conseillé.

Mlle BOUAKA Wafa de nous avoir Co-encadré, votre présence et vos conseils nous ont été précieux.

Mr HAFSI Abdellatif qui a accepté de mener les essais sur les matériaux utilisés en laboratoire.

Nos remerciements s'adressent également à :

A tous les enseignants du département de Génie civil et Hydraulique.

A tous les travailleurs du Laboratoire de Travaux Publics du Sud

A tous nos amis et les étudiants de la promotion de 2^{ème} année Master Voies et Ouvrages d'Art de l'Université KASDI MERBAH-OUARGLA

A tout le personnel des laboratoires pédagogiques et de la bibliothèque du département Génie civil et Hydraulique pour leur disponibilité.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

استخدام المواد المحلية في بناء الطرق قضية مهمّة
كمية . يركز بحثنا على دراسة سلوك الخرسانة الإسفلتية الدقيقة بإضافة نسب متزايدة من البوليمر،
وقد استخدمنا المواد التالية في دراستنا: 8/3 3/0 3/0 + 8/3 + 3/0 + بيتومين. تم تنفيذ هذه
الطريقة بتحضير خليطين: الخليط الأول يحتوي على 8/3 + 3/0 + بيتومين. يحتوي
الخليط الثاني على 8/3 + 3/0 + بيتومين + % بوليمرات (05- 10- 15) .
ويحدد التركيبة المثلى لإعطاء أفضل النتائج. تتم مقارنة الأداء الميكانيكي الموجود في
الخليط، عن طريق اختبار Hubbard-Field من ناحية مع الخرسانة الإسفلتية الخاضعة للرقابة ومن
ناحية أخرى مع الخرسانة الإسفلتية + % بوليمر (05- 10- 15) .
لكلمات المفتاحية: الخرسانة الإسفلتية، Hubbard-Field الميكانيكي.

Résumé

L'exploitation des matériaux locaux dans la construction de routes est devenue un enjeu important pour obtenir quantité et qualité au moindre coût possible. Notre recherche se concentre sur cette étude de comportement du micro-béton bitumineux en ajoutant des ratios de polymères. Dans notre étude, nous avons utilisé les matériaux suivants : Gravier 3/8, sable concassé 0/3, bitume et polymère. Cette approche a été faite en préparant deux mélanges : Le premier mélange contient le gravier 3/8 et le sable de construction 3/8 + Bitume. Le deuxième mélange contient le gravier 3/8, le sable de construction 0/3, le bitume et des pourcentages en polymères (05% - 10% - 15%).

L'étude a pour objectif de déterminer la composition optimale pour donner les meilleurs résultats. De plus, les performances mécaniques présentes dans le mélange sont comparées, au moyen du test Hubbard-Field, d'une part au Béton bitumineux témoin et d'autre part au béton bitumineux avec ajout de polymères.

Mots clés : Béton bitumineux minces, Hubbard-Field, performances mécaniques

Abstract

The use of local materials in road construction has become an important issue to obtain quantity and quality at the lowest possible cost. Our research focuses on this study of the behavior of asphalt micro-concrete by adding polymer ratios. In our study, we used the following materials: Gravel 3/8, crushed sand 0/3, bitumen and polymer. This approach was made by preparing two mixes: The first mix contains the 3/8 gravel and the 3/8 building sand + Bitumen. The second mixture contains 3/8 gravel, 0/3 building sand, bitumen and polymer percentages (05% - 10% - 15%).

The aim of the study is to determine the optimal composition to give the best results. In addition, the mechanical performances present in the mixture are compared, by means of the Hubbard-Field test, on the one hand with control bituminous concrete and on the other hand with bituminous concrete with addition of polymers.

Key words: Thin bituminous concrete, Hubbard-Field, mechanical performance

Sommaire

Titre	Page
Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Abréviations utilisée	
Introduction générale	
Chapitre I : GENERALITES SUR LES MICRO-BETONS BITUMINEUX	
I. GENERALITES SUR LES MICRO-BETONS BITUMINEUX	4
I.1 Historique et Origine	4
I.2 Définition	4
II.3 Constituants	4
I.3.1. Bitume	5
I.3.2. Les granulats	8
I.4. Fabrication et formulations	12
I.4.1. Formulations	12
I.4.2. Fabrication	12
I.5. Types et classification	13
I.6. Utilisations	13
I.7. CONCLUSION	14
Chapitre II : APERÇU SUR LES DECHETS PLASTIQUES	
II.1. DEFINITION	16
II.2. CONSTITUTION CHIMIQUE	16
II.3. LE RECYCLAGE	17
II.4. EXEMPLES DE TRAITEMENT	18
II.4.1. La valorisation matière	18
II.4.2. La valorisation chimique	18
II.4.3. La valorisation énergétique	18
II.5. CONCLISION	18
CHAPITRE III : ESSAIS DE STABILITE HUBBARD FIELD	
III.1. INTRODUCTION	20
III.2. Essai Hubbard Field (Norme NLT 160 / ASTM D 1138)	20
III.2.1 Détermination de la densité apparente par pesée hydrostatique (NFP 98- 250)	25
III.3 CONCLUSION	26
CHAPITRE IV : MATERIELS ET MATERIAUX	
IV.1 INTRODUCTION	28
IV.2 Matériel et matériaux	28
IV.2.1 GRANULATS	28
IV.2.1.1 Présentation des granulats	28

IV.2.1.1.1 Masse volumique (NF P18-301)	28
IV.2.1.1.2 Analyses chimiques sommaires (NF 15-461)	29
IV.2.1.1.3 Analyse granulométrique (NFP 18-560)	30
IV.2.1.1.4 Equivalent de sable à 10% de fine (NF P18-597)	31
IV.2.1.1.5 Essai Los Angeles (NF P 18-573)	32
IV.2.1.1.6 Essai micro-deval en présence d'eau (MDE) (NF P 18-572)	32
IV.2.2 LES BITUMES	33
IV.2.3 POUDRETTE PLASTIQUE UTILISEE	34
IV.2.3.1 Caractéristiques physiques	34
IV.3 DESCRIPTION DES DIFFERENTS MELANGES ETUDIES	34
IV.3.1 Déterminations des mélanges étudiés	34
IV.3.2 Composition granulaire	35
IV.3.3 Teneur en bitume	35
IV.4 CONCLUSION	36
CHAPITRE V : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	
V.1.INTRODUCTION	38
V.2.MASSE VOLUMIQUE APPARENTE	38
V.3.ESSAI HUBBARD FIELD	38
V.4.SYNTHESE DES RESULTS HUBBARD FIELD	40
CONCLUSION GENERALE	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	44
ANNEXES	

Liste des tableaux

Tableau	Page
Chapitre I : Généralités sur les micro-bétons bitumineux	
Tableau (I.1) Épaisseurs d'utilisation par couche (NF P 98-132).	11
Chapitre IV : Matériels et matériaux	
Tableau (IV.1) : Masse volumique absolue et apparente des agrégats utilisés	27
Tableau (IV.2) : Analyses chimiques des agrégats utilisés	28
Tableau (IV.3) : Equivalent de sable des deux Carrière	30
Tableau (IV.4) : Résultats de l'essai Los Angeles	30
Tableau (IV.5) : Résultats de l'essai MDE	31
Tableau (IV.6) : Caractéristiques du bitume utilisé	31
Tableau (IV.7) : Caractéristiques physiques de la poudrette utilisée	32
Tableau (IV.8) : Dosage en bitume étudiés	33
Tableau (IV.9) : Résultats de l'essai Hubbard Field	33
Chapitre V : Résultats et Interprétations	
Tableau (V.1) : Variation de la densité apparente et absolue	36
Tableau (V.2) : Variation de la densité apparente et absolue	36

Liste des figures

Figure	Page
Chapitre I : GENERALITES SUR LES MICRO-BETONS BITUMINEUX	
Figure (I.1) : Principe de l'essai de pénétrabilité. [9]	6
Figure (I.2) : Echantillons de l'essai de pénétrabilité	7
Figure (I.3) : Pénétrömètre	7
Figure (I.4) : Principe de ramollissement.	7
Figure (I.5) : Essai de ramollissement	8
Figure (I.6) : Quelques granulats ordinaires	8
Figure (I.7) : Machine de l'essai coefficient de polissage accéléré	10
Figure (I.8) : Courbes granulométriques	11
Chapitre II : APERÇU SUR LES DECHETS PLASTIQUES	
Figure (II.1) : Recyclage de plastique	15
Figure (II.2) : Méthode de Recyclage des plastiques	15
Chapitre III : ESSAIS DE STABILITE HUBBARD FIELD	
Figure (III.1) : Appareil de compression et l'équipement d'Hubbard Field	18
Figure (III.2) : Etuve de chauffage	19
Figure (III.3) : opération de malaxage	19
Figure (III.4) : Mélange et les équipements sur étuve	20
Figure (III.5) : Remplissage des moules Hubbard – Field	20
Figure (III.6) : Compactage des moules Hubbard Field.	21
Figure (III.7) : Opération de démoulage d'éprouvette d'Hubbard Field	21
Figure (III.8) : Conservation des échantillons avant écrasement	22
Figure (III.9) : Ecrasement des éprouvettes	23
Figure (III.10) : Eprouvettes paraffinées	24
Chapitre IV : MATERIELS ET MATERIAUX	
Figure (IV.1) : Gravier 3/8	26
Figure (IV.2) : Gravier concassé 0/3	26
Figure (IV.3) : Schéma de principe d'essai de la masse volumique apparente	27
Figure (IV.4) : Matériel d'Analyse granulométrique	28
Figure (IV.5) : Analyse granulométrique des graviers 3/8	28
Figure (IV.6) : Principe d'essai d'équivalent de sable	29
Figure (IV.7) : Machine de l'essai Los Angeles	30
Figure (IV.8) : Machine de l'essai Micro Deval	31
Figure (IV.9) : Poudrette plastique	32
Chapitre V : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	
Figure (V.1) : Variation de stabilité en fonction de pourcentage de PEHD à 18°C	37
Figure (V.2) : Variation de stabilité en fonction de teneur en liant à 60°C	37

Abréviations utilisées

BBTM	Béton Bitumineux Très Mince
C.P.A	coefficient de polissage accéléré
BBUM	Béton Bitumineux Ultra Mince
BBM	Béton Bitumineux Mince
PEHD	Polyéthylène haute densité
MDE	Coefficient de micro-Deval
LA	Coefficient Los Angeles
ES	Equivalent de sable
M.V.A	Masse volumique apparente
M.V.R	Masse volumique réel
K	Module de richesse
PE	Polyéthylène
PEHD	Polyéthylène haute densité
PEBD	Polyéthylène basse densité
TBA	température bille anneau
PCG	Presse de compactage giratoire



INTRODUCTION

GÉNÉRALE

La couche de trafic est l'une des parties importantes des routes, car elle permet le passage des véhicules et assume le rôle de protection de la route contre les facteurs externes, et elle est d'épaisseur spécifique en utilisant des matériaux de haute qualité adaptés à la nature du climat de la région.

Des ingénieurs et chercheurs mènent des recherches pour développer des technologies utilisant des matériaux locaux dans le domaine de la construction d'infrastructures, afin de fournir une surface lisse et de réduire les frottements causés par les roues et la capacité de transporter des charges, tout en assurant des économies de coûts et une durabilité et en tenant compte des facteurs externes (chaleur - vent, etc.).

Cette recherche est venue comme une tentative d'étudier l'amélioration du comportement mécanique du béton bitumineux en ajoutant un pourcentage de résidus de déchets plastiques recyclés, en améliorant les propriétés mécano-physiques des hydrocarbures qui le composent. A cet effet, du bitume pur a été modifié avec du plastique recyclé, et ce plastique est du polyéthylène haute densité obtenu par recyclage à partir de sacs, plastiques, bouteilles ... etc. Il a été obtenu au niveau de l'unité de transmission plastique du Sud Ouargla.

Les tests sont passés dans le laboratoire de l'université.

Cette thèse se compose de deux parties : la partie bibliographique et la partie expérimentale

La partie bibliographique se compose de deux chapitres :

Le premier chapitre permet de présenter des généralités sur le béton bitumineux, l'identification, les composants ... etc.

Deuxième semestre : étude du polyéthylène et du bitume modifié.

La partie expérimentale comprend :

Le troisième chapitre traite de la méthode utilisée.

Le quatrième chapitre présente les essais réalisés et les dispositifs expérimentaux homologués.

Le cinquième chapitre présente les résultats obtenus et les interprétations.

CHAPITRE I :

Généralités sur les micro-bétons
bitumineux

I. Généralités sur les micro-bétons bitumineux

I.1. Historique et Origine

1901 - 1904 : création de la Ligue contre la poussière et premier répandage de goudron (seul) puis avec des gravillons à Monaco, naissance du goudronnage (Ernest Guglielminetti), puis recours à un juste dosage en gravillons (dur et anguleux) et goudron :

naissance du l'enduit superficiel

- 1909 : mise en œuvre des premiers enrobés en chaud à Versailles
- 1919 : développement de l'emploi des bitume
- 1950-65 : enrobés denses
- 1969 : enrobés semi grenu
- 1980 : prise en compte de la réduction des nuisances sonores et développement des matériaux drainant (BBTM, BBDr)
- Actuellement : nombreuses techniques couvrant la majorité des besoins [1]

I.2. Définition

Les bétons minces sont des micro-bétons bitumineux au liant modifié développés en exclusivité de granularité 0/6 mm discontinu 2/4 mm, pour couche de roulement possédant 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. [2]

I.3. Constituants

Le béton bitumineux est composé de différents éléments qui sont :

- 1- gravillons
- 2- sables
- 3- filler
- 4- bitume utilisé comme liant

Le béton bitumineux crée généralement la couche supérieure des chaussées appelée couche de surface.

La bonne résistance des bétons bitumineux dépend des granulats et du liant utilisés, ainsi que du respect des proportions. Ces granulats et liants doivent respecter certaines normes ;

1- Granulats : EN 13043/2002 AC : 2004 -SN 670 103b

2- Filler : SN 670 116

3- Bitume :EN 12591 1999, SN 670 150-1, EN 14023 : 2005 - SN 670 210a

Liants hydrocarbonés

Les liants hydrocarbonés, qui jouent un rôle important dans la technique routière moderne, sont connus et utilisés depuis longtemps.

On distingue trois familles de liants hydrocarbonés :

- **Asphalte** : roche calcaire imprégnée de bitume. Expression qui désigne le revêtement des routes.
- **Bitume** : composé de carbone et d'hydrogène, d'où le nom d'hydrocarbure. Il peut être d'origine naturel ou provenir de la distillation du pétrole.
- **Goudron** : Produit provenant de la distillation de diverses substances : charbon, bois, tourbe. Il est moins soluble que le bitume. [5]

I.3.1. Bitume :

Les bitumes sont des sous-produits d'hydrocarbures lourds, résidus noirs de pétrole brut obtenus soit par distillation naturelle, soit par distillation en raffinerie. Les bitumes de distillation directe sont utilisés pour la confection d'enrobés à chaud.

➤ Différents types de bitume :

Le bitume utilisé dans les enrobés confère des propriétés viscoélastiques aux revêtements de chaussées. Un bitume ayant les caractéristiques appropriées assure des performances élevées sur le plan de la résistance à l'orniérage, à la fissuration thermique, à la fissuration de fatigue et à l'arrachement.

Ces caractéristiques contribuent à la réalisation de revêtements sécuritaires, durables et économiques.

Les types de liants à base de bitume sont :

- ✓ Les bitumes purs
- ✓ Les cut-backs
- ✓ Les bitumes fluxés
- ✓ Les bitumes composés
- ✓ Les bitumes modifiés
- ✓ Les émulsions de bitume

➤ Propriétés mécaniques et rhéologiques du bitume

Le bitume confère à l'enrobé sa flexibilité et sa capacité à résister à certaines dégradations causées par plusieurs facteurs dont le trafic, les conditions climatiques du site, etc. A température de service élevée, le bitume doit demeurer suffisamment visqueux afin d'éviter que ne se produise le phénomène d'orniérage. A l'opposé, à basse température, le bitume doit conserver une certaine élasticité pour éviter le phénomène de fissuration par retrait thermique et la fragilisation de l'enrobé. Aux températures intermédiaires, il doit être résistant à la fatigue sous l'effet du trafic répété. [7]

➤ **Essais de caractérisation des bitumes :**

• **Essai de pénétrabilité à l'aiguille (NF T66 – 004):**

Définition

La pénétrabilité est exprimée étant la profondeur, en dixième de millimètre, correspondant à la pénétration verticale d'une aiguille de référence dans un échantillon d'essai du matériau, dans des conditions prescrites de température, de charge et de durée

d'application de la charge. [8]

Principe d'essai

Mesurer la pénétration d'une aiguille de référence dans l'échantillon d'essai conditionné

(bitume). Les conditions opératoires qui s'appliquent aux pénétrations inférieures ou égales à (500 x 0,1mm), sont : Température 25 °C, Charge appliquée 100g, Durée d'application de la charge 5s. Pour les pénétrations supérieures à cette limite, la température d'essai doit être de 15 °C, alors que la charge appliquée et sa durée d'application restent inchangées.

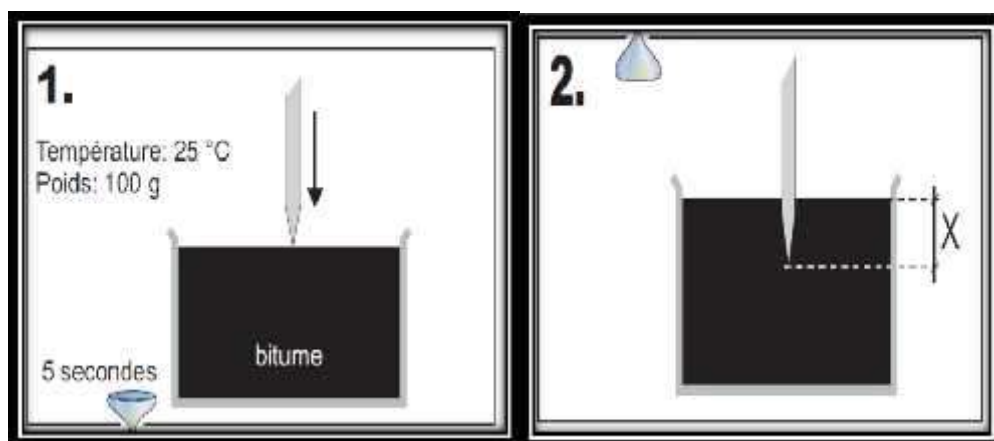


Figure (I.1) : Principe de l'essai de pénétrabilité. [9]



Figure(I.2) : Echantillons de l'essai de pénétrabilité



Figure (I.3) : Pénétromètre

•Point de ramollissement bille et anneau (NF T66 – 008) :

-

Définition

Température de ramollissement c'est à laquelle le matériau dans les conditions de référence de l'essai atteint une certaine consistance. Donc cet essai concerne à déterminer la température du ramollissement des bitumes et des liants bitumineux, dans la plage des températures de 30 °C à 200 °C. [8]

Principe d'essai

Deux disques horizontaux de bitume, moulés dans des anneaux de laiton à épaulement, sont chauffés dans un bain liquide avec un taux d'élévation de la température contrôlé, alors que chacun soutient une bille d'acier. La température de ramollissement notée doit correspondre à la moyenne des températures auxquelles les deux disques se ramollissent suffisamment pour permettre à chaque bille, enveloppée de liant bitumineux, de descendre d'une hauteur de 25mm.

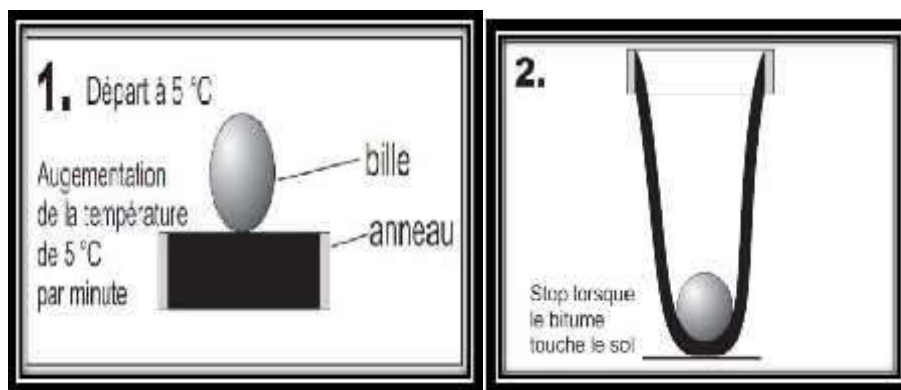


Figure (I.4) : Principe de ramollissement. [9]



Figure (I.5) : Essai de ramollissement

I.3.2. Les granulats

Les granulats proviennent de carrières où les roches massives sont concassées, ou bien sont d'origine alluvionnaire.

Les granulats sont répartis en différentes classes granulaires normalisées qui sont définies par le diamètre minimal et maximal du granulat (**norme P18-101**). Ainsi classés en fines, sables, gravillons, cailloux, et graves.

L'intégration des granulats dans le mélange bitumineux nécessite de connaître différentes caractéristiques. [4]



Figure (I.6) : Quelques granulats ordinaires

➤ Caractéristiques intrinsèques

Ce sont, celles qui tiennent à la nature de la roche d'origine (dureté, résistance, au polissage, résistance aux chocs). Il existe ensuite divers tests pour connaître la qualité d'un granulat. Ces tests sont les suivants :

↳ **Essai de Los Angeles : (NF P 18-573)** Il caractérise la résistance aux chocs des granulats. L'essai consiste à faire subir à un échantillon de granulats une série de chocs avec des boulets en acier de nuance Z 30 C13, de 47 mm de diamètre et d'un poids de 420 à 445 g, et de déterminer la quantité de fines (éléments < 1,6 mm) qui se sont produites au cours de l'essai. Le coefficient Los Angeles est calculé selon la formule suivante: [10]

$$LA = (m/M) \times 100 \text{ où}$$

m = masse des fines produites au cours de l'essai

M = masse de l'échantillon avant essai (M=5000g)

↳ **Essai Micro Deval Humide M.D.E : (NF P 18-572)** : Il caractérise la résistance à l'usure des granulats. L'essai consiste à faire subir à un échantillon de granulat de masse M= 500 g, un total de 12 000 tours dans un cylindre en acier en présence d'une charge abrasive et de l'eau. La charge abrasive est constituée de 2 à 4 Kg de billes de diamètre 10 mm, en acier inox de nuance Z 30 C13. Après essai, on procède à la détermination de la masse des fines (éléments < 1,6 mm) qui se sont produites au cours de l'essai. Le coefficient MDE est calculé par la formule suivante : [10]

$$MDE = (m/M) \times 100 \text{ où}$$

m= masse des fines produites au cours de l'essai

M= masse initiale de l'échantillon (M= 500 g)

↳ **Essai coefficient de polissage accéléré C.P.A : (NF EN 1097-8)** : Le CPA est une mesure de la résistance des gravillons à l'action de polissage exercée par les pneus automobiles dans des conditions similaires à celles qui règnent à la surface des routes. L'essai est effectué sur des granulats passant à travers du tamis 10 mm et retenus sur une grille spéciale de 7,2mm.

L'essai se déroule en deux parties :

- Les éprouvettes sont soumises à l'action de polissage.
- L'état de polissage est mesuré par l'essai de frottement au pendule.

La valeur CPA est ensuite calculée à partir des résultats de l'essai de frottement. [10]



Figure (I.7) : Machine de l'essai coefficient de polissage accéléré

➤ **Caractéristiques de fabrication**

Celles qui résultent de la fabrication des granulats (propreté, forme, granularité, angularité, homogénéité).

Ñ **La granulométrie : (NF P 18-304) :** Les granulats sont caractérisés par :

- Leur **taille**, notée d/D avec d la dimension des plus petits éléments et D celle des gros.

- Leur **Granulométrie** calculée grâce à des tamis de différentes tailles (0.08mm, 0.200mm, 0.315mm, 0.5mm, 1mm, 2mm, 3.15mm, 4mm, 5mm, 6.3mm, 8mm, 10mm, 12.5mm, 14mm, 16mm, 18 mm, 20mm, 25mm).

On peut les classer en quatre catégories selon leur granulométrie :

- Le sable, dont la taille est du type 0/2, 0/4, ou 0/6.
- Les gravillons, du type 2/4, 4/6, 6/10, 10/14, ou 14/20.
- Les cailloux, du type 20/40, 40/60.
- Les graves, du type 0/10, 0/14, 0/20, ou 0/30 qui peuvent être soit naturelles soit reconstituées

en mélangeant différent catégorie de granulats. [4]

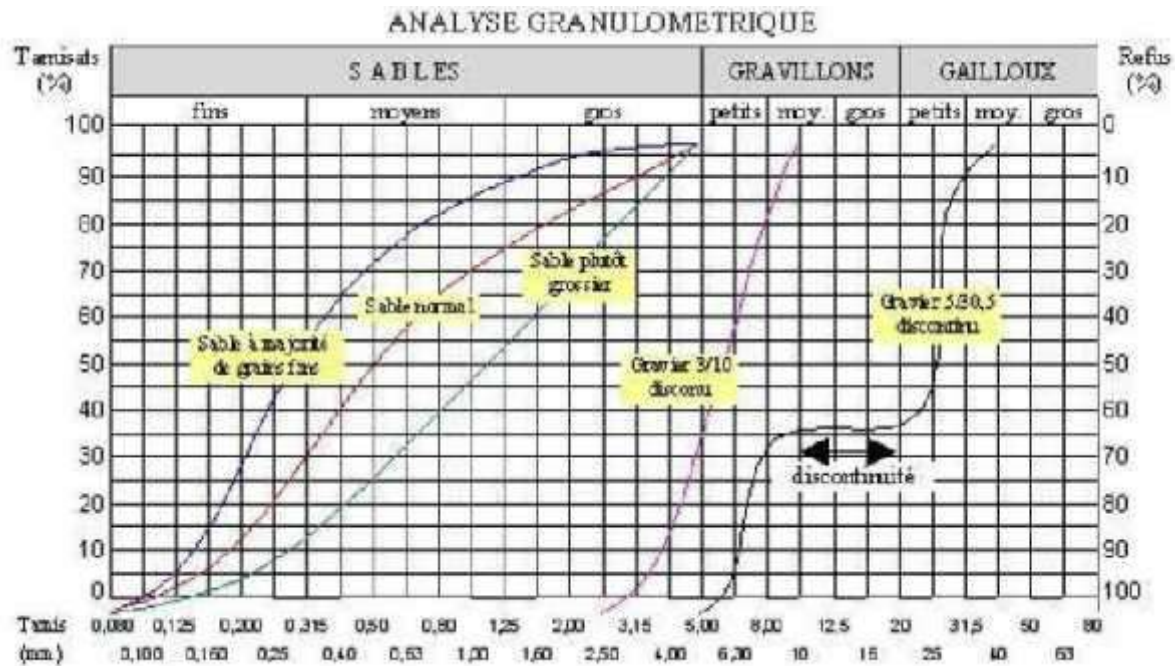


Figure (I.8) : Courbes granulométriques

¶ **La forme (coefficient d'aplatissement) : (NF P 18-561) :** Le coefficient d'aplatissement de chaque classe granulaire d/D correspond au passant du tamisage sur la grille à fente d'écartement $d/1.58$, exprimé en pourcentage les granulats qui passent sur des grilles normalisées, il donne une idée sur la forme des granulats plat ou cubique. Le coefficient d'aplatissement est alors calculé par la formule :

$$CA = \frac{m_i}{M} \text{ où}$$

m_i = masse des passant à la grille i

M = masse de l'échantillon soumis à l'essai

¶ **L'angularité :** L'angularité est une qualité beaucoup plus fondamentale que la forme. En effet, les éléments qui présentent des faces se coupant avec les angles vifs, augmentent l'angle de frottement interne du matériau et diminuent sa maniabilité ce qui a deux effets opposés : le compactage est plus difficile, mais si on réussit celui-ci, la stabilité est plus élevée.

¶ **La propreté (NF P 18-591) :** Il s'agit de mesurer la propreté des granulats en matière des éléments fins indésirable. Ce sont soit des fines plastiques naturelles (argile), soit des fines issues du concassage ou du broyage des roches, auquel vont

influer sur l'adhésivité du bitume (une faible propreté diminue l'adhésivité du bitume).

I.4. Fabrication et formulations

I.4.1. Formulations :

Granulats : conformes à la norme XP P 18-545 art.8 (couche de roulement) .

Courbe : 0/6 ; 0/10 discontinue 2/4 ou 2/6, peu sableuse (27 à 32%)

Liant : bitume pur et généralement modifié sur autoroute (> T1) : dosage 5,2 à 5,8 %

Ajouts : fibres

Essais de laboratoire (PCG, Duriez, Stabilité : ornièreur)

Couche d'accrochage, dosage renforcé : 300 à 400 g/m²

Béton bitumineux très minces (BBTM)[3]

I.4.2. Fabrication

Il n'existe pas de particularité dans la fabrication des BBTM et BBUM. Comme pour les enrobés à faible dosage en sable présentant une discontinuité et des liants modifiés, les principaux points à respecter sont :

- les températures de chauffage des granulats (éviter toute surchauffe),
- la régularité des coupures d et D des fractions granulaires pour obtenir une discontinuité bien marquée, gage d'une bonne régularité de la macro texture notamment pour les 0/6), les conditions de stockage, dosage et conservation des liants modifiés.

I.5. Types et classification

On distingue cinq types de bétons bitumineux minces en fonction de leur granulométrie :

- Béton bitumineux mince A 0/10 mm (BBM A 0/10)
- Béton bitumineux mince A 0/14 mm (BBM A 0/14)
- Béton bitumineux mince B 0/10 mm (BBM B 0/10)
- Béton bitumineux mince B 0/14 mm (BBM B 0/14)
- Béton bitumineux mince C 0/10 mm (BBM C 0/10)

Les types A se caractérisent par une courbe granulométrique discontinue entre 2mm et 6,3mm. Les types B se caractérisent par une courbe granulométrique discontinue entre 4 mm et 6,3mm. Le type C se caractérise par une courbe granulométrique continue.[4]

Épaisseur d'utilisation:[4]

Les épaisseurs moyennes d'utilisation et les épaisseurs minimales en tout point sont représentées dans le tableau (I.1)

Tableau (I.1) Épaisseurs d'utilisation par couche (NF P 98-132).

Type de BBM	Épaisseur totale (cm)	Épaisseur moyenne d'utilisation (cm)
BBM A, B ou C 0/10	3 à 4	2,5
BBM A, B ou C 0/14	3,5 à 5,0	3,0

I.6. Utilisations

Les bétons bitumineux minces sont principalement utilisables en voiries urbaines, ils sont parfaitement adaptés aux chargements des tapis vieillissants pour rétablir la rugosité de la chaussée et pour des contraintes de gabarit, couches de liaison ou de roulement.

- Épaisseur minimale 2,5 cm
- Épaisseur moyenne d'utilisation 3 à 4 cm

I.7. CONCLUSION

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

La liaison entre ces deux composants est très complexe et pour formuler un enrobé convenable plusieurs critères sont à prendre en considération telle que le trafic, les conditions climatiques et les matériaux existants...etc.

Le mélange bitume-agrégat obtenu doit avoir :

1. suffisamment de bitume pour donner un pavage durable
2. une stabilité suffisante pour satisfaire les exigences de trafic
3. suffisamment de vides pour pallier aux phénomènes d'expansion liés aux propriétés spécifiques du bitume (dilatation thermique)
4. une maniabilité suffisante pour permettre une mise en place efficace du mélange.

CHAPITRE II :

Aperçu Sur Les Déchets

Plastiques

II.1.DEFINITION

Le plastique, ou une matière plastique est une substance polymère contenant un grand nombre d'atomes (ou groupes) de carbone, oxygène, hydrogène ou azote Une matière plastique est souvent obtenue par la transformation du pétrole ou du gaz naturel.

De nos jours, on compte plus de cinquante différentes familles de plastique dans l'industrie et chaque famille peut avoir des douzaines de variations

On peut regrouper les matières plastiques en deux catégories :

- **Les thermoplastiques** : Les thermoplastiques fondent sous l'effet de chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement.
- **les thermodurcissables** : Pour les thermodurcissables, la transformation est irréversible. Une fois formé, le plastique ne se déforme plus
- Les déchets plastiques ont des origines diverses : déchets de la transformation, emballages usagés de l'industrie et des centres de grande distribution, déchets de démolition [2,5].

II.2.CONSTITUTION CHIMIQUE

Le plastique est constitué de chaînes de polymères de polyéthylène liées après polymérisation.

On appelle polymérisation la réaction chimique, ou le procédé, permettant la synthèse d'un polymère à partir de monomères, c'est à dire après combinaison à d'autres monomères de même nature ou de nature différente lors d'une réaction chimique appelée réaction de polymérisation.

On obtient alors des polymères (très longues chaînes macromoléculaires formées de plusieurs monomères assemblées entre elles). Il existe deux sortes de polymérisation :

La polyaddition et la polycondensation.

- **La polyaddition** : est une succession d'additions de molécules identiques c'est à dire une succession de monomères.
- **Polycondensation** : est une réaction de polymérisation durant laquelle de petites molécules (H₂O ou HCl par exemple) sont éliminées lors de la réaction entre les monomères. [5]



Figure (II.1): Recyclage de plastique

II.3. LE RECYCLAGE

Le recyclage et le réemploi permettent d'économiser une grande quantité d'énergie primaire, notamment du pétrole, la principale matière première de la plupart des matières plastiques.

Le principe du cycle selon lequel la matière est constamment réutilisée, n'est pas une découverte récente. La nature l'applique déjà depuis des milliards d'années, et avec succès. [5]

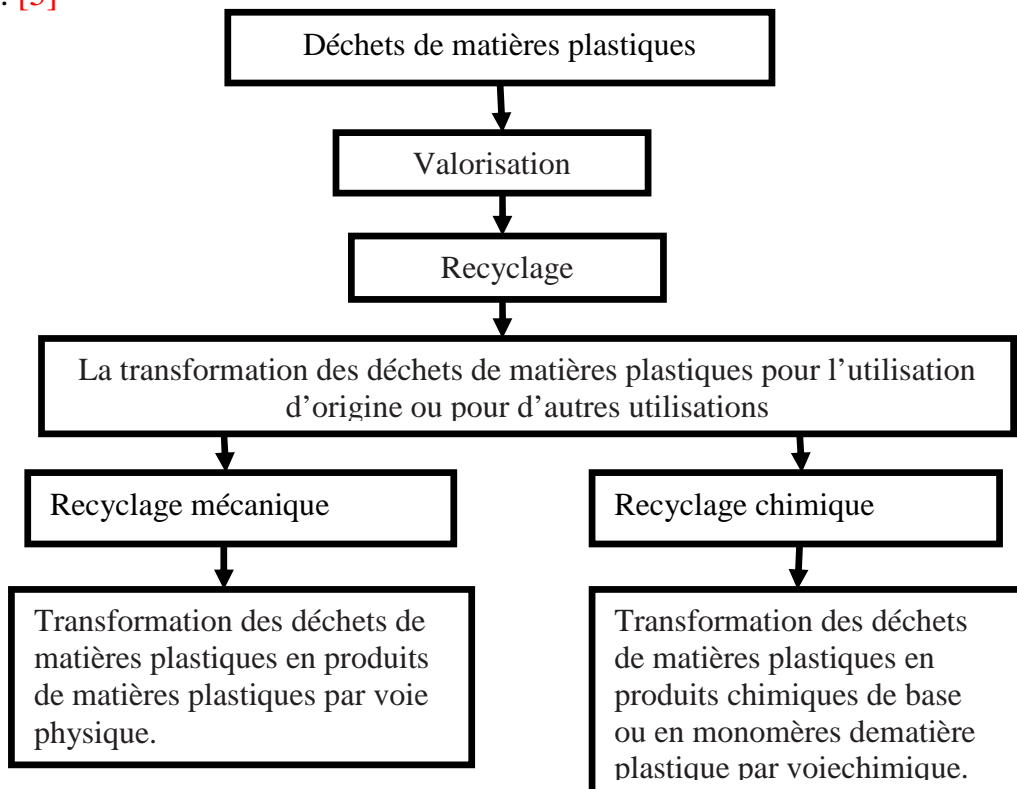


Figure (II.2) : Méthode de Recyclage des plastiques

II.4.EXEMPLES DE TRAITEMENT

II.4.1.La valorisation matière :

Le recyclage mécanique et thermique permet la réutilisation réversible de la matière plastique issue de déchets.

Cela consiste à refondre la matière pour fabriquer des granulés ou des poudres de plastique qui seront commercialisés sous la même forme que les résines vierges. Cette méthode de « régénération » nécessite un taux d'impureté très faible (moins de 0,01%) et une composition d'une seule résine (évite les problèmes de compatibilité lors du traitement à température). [5]

II.4.2. La valorisation chimique :

Principalement utilisée pour le PET, elle consiste à décomposer les macromolécules constitutives des polymères, en matières premières réutilisables, sous l'effet de la chaleur et/ou d'un composé chimique.

On retourne ainsi aux constituants chimiques de base qui vont permettre de produire un matériau dont les propriétés sont très proches du matériau d'origine.

II.4.3.La valorisation énergétique :

Le pouvoir calorifique des plastiques est quasi identique à celui du pétrole et du charbon. Ce sont donc des matières combustibles intéressantes, sous réserve de la mise en œuvre d'équipements spécifiques à la récupération d'énergie et au traitement des fumées dégagées.

[5]

II.5. CONCLUSION

Les polymères sont des ajouts largement utilisés dans le domaine routier grâce à leur efficacité et leur avantage qu'ils fournissent aux enrobés bitumineux.

Le polymère est un domaine vraiment très vaste A travers ce chapitre, nous avons essayé de cerner les grands ensembles traitant les polymères tels que leur types et composition chimique.

CHAPITRE III :

Essai de Stabilité Hubbard-Field

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons exposer l'étape expérimentale de notre étude, qui consiste à la réalisation des essais mécaniques à savoir l'essai de stabilité Hubbard Field. Ces ont pour but de juger notre choix des mélanges sélectionnés précédemment et ceci par la détermination les performances mécaniques de chaque mélange.

III.2. Essai Hubbard Field (Normes NLT 160 / ASTM D 1138)

Cette norme ne s'applique qu'aux mélanges de bitumes composés d'agrégats fins et d'un matériau bitumineux, la méthode est indiquée pour l'essai des mélanges fabriqués et étalés à chaud dans lesquels un liant bitumineux est utilisé. La stabilité est définie dans cet essai par la résistance maximale développée par l'éprouvette à 60 °C, lorsqu'elle est testée dans des conditions d'extrusion.



a) Confection d'une éprouvette



b) équipements de l'essai

Figure (III.1): Appareil de compression et l'équipement d'Hubbard Field

a) Préparation des mélanges : La fabrication de mélange de bitume au Laboratoire a été réalisée suivant les étapes suivant : Préparation des agrégats : Chacune des types des agrégats entrant dans la composition du mélange hydrocarboné est prélevée selon la norme P18-553 " préparation d'un échantillon pour essai ». Les différents agrégats sont chauffés dans récipient sur une étuve à une température de l'essai dépend des types de liant utilisés.

Préparation du bitume : Une quantité de liant correspondant aux besoins de l'essai est prélevée sans dépasser 100°C, est placé dans un récipient remplis et fermé, placé en étuve, est porté à la température de référence avec un écart +5°C jusqu'à liquéfier. (Dans notre étude la température de référence de bitume 40/50 était entre 160°C et 170°C).

La température de référence de préparation des mélanges est définie suivant la catégorie de liant hydrocarboné utilisée comme suit :

- Bitume 80/100 : 140°C + 5°C
- Bitume 60/70 : 150°C + 5°C
- Bitume 40/50 : 160°C + 5°C
- Bitume 20/30 : 180°C + 5°C

b) Mode opératoire

Mettre à l'étuve les constituants, dans notre cas les sables de dune, alluvionnaire et concasse, ainsi le bitume retenu d'un poids total dépendant du nombre de moule à une température spécifiée (160°C) pendant 2 heures (Figure (III.2)).



Figure (III.2): Etuve de chauffage

Placer le seau de malaxeur avec le mélange des granulats dans la balance et ajouter la quantité nécessaire de liant. Les matériaux sont soigneusement mélangés. La surface de tous les agrégats a été complètement couverte par le liant. Et après on ajoute le déchet plastique pour le mélange de sable bitume, au moment malaxage, et on laisse réagir pendant 10min, les dosages de déchets utilisés sont **02, 05 et 8%**, ce choix prend selon les recommandations décrits par l'entreprise.



Figure (III.3) : opération de malaxage.

Après le malaxage, le mélange modifié avec les déchets Figure (III.4).a, doit être réchauffé dans l'étuve avec tous les équipements nécessaires Figure(III.4).b.



a) Mélange Sable bitume modifiés b) équipement de Hubbard Field

Figure (III.4): Mélange et les équipements sur étuve.

Les éprouvettes du mélange compacté doivent avoir un diamètre de 50,8 mm et une hauteur de 25,4 mm et pour cela, placer la quantité suffisante du mélange fraîchement préparé ou réchauffé dans le moule pour obtenir la taille appropriée du tube compacté. La masse calculée suivant la formule :

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

- M: masse d'échantillon,
- D: diamètre de moule,
- H: hauteur de l'éprouvette

On remplit les moules de dimension (50.8 X 120.7 mm) avec le mélange, et on place ce dernier sur le piston inférieur en place sont placés dans l'étuve, réglé à la température désirée compactage donne (160 °C), pendant plus de dix minutes, aussi les pistons supérieurs afin qu'ils atteignent également la même température, et une fois la température atteinte, les pistons supérieurs sont placés Figure (III.5).



Figure (III.5) : Remplissage des moules Hubbard – Field

Après les avoir retirés du réchauffeur, les éprouvettes doivent être compactées sans perte de temps de la manière suivante :

- Les moules sont placés sur les barres carrés utilisés en tant que support, de sorte que le fond du moule est maintenu à 25,4 mm au-dessus de la surface de la plaque de la presse, en étant, par conséquent, le piston inférieur introduit seulement un autre 25,4 mm à l'intérieur du moule. Une charge initiale de 2.225 KN Figure (III.6).a). Pour régler le mélange dans le moule est appliquée. la charge initiale est enlevée et enlevée les barres support.

- Ensuite, les tubes à essai bêtas sont compactés par l'application d'une charge totale de 41,922 kN. Figure (III.6).b, il charge c'est maintenu pendant deux minutes, puis on éliminer.



a) Chargement initial de 2.22 Kn



b) Chargement de compactage 41.9 kN

Figure (III.6) : Compactage des moules Hubbard Field.

Les échantillons sont retirés des moules Figure (III.7).a. pour lesquels le piston inférieur est retiré et le moule est placé dans l'extracteur : une légère charge est appliquée avec la presse sur le piston supérieur, avec lequel l'échantillon tombera à la partie élargie de l'extracteur. Il est soigneusement ramassé, marqué pour l'identification et stocké jusqu'à ce qu'il soit testé Figure (III.7).b.



a) Opération de démoulage



b) Eprouvettes après démoulage

Figure (III.7): Opération de démoulage d'éprouvette d'Hubbard Field

Il doit prendre le moins de temps possible entre le compactage de chaque échantillon et les échantillons sont laissés à température ambiante pendant au moins 12 heures avant l'essai.

Après avoir retirés les éprouvettes de moules, une mesure des masses volumiques apparentes par la méthode géométrique afin d'identifier le taux de compactage et les dimensions des éprouvettes.

La norme espagnol NLT-160-73, définie les conditions de conservation à une température de 60°C comme conditionnement d'écrasement, dans notre cas, en ajoute une mesure de la stabilité à 18 °C, selon les instructions demande dans la nouvelle

norme française NF P 98 –256–3.

Donc on séparer les éprouvettes en deux lots, dépend de ses masses volumiques apparentes mesurées précédemment, à un lot

- **Lot 01** : les éprouvettes conservées à l'air sur une température de 18 °C, 50% humidité pendant 7 jours Figure (III.8.a).

- **Lot 02** : les éprouvettes immergées dans un bain d'eau à 60 °C pendant 30 minutes Figure (III.8).b.



a) conservation des éprouvettes dans une climatique (18°C, 50% Humidité)



b) conservation des éprouvettes dans un bain marie à 60 °C chambre

Figure (III.8) : Conservation des échantillons avant écrasement.

Après récupération des éprouvettes de condition de conservation, on place dans un moule d'écrasement avec le piston supérieur, et placé sur la presse et la charge est appliquée à un chargement avec une vitesse uniforme de 61,0 mm par minute Figure (III.9) Au cours de la charge est appliquée, elle augmente rapidement, en surmontant la résistance opposée à l'éprouvette, jusqu'à atteindre un maximum qui se produit juste avant la rupture de l'éprouvette.

La charge maximale en Newtons enregistrée sera la valeur de la résistance plastique de l'échantillon dans cet essai



a) éprouvettes soumises à l'essai



b) éprouvettes après écrasement

Figure (III.9) : Ecrasement des éprouvettes.

III.2.1 Détermination de la densité apparente par pesée hydrostatique (NFP 98-250-6)

L'éprouvette prévue pour cette mesure est pesée après sa confection et après immergée dans un bain de paraffine fondue Figure (III.10).

Elle est repesée à la balance hydrostatique (figure IV.10.a), d'abord dans l'air puis dans l'eau, suspendue à un fil métallique. Ces différentes pesées permettent le calcul de la densité apparente, soit :

- P0 : le poids de l'éprouvette avant paraffinage,
 - P1: le poids de l'éprouvette après paraffinage, pesée dans l'air,
 - P2 : le poids de l'éprouvette après paraffinage, pesée dans l'eau.
 - La différence (P1 - P2) correspond au volume de l'éprouvette enduite.
 - Le volume de la paraffine se calcule, en considérant sa densité égale à 0,9, suivant la formule : $(P1 - P0) / 0,9$
 - Le volume de l'éprouvette nue est donné par : $(P1 - P2) - (P1 - P0) / 0,9 = V0$
- Et finalement on à la masse volumique apparente cherchée se déduit par :
- $$= P0 / V0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$



a) Balance hydrostatique



b) Opération de paraffinage

Figure (III.10) : Eprovettes paraffinées.

III.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous présentons les principales étapes expérimentales pour connaître les propriétés mécaniques de tous les mélanges proposés dans cette étude et comment déterminer les différents paramètres ou magnitudes du test de champ de Hubbard. Les trois principaux paramètres issus des tests sont d'abord la stabilité qui est déterminée par la grosseur.

CHAPITRE IV

Matériels et matériaux

IV.1 INTRODUCTION

Ce chapitre a pour objectif de présenter le matériel et les matériaux utilisés dans le cadre de cette étude et les diverses techniques qui ont servi à fabriquer et à caractériser les bétons bitumineux.

Donc dans ce chapitre, d'abord, nous allons exposer les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition de béton bitumineux à savoir :

- La masse volumique.
- La granulométrie.
- La composition chimique.
- Equivalent de sable...etc.

Puis, nous présentons les mélanges choisis dans cette étude par la détermination de distribution granulométrique de chaque mélange choisi et les dosages de bitume supposés.

Finalement la conclusion qui récapitule tous les renseignements nécessaires exposés.

IV.2 Matériel et matériaux

IV.2.1 GRANULATS

IV.2.1.1 Présentation des granulats :

Dans notre étude, nous avons utilisé le gravier 0/3 de la région de **Haoud El-Hamra** et le gravier 3/8 du concasseur de **Ben Brahim** dans la wilaya d'Ouargla.



Figure (IV.1) : Gravier 3/8



Figure (IV.2) : gravier concassé 0/3

IV.2.1.1.1 Masse volumique (NF P18-301)

a- Masse volumique absolue : Est la masse par unité du volume de la matière qui constitue le sable, sans tenir compte des vides qui peuvent prendre place entre les grains. La formule qui permet de calculer ce paramètre est :

$$\gamma_s = M / V_s$$

Tels que :

γ_s : La masse volumique absolue (g/cm³)

M : La masse de l'échantillon (g)

V_s : Le volume absolu de l'échantillon (cm³)

b- Masse volumique apparente norme (NFP 94-064) :
Par définition la masse volumique γ_A d'un échantillon est le quotient de sa masse M par son volume V_a qu'il occupe :

$$\gamma_A = M / V_A$$

γ_A = La masse volumique apparente (g/cm³)

M : La masse de l'échantillon (g)

V_a : Le volume apparent de l'échantillon (cm³)

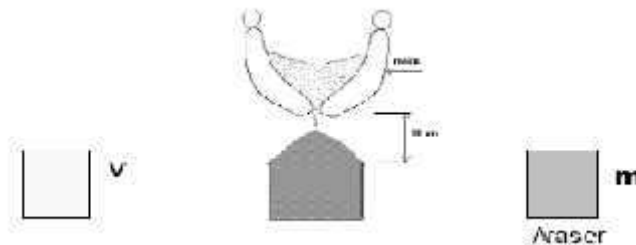


Figure (IV.3) : Schéma de principe d'essai de la masse volumique apparente

Les résultats se résument dans le tableau suivant pour le sable utilisé :

Tableau (IV.1) : Masse volumique absolue et apparente des agrégats utilisés

Type d'agrégats	γ_A (g/cm ³)	γ_s (g/cm ³)
Sable concassé 0/3	2.59	1.46
Gravier concassée 3/8	2.51	1.088

IV.2.1.1.2 Analyses chimiques sommaires (NF 15-461)

L'analyse chimique des granulats consiste à déterminer le taux des composants suivants :

- Les insolubles.
 - Les Carbonates CaSO₃.
 - Les chlorures NaCL.
 - Les sulfates CaSO₄.

Ces essais sont effectués afin de vérifier l'efficacité et la compatibilité de ces granulats entre eux et le liant utilisé.

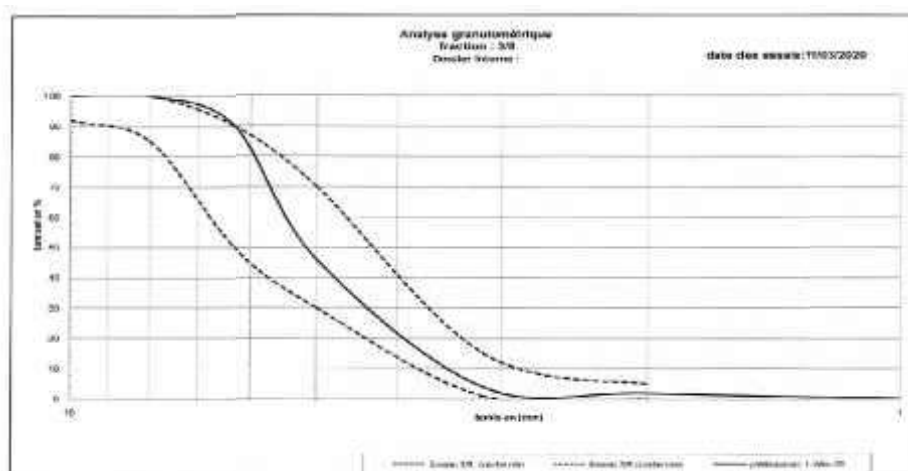
Le tableau suivant expose les pourcentages des différents composants chimiques des agrégats utilisés.

Tableau (IV.2) : Analyses chimiques des agrégats utilisés

composant	Pourcentage(%)	
	Gravier 0/3	Gravier 3/8
Insolubles	96.80	31.50
CaSO ₃	10	69
NaCl	6.790	5.57
CaSO ₄	1.473	3.316

IV.2.1.1.3 Analyse granulométrique (NFP 18-560)

Cet essai a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou grosseurs pour les granulats supérieurs au diamètre 0,08mm. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous forme d'une courbe dite courbe granulométrique.

**Figure(IV.4): Matériel d'Analyse granulométrique****❖ Présentation les résultats par des courbes granulométrique :****Figure(IV.5) : Analyse granulométrique des graviers 3/8**

IV.2.1.1.4 Equivalent de sable à 10% de fine (NF P18-597)

L'essai consiste à introduire la fraction 0/2 mm d'un sable ayant 10% de fines dans une éprouvette graduée, puis à séparer les fines des éléments plus grossiers par immersion et agitation dans une solution flocculant de chlorure de calcium.

Après un repos de 20 min, on mesure les éléments suivants :

- hauteur h1 : sable propre +éléments fine (flocculant).
- hauteur h2 : sable propre seulement.

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

$$ESV = 100. h2 / h1$$

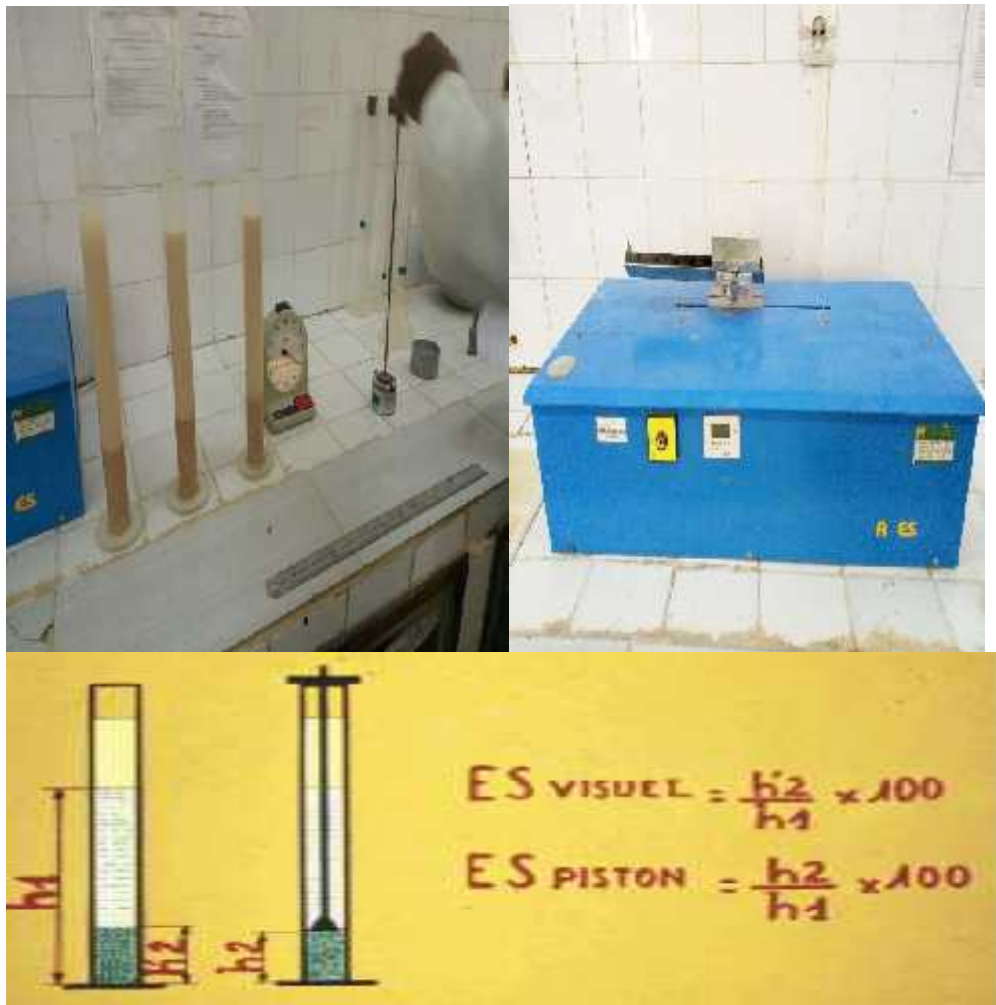


Figure (IV.6) : Principe d'essai d'équivalent de sable

Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau (IV.3) : Equivalent de sable des deux Carrière

Type de sable	Sable 0/3	Sable 3/8	Spécifications
ES (%)	29.66	70.5	60

IV.2.1.1.5 Essai Los Angeles (NF P 18-573)

Cet essai permet de déterminer la résistance aux chocs des granulats. Il simule les chocs des roues des véhicules sur une route .L'essai consiste à introduire des gravillons dans le cylindre de la machine Los Angeles. Lors de sa rotation, les granulats sont heurtés par des boulets plus lourds que les gravillons. La masse des éléments inférieurs à 1,6mm à la fin de l'essai donne la résistance aux chocs du granulat. Plus le résultat est faible, plus le granulat est résistant aux chocs.

Tableau(IV.4) : Résultats de l'essai Los Angeles

Classe de gravier	3/8	Spécifications
LA (%)	37.22	



Figure (IV.7) : Machine de l'essai Los Angeles

IV.2.1.1.6 Essai micro-deval en présence d'eau (MDE) (NF P 18-572)

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

L'essai consiste à introduire des granulats dans le cylindre de la machine MDE, avec de l'eau et des billes de taille normalisée équivalente à celle des gravillons. Lors de la rotation du cylindre, les gravillons frottent sur les billes. La masse des éléments inférieurs à 1,6mm à la fin de l'essai donne la résistance à l'usure du granulat. Plus le résultat est faible, plus le granulat est résistant à l'usure. Les résultats trouvés sont mentionnés dans le tableau suivant :



Figure (IV.8) : Machine de l'essai Micro Deval

Tableau(IV.5): Résultats de l'essai MDE

Classe de gravier	3/8	Spécifications
MDE (%)	53.58	

IV.2.2 LES BITUME

Le liant hydrocarboné utilisé dans ce projet provient des fondoirs de la centrale d'enrobage de la société Total sise à Ouargla. Il s'agit de déterminer la classe du liant à partir les essais de caractérisation ; Ils s'agit des essais de pénétrabilité à l'aiguille à 25°C et l'essai de ramollissement bille et anneau ainsi que la densité relative.

- **Après réalisation des essais d'identification des bitumes au niveau du laboratoire LTPS d'Ouargla, on a obtenu les résultats suivants :**

Tableau(IV.6) : Caractéristiques du bitume utilisé

Essai	Résultat	Spécifications
Pénétrabilité 25°C (0.1 mm)	41	40 à 50
Ramollissement bille (°C)	49	47 à 60
Densité relative	1.006	1.00 à 1.10

- ❖ **D'après ces résultats on peut dire que notre liant est un bitume pur de classe 40/50**

IV.2.3 POUDRETTE PLASTIQUE UTILISEE

La matière polyéthylène basse densité (PEBD) et haute régénérée destinée à la transformation, la fabrication et a divers usages domestiques, techniques, hydrauliques et agricoles.

Le polyéthylène utilisé dans ce projet c'est un polyéthylène basse densité présente les caractéristiques suivantes.



Figure (IV.9): Poudrette plastique

IV.2.3.1 Caractéristiques physiques :

Tableau (IV.7) : Caractéristiques physiques de la poudrette utilisée

Caractéristique physique	Résultat
Allongement a la rupture	900
Allongement a la rupture	1100
Résistance à la traction	225kg/cm ²
Résistance à la transversale	140kg/cm
Dart test	400grs
Module d'élasticité	1900gr/cm ²
Grade (mellt, flow, index)	0.35 à 0.45
Rétractabilité à chaud longitudinale	75%
Rétractabilité à chaud transversale	25%

IV.3DESCRIPTION DES DIFFERENTS MELANGES ETUDIES

IV.3.1 Déterminations des mélanges étudiés :

Dans notre étude, nous avons formulé deux formules : Premièrement Le sable concassé utilise 0/3 de gravier et 3/8 de gravier.

Le mélange granulométrique utilisé est autorisé

Pour un mélange de béton bitumineux (contrôle).

La deuxième formule, nous avons utilisé du gravier concassé et 3/8 de gravier

Avec l'ajout de proportions croissantes de résidus plastiques.

Ceci afin de comparer mécaniquement les deux formules.

IV.3.2 Composition granulaire

Les enrobés bitumineux doivent répondre à certaines règles de composition granulométrique que l'on résume sous forme de fuseaux à l'intérieur des quels la courbe granulométrique du mélange considéré peut se déplacer. Le tableau ci-dessous présente les valeurs de d'un fuseau de sable bitume.

IV.3.3 Teneur en bitume

Des recherches expérimentales ont montré l'existence d'une teneur en bitume optimale pour chaque mélange, pour laquelle la stabilité, la cohésion et le frottement interne des agrégats atteignent leurs valeurs maximales.

Nous avons choisi trois valeurs du module de richesse ; 3,75 - 4,00 et 4,25 Comme choisis dans les recherches antérieures La formule de calcul de la teneur en bitume est :

$$TL = k \cdot \alpha \cdot \sqrt[3]{\Sigma}$$

Et sur cette base le tableau suivant présente les valeurs de dosage en liant

Tableau (IV.8): Dosage en bitume étudiés

K	3.75	4	4.75
TL (%)	6.68	7.12	7.57

Le choix de la teneur en bitume optimale sera obtenu par la réalisation de l'essai Hubbard Field sur des éprouvettes normalisées, correspond à une stabilité maximale à 18° et 60 °C

- Les résultats de formulation sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau (IV.9): Résultats de l'essai Hubbard Field

Module de richesse	3.75	4,00	4.75
Dosage en bitume (%)	6.68	7.12	7.57
Stabilité à 60 (kN)	2.06	2.09	2.18
Stabilité à 18 (kN)	15.5	18	26.5
MVA (g/cm ³)	1.94	1.94	1.96
Compacité (%)	81.0	81.4	82.8

Pour calculer les pourcentages des différents composants des deux mélanges, la formule suivante est adoptée Utilisation de LTPS-Ouargla pour déterminer la fraction finale. [6]

$$\text{Mélange (\%)} = \frac{(\%) \text{ passant} \times (\%) \text{ des agrégats}}{100}$$

IV.4CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons tenté de définir les types de sommes utilisées dans ce Etude : grain concassé 0/3, grain 3/8, les déchets plastiques selon les normes recommandées.

Après avoir analysé les différents agrégats, nous avons conclu que les graviers 0/3 et 3/8 sont propres et ont une distribution granulométrique bien calibrée.

Enfin, à partir de cette étude, quatre mélanges ont été formulés pour Expériences nécessaires.

Le liant utilisé est du bitume pur 50/40 avec une pénétration moyenne (1/10 mm) 41 mm et TBA = 49 ° C

CHAPITRE V

Résultats et
Interprétations

V.1.introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats relatifs aux essais de masse volumique et de l'essai HUBBARD-FIELD.

V.2.masse volumique apparente

Le tableau ci-dessous présent les résultats de la masse volumique apparente, effectuée par pesage hydrostatique et aussi le taux de compacité, et pourcentage de vide $V_v(\%)$ en fonction des différents pourcentages de PEHD.

Tableau V.1.Variation de la densité apparente et absolue

Teneur en bitume(%)	7.57			
PEHD (%)	0	2	5	8
La masse volumique apparente (g/cm ³)	1.96	1,83	1,74	1,81
La masse volumique réelle (g/cm ³)	2.37	2,39	2,38	2.37
Pourcentage de vide V_v (%)	17.35	21,34	22,40	21,70
Compacité (%)	82.65	78.66	77.60	78.30

La figure ci-dessous représente des organigrammes comparatifs entre de pourcentage de vide en fonction de la teneur de PEHD sur les mélanges.

Figure V.1.Variation de l'indice de vide en fonction de pourcentage de PEHD. On constate d'après les résultats présentés de pourcentage de vide et la variation présente dans la figure V.1 que l'ajout des déchets de PEHD augmente le taux de vide sur le sable de bitume, ce dernier reviens sous l'effet de chute de masse volumique, ce dernier arrive à des valeurs relativement faibles.

Cette chute des valeurs de vide et des densités a une relation position avec le taux de PEHD présent sur le mélange

V.3.ESSAI HUBBARD FIELD

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'essai Hubbard Field, ce qui la stabilité à 60 °C, et 18°C en fonction des différents pourcentages de PEHD.

Tableau V.2.Variation de la densité apparente et absolue

PEHD (%)	0	2	5	8
Stabilité à 18 °C	13,27	15,50	18,04	26,57
Stabilité à 60 °C	7,04	1,01	2,30	7,04

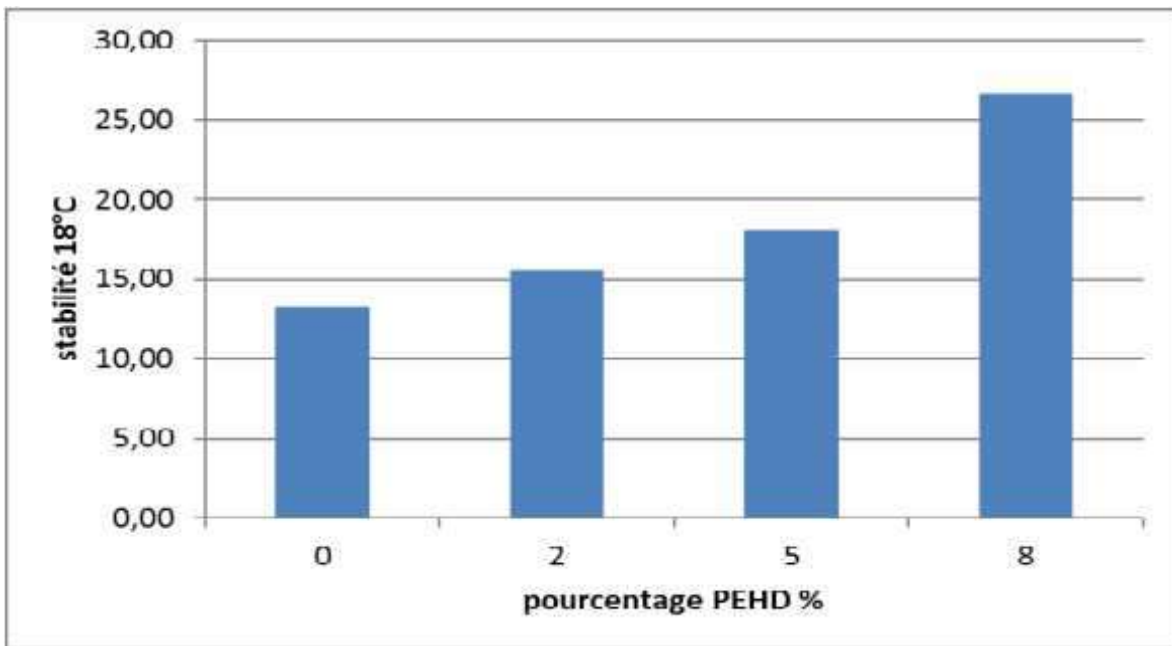


Figure (V.1) Variation de stabilité en fonction de pourcentage de PEHD à 18°C

Un ajout de polyéthylène de haute densité au sable bitume présente une augmentation dans la stabilité de ces mélanges à basse température (Figure V.2). Ce dernier revient à l'augmentation des efforts de cohésion entre les granulats et le liant après la fusion du polymère dans la matrice (bitume-granulats).

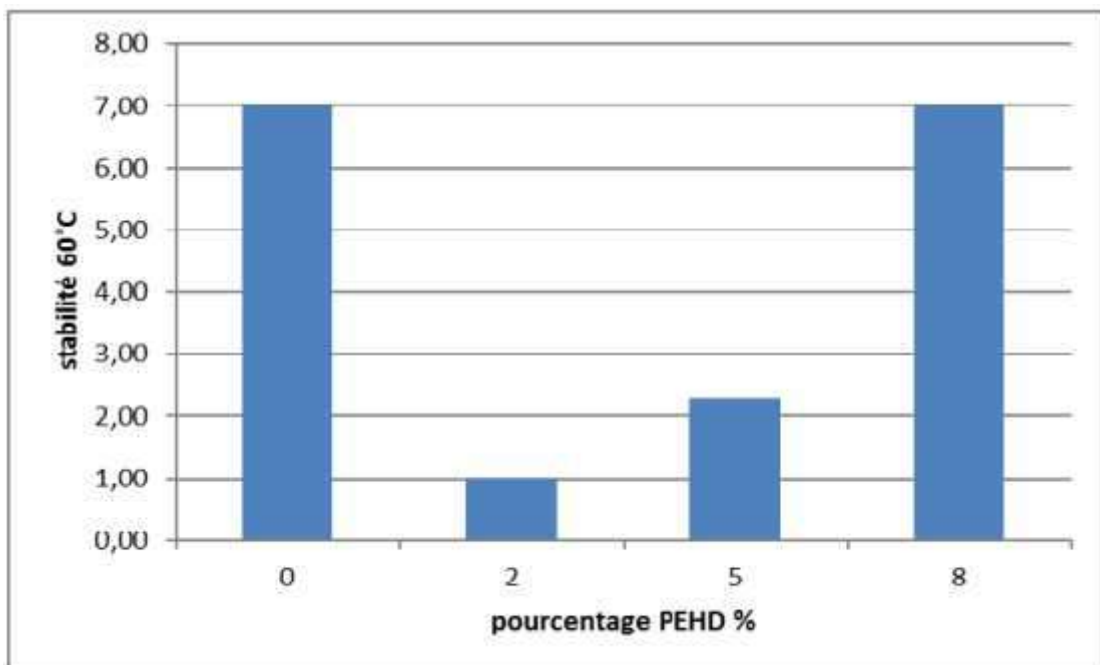


Figure (V.2) Variation de stabilité en fonction de teneur en liant à 60°C

Contrairement l'impact positif de PEHD à basse température, ce dernier ne donne pas la même influence à haute température, une chute de stabilité remarquable dans ces conditions avec les taux de 2% et 5%, et reviens a l'état de témoin avec 8% de PEHD.

V.4.SYNTHESE DES RESULTS HUBBARD FIELD

D'après les résultats de Hubbard Field, on sort qu'une modification avec 8% de PEHD présente un mélange plus résistant dans les deux conditions, basse température (18°C) et haute température (60°C). Une vérification de compactibilité est nécessaire afin de juger la chute de compacité et son impact sur la mise en œuvre de ce genre ces enrobes.



CONCLUSION

GÉNÉRALE

Les déchets plastiques sont une source de danger et d'inquiétude pour l'environnement du fait de leur large diffusion dans le sud algérien. Ceci conduit à leur recyclage, et dans le cadre de l'évaluation des matériaux locaux et de leur utilisation pour étudier les propriétés mécaniques d'un mélange composé de béton bitumineux, puis le traiter avec des déchets plastiques recyclés, pour obtenir le meilleur mélange en performance. Au vu des résultats obtenus à partir de la caractérisation rhéologique et physique des mélanges de son bitumineux et de la modification des miettes de plastique des déchets plastiques en fin de cycle, les conclusions suivantes peuvent être tirées:

- Le béton bitumineux ordinaire a de bonnes propriétés mécaniques.
- L'étude a été menée dans le but d'étudier l'effet des déchets plastiques en poudre sur les mélanges bitumineux.
- Les mélanges bitumineux modifiés en poudre ont des performances mécaniques supérieures quelle que soit la méthode modifiée adoptée.
- Le mélange d'asphalte à base de bitume modifié a de bien meilleures performances mécaniques et de flux que le mélange d'asphalte. La stabilité du bitume modifié est suffisamment importante pour empêcher la séparation du polymère qui pourrait sérieusement affecter l'asphalte.

Au vu des développements passés, on peut dire que les polymères testés ont un effet positif significatif sur les performances physiques et mécaniques du béton bitumineux, malgré le fait que ces polymères sont des plastiques recyclés.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] www.guidebeton.com
- [2] www.cotita.fr
- [3] www.bitumequebe.ca
- [4] Alla, D. and H. Abdelhalim, *CARACTERISATION DES ENROBES BITUMINEUX RECYCLES*, 2016.
- [5] KOUIDRI, D .and TELILI, M, *INFLUENCE DES DECHETS PLASTIQUES SUR SABLE DE DUNES*, 2017
- [6] BENZID, A , *ETUDE DE L'INFLUENCE DU PEHD SUR LE MODULE DE RIGIDITE DES BETONS BITUMINEUX A BASE DE SABLE DE DUNES*, 2019.
- [7] M.MERBOUH, (2010): «Contribution a la modélisation du comportement rhéologique des enrobés bitumineux, Influence des conditions extrêmes de température et de trafic en fatigue», (Thèse Doct. Université BORDEAU 1, sciences technologies).
- [8] OUKRA BETTAYEB, O. and K. ALLAOUI (2019). *Formulation et Caractéristique d'un Béton Bitumineux à base des Matériaux d'Adrar*, Université Ahmed Draia-ADRAR.
- [9] Hauptstrasse 591 CH-4625 Oberbuchsitzen Solothurn Schweiz. www.impbautest.ch
- [10] A.BOUMADIANE : [Ingénieur Expert routier] « Les bétons bitumineux, Formulation; Exécution; Contrôle de qualité » (Le Laboratoire d'Expertise d'Essais et d'Etudes L3E).



ANNEXES

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS

NF P 18- 560 Septembre 1990

Structure : UNITE DE OUARGLA

N° Dossier interne : /2020

Classe granulaire : 0/3

Prise d'essai :

Équipements utilisés : BALANCE

Lieu de travail : SALLE DE ROUTE

Date : 12/03/2020

Opérateur : BADJEBBAR/AYAD

D'inventaire : L 21_23_15

Tableau(A.1): ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS 0/3

Ouverture	Refus	Refus cumulé	Pourcentage	Pourcentage	Observations
Tamis	partiel		refus	passant	
5					
4	0	0	0	100	100%
3.15	0	0	0	100	100%
2.5	20.39	20.39	1.70	96.60	97%
2	93.87	114.26	9.52	90.48	90%
1.60	119.68	233.94	19.50	80.50	81%
1.25	104.26	338.20	28.23	71.77	72%
1	118.74	456.94	38.08	61.92	62%
0.500	178.07	635.01	52.92	47.08	47%
0.315	96.93	731.94	60.99	39.01	39%
0.250	50.18	782.12	65.18	34.82	35%
0.080	208.54	990.66	82.56	17.44	17%

L'opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS

NF P 18- 560 Septembre 1990

Structure: UNITE DE OUARGLA

N° Dossier interne: 00/2020

Classe granulaire: 3/8

Prise d'essai: 3000g

Équipements utilisés : BALANCE

Lieu de travail: SALLE DE ROUTE

Date: 12/03/2020

Opérateur: **BADJEBBAR/AYAD**

N°D'inventaire : L 21_23_15

Tableau(A.2): ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES GRANULATS 3/8

Ouverture	Refus	Refus cumulé	Pourcentage	Pourcentage	Observations
Tamis	partiel		refus	passant	
12.5					
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	7.9	7.9	0.26	99.74	100%
6.3	298.7	306.6	10.22	89.78	90%
5	1319.7	1626.3	54.21	45.79	46%
4	1077.2	2703.5	90.11	9.88	10%
3.15	173.5	2877	95.9	4.1	4%
2.5	59.4	2936.4	97.88	2.12	2%
2	7.9	2944.3	98.14	1.85	2%
1.60	1.9	2946.2	98.20	1.79	2%

L'opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIRE

Structure : UNITE DE OUARGLA

Lieu de travail : Département Laboratoire

Echantillon :

N° Dossier interne : 02/2017

Date : 15/03/2020

Opérateur: BADJEBBAR/AYAD

Equipements utilisés : Four a Moufle/ plaque Chauffante Agitateur/Balance Electrique 202 G

N° D' inventaire : L 53-01-04/L03-02-04/L21-11-86



ECHANTILLON		0/3	3/8																		
INSOLUBLES NFP 15-461	Creuset+précipité	30.491	35.004																		
	Creuset vide	29.523	34.689																		
	Poids du résidu	0.968	0.315																		
	% Insolubles	96.80	31.50																		
SULFATES BS 1377	Creuset+précipité	35.644	34.759																		
	Creuset vide	35.636	34.741																		
	Poids du résidu	0.008	0.018																		
	% SO ₄ ²⁻	0.329	0.741																		
CARBONATES NFP 15-461	V NaOH	9	3.1																		
	% CaCO ₃	10	69																		
CHLORURES Méthode de Mohr	PH _i (initial)	7.30	6.05																		
	PH _i (titrage)	-	5.30																		
	V _{AgNO3}	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2	Test 1	Test 2								
	V _m (moyen)	3.30																			
	% Cl ⁻	4.1		3.4																	
	% NaCl	6.790		5.576																	
MATIERE ORGANIQUE NFP 94-055	% Matière organique	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
		V _m =				V _m =				V _m =				V _m =				V _m =			
AUTRES ESSAIS																				
																				

Tableau(A.4): ANALYSE CHIMIQUE

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

ÉQUIVALENT DE SABLE

Structure : D'OUARGLA

Lieu de Travail : ...

Date : 12/032020

N° Dossier interne : 015/2020

Opérateur : BADJEBBAR/AYAD

Équipements utilisés:

N° D'inventaire : L21_23_15

Tableau (A-9): ÉQUIVALENT DE SABLE

Echantillon	0/3		
	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
Hauteur totale H1 (cm)	27.70	26				
Hauteur de sable H2 (cm)	8.1	6.9				
H2 ES = ----- x 100 H1	29.24	26.538				
ES moyen (%)	27.889					

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

MICRO DEVAL EN PRÉSENCE D'EAU

Structure : unité d'Ouargla	Lieu de travail : salle de route
N°Dossier interne : 015/2020	Date : 29/03/2020
Échantillon : classe 3/8	Opérateur : BADJEBBAR/AYAD
Équipements utilisés : BALANCE	N° D'inventaire : L21_23_15

Tableau (A-10) : MICRO DEVAL EN PRÉSENCE D'EAU

Classe granulaire	Masse abrasive	Poids d'éléments > 1.6 mm	Poids d'éléments < 1.6 mm	m	Observations
		m' (g)	m = M-m' (g)	MDE = 100.----- M	
10/14	5000	232.1	267.9	53.58	

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

LOS ANGELES

Structure : UNITE D'OUARGLA

Lieu de travail : SALLE DE ROUTE

N° Dossier interne : 015/2020

Date : 29/03/2020

Échantillon : classe 3/8

Opérateur : : BADJEBBAR/AYAD

Équipements utilisés : BALANCE

N° D'inventaire : L21-23-15

Tableau (A-11): LOS ANGELES

Classe granulaire	Nombre de boulets	Poids d'éléments > 1.6 mm m' (g)	Poids d'éléments < 1.6 mm $m = M - m'$ (g)	$LA = 100 \cdot \frac{m}{M}$	Observations
4/6.3	11	3139	1861	37.22	

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE

MODE OPÉRATOIRE COURS DE LABORATOIRE R.LANCHON BTS.DUT

Structure : unité d'Ouargla

N° Dossier interne : 015/2020

Échantillon : 3/8

Équipements utilisés : BALANCE

Lieu de travail : sale de route

Date :14/03/2020

Opérateur : : BADJEBBAR/AYAD

N° D'inventaire : L21_23_15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V=5000$

Poids $P= 3836$

$P_1+T = 9549$ $P_1=5713$

$P_2+T= 9547$ $P_2=4547$

$P_3+T= 9550$ $P_3=5714$

$P_4+T= 9637$ $P_4=5801$

Poids moyen $M=(P_1+P_2+P_3+P_4)/4 =5444$

Masse volumique apparente $P/V =1.0888$

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1= 300g$

Poids du récipient plein d'eau $P_2= 8605$

$P_3= P_1+P_2=1160.5$

Poids récipient + agrégats + eau= 1041

$P_4= 119.5$

Volume des agrégats $V=P_3-P_4=1041$

Masse volumique absolue $P1/V =2.54$

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE

MODE OPÉRATOIRE COURS DE LABORATOIRE R.LANCHON BTS.DUT

Structure : unité d'Ouargla

N° Dossier interne : 01/2020

Échantillon : 0/3

Équipements utilisés : balance

Lieu de travail : salle de route

Date :30/03/2020

Opérateur : : BADJEBBAR/AYAD

N° D'inventaire :L21_23_15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V=161.24$

Poids $P=52.84$

$P_1+T = 293.26$ $P_1=240.42$

$P_2+T= 290.17$ $P_2=237.33$

$P_3+T= 287.37$ $P_3=234.53$

$P_4+T= 291.25$ $P_4=238.41$

Poids moyen $M=(P_1+P_2+P_3+P_4)/4 =237.6725$

Masse volumique apparente $P/V =1.47$

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1= 300g$

Poids du récipient plein d'eau $P_2= 525.22$

$P_3= P_1+P_2= 825.22$

Poids récipient + agrégats + eau=

$P_4= 664.70$

Volume des agrégats $V=P_3-P_4= 160.52$

Masse volumique absolue $P1/V = 1.86$

L'Opérateur

Visa du responsable

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE

MODE OPÉRATOIRE COURS DE LABORATOIRE R.LANCHON BTS.DUT

Structure : unité d'Ouargla
N° Dossier interne : 015/2020
Échantillon : sable de dune
Équipements utilisés : BALANCE

Lieu de travail : salle de route
Date : 30/01/2017
Opérateur : BADJEBBAR/AYAD
N° D'inventaire : L21_23_15

Masse volumique apparente :

Volume du récipient $V = 161.24$
Poids $P = 53.38$
 $P_1 + T = 346.40$ $P_1 = 293.02$
 $P_2 + T = 313.37$ $P_2 = 259.99$
 $P_3 + T = 322.41$ $P_3 = 269.03$
 $P_4 + T = 316.39$ $P_4 = 263.01$
Poids moyen $M = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) / 4 = 271.263$
Masse volumique apparente $P/V = 1.68$

Masse volumique absolue :

Poids des agrégats secs $P_1 = 300$
Poids du récipient plein d'eau $P_2 = 784.23$
 $P_3 = P_1 + P_2 = 1084.23$
Poids récipient + agrégats + eau =
 $P_4 = 968.47$
Volume des agrégats $V = P_3 - P_4 = 115.49$
Masse volumique absolue $P_1/V = 2.60$

L'Opérateur

Visa du responsable