

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure**  
**des Travaux Publics**  
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

## Mémoire

Pour l'Obtention du Diplôme de MASTER

Filière : travaux publics

Spécialité : Infrastructures de Base

## Thème

**Influence d'ajout des fibres végétales sur  
les enrobés modifiés**

Encadré par :

Mr HADEF Bilal

Présenté par :

TADJINE Abderrezzaq

**Promotion 2015**

*Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **résumé:**

Dans ce travail on fait une comparaison entre un enrobé bitumineux 0\14 de référence et un enrobé bitumineux modifié par l'ajout des fibres végétales de palmier .

il est divisé en deux parties:

la première parties c'est la recherche bibliographique qui contient des généralités sur l'enrobé et aussi les essais d'identifications pour les materieux composants .

la deuxième partie pour les resulates des essais en pour la formulation de notre produit.

a la fin on fait une niterprétation des résultats et on terminera par une conclusion .

Mots clés :enrobé bitumineux, fibres végétales,essais d'identifications .

abstract:

In this study a comparison is made between an asphalt 0 \ 14 Reference and asphalt modified by the addition of palm plant fibers.

it is divided into two parts:

the first part is the research bibliographique which contains general information on the asphalt and also the identification tests for materials components.

the second part for resulates trials for the formulation of our product.

in the end we make a niterprétation results and end with a conclusion.

Keywords: asphalt, vegetable fibers, identifications tests.

*M*

## **Remerciement**

*En premier lieu nous remercions le Bon Dieu qui nous a donné le courage et la patience pour aller Jusqu'au bout de nos études.*

*En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur Mr. **HADEF BILAL** Pour son sérieux, sa compétence et ses orientations afin que ce projet ayant eu un impact positif sur le terrain .*

*Mon remerciement vont aussi à toute l'équipe de **CTTP** sans oublier le **J** chef de service **KHALED MEBROUKI** pour sa mise tous les ingrédients nécessaires à la bonne réussite de ce projet.*

*Nous remercions tous le personnel de l'ENSTP ainsi que tous nos enseignants qui nous ont assuré un bon cursus universitaire, sans oublier les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité la tâche en vue d'atteindre les objectifs de notre travail.*

*Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour*

*la réalisation de ce mémoire.*



# Dédicace

*Je remercie le Bon-Dieu tout puissant de m 'avoir motivé à réaliser ce modeste travail*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mon très cher père **bencherki** qui a veillé sur moi pendant toute ma vie et pour ses encouragements et son soutien.*

*A ma **très chère mère** qui je ne saurais jamais f remercier assez pour le sacrifice qu'elle a consentie pour moi, ainsi que chaque instant de bonheur qu 'elle m'a procuré.  
Que Dieu les gardes et les protèges*

*A mes chers frères mohamed, karim, mouadh A ma **chère** Sœur*

*A tous mes confrères de la promotion 2015 spécialement Abid Berchi, Brahim Gaga,zeggaoui abdelkadir ,Brahim Khenniche, saleh Djebri et khaled Iffour.*

*A tous mes amis et collègues de EPST tlemcen Toufiq, brahim Tamtoum , Redha, MedDjazouli, sifou, Oussama, Djaafer, Djamel,mahdi ,issam, Yasser, khalil et redouane.*

*A tous mes amis de l'enfance sidali, zohir, sofiane , jalil et djalal.*

*Et à toutes les personnes que j'ai connues.*

TADJINE Aberrezzaq

# LISTE DES TABLEAUX

## Chapitre III:

Tableau.III.1 : Evaluation résistance de traction .....	22
---	----

## Chapitre IV:

Tableau IV-1 : Les caractéristiques physiques et mécaniques des fibres de palmier.....	26
--	----

## Chapitre V:

Tableau. V.1 : Analyse granulométrique de la fraction 0/3 .....	28
---	----

Tableau. V.2: Analyse granulométrique de la fraction 3/8 .....	29
--	----

Tableau. V.3 : Analyse granulométrique de la fraction 8/15 .....	29
--	----

Tableau. V.4 : Résultats d'essai d'aplatissement des granulats .....	30
--	----

Tableau. V.5 : résultat d'essai de la masse volumique.....	30
--	----

Tableau. V. 6 : Essai de Los Angeles.....	30
---	----

Tableau. V.7 : Résultats d'essai micro Deval.....	31
---	----

Tableau. V. 8 : les caractéristiques du notre bitume .....	31
--	----

Tableau. V.9 : Composition du mélange granulométrique .....	32
---	----

Tableau. V.10 : teneur en bitume retenues.....	34
--	----

Tableau. V. 11 : Résultats des essais.....	39
--	----

Tableau.V. 12 : résultat pour les fibres de 1 cm .....	40
--	----

Tableau.V. 13 : résultat pour les fibres de 3 cm .....	40
--	----

Tableau.V. 14 : résultat pour les fibres de 5 cm .....	41
--	----

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I:

fig. I.1 : couche de béton bitumineux .....	2
---	---

### Chapitre II:

fig.II.1 : orniérage d'une chaussée .....	7
---	---

fig.II.2 : affaissement de rive .....	8
---------------------------------------	---

fig.II.3 : L'affaissement hors rive .....	8
---	---

fig.II.4 : Fissuration transversale .....	9
---	---

fig.II.5 : Fissuration longitudinale .....	9
--	---

fig.II.6 : fissuration d'adaptation .....	10
---	----

fig.II.7 : le faïençage .....	10
-------------------------------	----

### Chapitre III:

fig.III.1 : analyse granulométrique .....	13
---	----

fig.III.2 : courbe granulométrique .....	13
--	----

fig.III.3:Essai masse volumique apparente.....	14
--	----

fig.III.4:Essai masse volumique absolue.....	15
--	----

fig.III.5 : essai los Angeles.....	17
------------------------------------	----

fig.III.6 :L'appareil MDE.....	18
--------------------------------	----

fig.III.7 : tambour avec des billes d'acier .....	18
---	----

fig.III.8 : essai de pénétrabilité à l'aiguille .....	19
---	----

fig.III.9 : appareil bille-anneau.....	20
--	----

fig.III.10 : Dispositif expérimental pour un essai de compression uniaxiale .....	21
---	----

fig.III. 11 :Essai de traction indirecte (essai brésilien) .....	23
--	----

## **Chapitre IV:**

Fig.IV-1:Schématisation des fibres végétales .....	26
FigIV-2 : préparation des fibres de palmier .....	27

## **Chapitre V:**

fig.V.1 : la courbe granulométrique .....	29
fig.V.2 : les fractions granulaires utilisées.....	32
fig.V.3 : Courbe granulométrique du mélange et fuseau 0/14.....	33
fig.V.4 : Principe de l'essai Marshall .....	35
fig.V.5 : Enrobé après malaxage .....	36
fig.V.6 : Remplissage des moules Marshall .....	36
fig.V.7 : Dame Marshall .....	37
fig.V.8 : les éprouvettes .....	37
fig.V.9 : Bain-marie .....	38
fig.V.10 : Presse Marshall .....	38
fig.V .11 : schéma représentatif les résultats d'essai .....	41

## Introduction générale

Les infrastructures de base on générale et le réseau routier on particulier constituent des éléments primordial dans le développement d'un pays car ils représentent une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport (biens et personnes) et l'économie.

La route joue un rôle important dans le domaine de communication terrestre, elle permet de relier tous les lieux dans un temps réduit.

Elle répondre aux impératifs de confort de sécurité pour obtenir un développement socioéconomique durable.

Pour assurer une longévité d'une route il faut utiliser des matériaux à haut performance qui permet d'éviter tous les modes dégradations des chaussées routières.

Parmi les modes de dégradations des chaussées bitumineux, on trouve l'orniérage, l'affaissement, la fissuration et l'arrachement. Ces dégradations résultent de sollicitations complexes telles que la répétition des contraintes liées à l'application de charges roulantes ou à des conditions climatiques variées. Une meilleure connaissance du comportement thermomécanique des mélanges bitumineux paraît nécessaire pour permettre de fabriquer des enrobés performants

susceptible.

Notre mémoire repose sur l'influence d'ajout des fibres végétales des palmiers sur les enrobés bitumineux.

Dans l'étude expérimentale on travaille avec le béton bitumineux 0\14 qui se compose par des granulats concassés de différente fraction 0\3,3\8 et 8\15 avec les fibres végétales des palmiers. Le travail décompose en deux parties, une partie de recherche bibliographique et une partie expérimentale qui basé sur des essais à laboratoire.

## Partiel ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1- Description générale :

Un enrobé (ou enrobé bitumineux) est un mélange de graviers, sable et de liant hydrocarboné (appelé couramment goudron ou bitume) appliqué en une ou plusieurs couches pour constituer la chaussée des routes.

Un enrobé bitumineux est constitué de différents matériaux :

- des granulats : graviers de diamètre supérieur à 63 micromètres.
- des « fines » ou fillers : sables et poussières de section inférieure à 63 micromètres. Ces éléments, présents naturellement en faible quantité dans les granulats, sont essentiels pour réaliser l'enrobage du liant (le bitume) avec les granulats, car ce sont les fines qui agrègent le bitume.
- du liant hydrocarboné, composé essentiellement de bitume de nos jours.



fig.I.1 : couche d'enrobé bitumineux

**2- Familles d'enrobés bitumineux :**

Les différentes formules d'enrobés sont caractérisés par :

- Leur granulométrie
- Le type de liant et la teneur en liant
- Le procédé de fabrication (chaud ou froid)
- L'adjonction éventuelle de matériaux particuliers.

On distingue trois familles des enrobés :

- Produits Chauds.
- Produits Froids.
- Produits Tièdes.

Il s'agit d'enrobés fabriqués et appliqués à froid, par adjonction d'émulsion de bitume garantissant la malléabilité du matériau.

**2.1. PRODUITS CHAUDS**

Il s'agit des enrobés fabriqués à chaud (aux alentours de 180 °C) et appliqués à chaud (aux alentours des 150 °C)

Béton bitumineux : Enrobé riche en bitume, utilisé principalement pour les couches de roulement, c'est-à-dire pour les couches supérieures de la chaussée. Les bétons bitumineux se classent en fonction de leur granulométrie. Ils sont toujours posés sur une couche de base en matériaux hydrocarbonés ou traités au liant hydraulique ou sur une couche de liaison en enrobés pour les couches minces.

- Béton Bitumineux Ultra Mince (BBUM) : Épaisseur de couche de 2 cm, utilisé pour les couches de roulement particulières où une macro texture importante est recherchée ou dans le cas de travaux d'entretien de surface. Toujours posé sur une couche de liaison

- Béton Bitumineux Très Mince (BBTM) : Épaisseur de couche de 2,5 cm. Très utilisé en France pour les couches de roulement, elle permet de réaliser une couche d'usure qui, après quelques

années, pourra être rabotée et refaite ou pour des points particuliers où une forte macro texture est recherchée. Toujours posé sur une couche de liaison

- Béton Bitumineux Mince (BBM) : Épaisseur de couche de 3 à 5 cm.

- Béton Bitumineux Semi-Grenu (BBSG) : Très utilisé en France pour les couches de roulement. Épaisseur de couche d'environ 6 cm.

- Grave bitume : Enrobé à plus faible teneur en liant (bitume) destiné aux couches de fondation ou de base 8 < e < 14 cm (couches d'assise).

2.2. PRODUITS FROIDS : enrobé de faible granulométrie (0/4 ou 0/6 en principe) avec une forte teneur en liant et en fines, généralement utilisé de manière temporaire pour permettre la circulation de véhicules sur des voies en cours de travaux, ou encore pour reboucher des petites tranchées, trous, et nids de poules sur des chaussées déformées. Cet enrobé est très utilisé au printemps en période de dégel, pour réparer les détériorations de la chaussée dus au gel.

Grave émulsion : mélange de grave avec une faible proportion d'émulsion de bitume.

Il existe aussi des enrobés bitumineux à froid qui sont destinés à la réalisation de couches de roulement. Ce sont des enrobés hydrocarbonés à froid (non stockables) ou tous les granulats sont recouverts de liant.

2.3. PRODUITS TIÈDES : Il s'agit des enrobés fabriqués entre 100 °C et 150 °C et appliqués à chaud (aux alentours des 150 °C). On distingue encore les enrobés tièdes (fabriqués à plus de 100 °C) et les enrobés semi-tièdes, fabriqués à une température inférieure à 100 °C.

Ils permettent de réduire la consommation énergétique, contribuant ainsi à une politique de développement durable. Comparés aux enrobés à chaud consommant 7 à 8 litres par tonne, les enrobés tièdes permettent d'obtenir un gain de un litre de fioul par tonne, 1,5 à 3 litres pour les enrobés semi-tièdes.

### 3. FABRICATION DES ENROBÉS :

Les enrobés sont fabriqués par une centrale d'enrobage (ou poste d'enrobage), à froid ou à chaud. Il existe des centrales fixes, situées généralement à proximité d'une carrière, ou mobiles, principalement utilisées lors des grands travaux tels que la construction d'une autoroute.

Le processus de fabrication d'enrobé suit les étapes suivantes :

- Alimentation : remplissage de trémies avec les différentes coupures de granulats, à l'aide d'un chargeur.

- Adjonction éventuelle de fillers contenu dans un silo.
- Convoyage : les pré-doseurs déversent leur contenu à des vitesses différentes correspondant à la proportion désirée par coupure de matériau (en fonction de la formule d'enrobé à produire), sur un tapis convoyeur.
- Séchage : les matériaux sont enfournés dans le tambour malaxeur de la centrale, qui est un cylindre pouvant mesurer plus de 10 mètres de long et 2 m de diamètre, animé par des galets provoquant sa rotation, et disposant à l'autre extrémité d'un brûleur (généralement alimenté au fioul lourd ou au gaz naturel, dont la flamme peut mesurer plusieurs mètres. À l'entrée du tambour, et tout au long de leur progression à l'intérieur de celui-ci, les matériaux sont séchés par la température de la flamme.
- Malaxage : tout au long de leur progression, les matériaux sont mélangés grâce à la rotation du tambour et des lames placées à l'intérieur.
- Adjonction des fines de recyclage : les fumées issues du séchage sont filtrées et les fines contenues dans ces fumées sont réinjectées dans le tambour afin de respecter la granulométrie initiale.
- Adjonction du bitume : les matériaux parvenant à l'autre extrémité du malaxeur sont « enrobés » avec le bitume injecté à l'aide d'une pompe selon la teneur désirée, et un dernier malaxage est effectué.
- Stockage : l'enrobé produit est ensuite stocké en trémies, soit à l'aide d'un chariot (ou skip) dans lequel on déverse l'enrobé en sortie du malaxeur par gâchées, soit en continu à l'aide de tapis adaptés.
- Chargement : l'enrobé stocké est ensuite chargé dans les camions qui se placent sous les trémies de stockage, où se trouve une bascule.

#### **4. Conditions de travail - Environnement - Évolution :**

La production et l'application d'enrobés bitumineux sont des activités polluantes, pouvant exposer les opérateurs à des agents chimiques dangereux, en particulier des composés cancérigènes. Certains efforts sont réalisés en vue de réduire :

- les risques pour la santé des ouvriers travaillant sur les postes d'enrobage ou sur les chantiers d'application.
- la pollution générée.
- les coûts de fabrication et de mise en œuvre.

- Ces principales améliorations sont :
- L'utilisation (de façon encore marginale) de liants de nature végétale substitués au bitume.
- L'amélioration des liants, notamment grâce à l'apparition des bio-liants, afin de diminuer la température de fabrication et d'application, ce qui a pour effet de libérer moins de vapeurs nocives, et de réduire la consommation en énergie des centrales d'enrobage.
- Le recyclage de plus en plus répandu d'enrobé rigidifié issu de rabotages de routes et de déchets de poste.
- L'amélioration de la productivité des centrales, visant à optimiser leur consommation énergétique et à réduire la quantité de déchets en début et en fin de cycle de fabrication.

### 1. introduction :

La route est un élément essentiel à l'économie, elle assure le déplacement des personnes et des biens. depuis plusieurs décennies, la croissance du transport par camions des matières premières et des produits finis a mis davantage à l'épreuve les réseaux routiers.

La chaussée subit au cours de sa vie, plusieurs types de sollicitation. Le trafic des véhicules lourds ainsi que les variations thermiques sont les principales causes de dégradation d'une route.

### 2. les modes de dégradations :

#### 2.1. Dégradation par déformation

- L'orniérage à grand rayon

Déformation permanente longitudinale qui se crée sous le passage des roues et dont la largeur est supérieure à 80 cm de large.



fig.II. 1 : orniérage d'une chaussée

- L'affaissement de rive

Enfoncement prononcé localisé à la partie de la chaussée comprise entre le bord et la bande de roulement de rive.



fig.II.2 : affaissement de rive

- L'affaissement hors rive (flashe)

Enfoncement ponctuel, flache quand l'affaissement a une forme circulaire.



fig.II.3 : L'affaissement hors rive

2.2 Dégradation par fissuration :

- La fissuration transversale

Fissuration sensiblement perpendiculaire à l'axe de la chaussée, isolée ou périodique d'espacement variable sur tout ou partie de la largeur de chaussée.

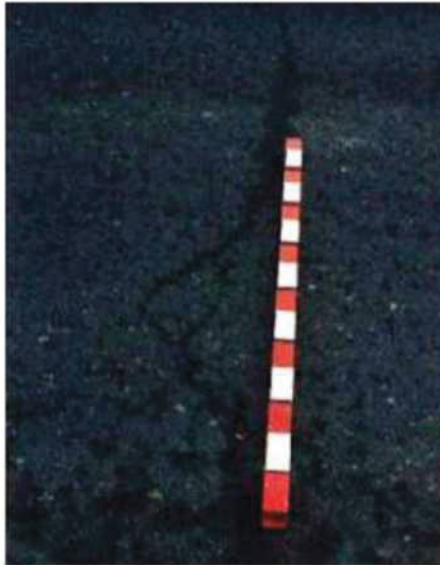


fig.II.4 : Fissuration transversale

- La fissuration longitudinale en bande de roulement

Fissuration sensiblement parallèle à l'axe de la chaussée, apparaissant exclusivement dans une bande de roulement.



fig.II.5 : Fissuration longitudinale

- La fissuration d'adaptation Fissuration provenant de mouvements de sols : tassements d'épaulements, retrait hydrique, tassement des remblais, etc.



fig.II.6 : fissuration d'adaptation

- Le faïençage dans les bandes de roulement  
Ensemble de fissures entrelacées ou maillées.



fig.II.7 : le faïençage

Tous ces dégradations à cause de :

- sous-dimensionnement de l'assise.
- réduction de portance du support dû à un mauvais drainage.
- fatigue de la structure par excès de contrainte.
- Défauts de construction (mouvement de sols, retrait sol argileux).

**1- introduction :**

L'identification des composantes (granulats, bitume, additifs) est un facteur important pour une bonne réalisation d'un enrobé bitumineux et pour cela on fait des essais de performance sur ce produit.

Les essais d'identification permettent de donner une connaissance sur les caractéristiques mécaniques et le comportement d'un matériau.

Pour les granulats, l'identification portera les essais de granulométrie, la forme des granulats, la densité et la résistance.

Pour le bitume, il s'agit de connaître leur classe à l'aide des essais de pénétrabilité et la température de ramollissement.

Et pour l'enrobé bitumineux après la formulation on vérifie leur caractéristique.

**2. les essais sur les granulats :****2.1. Analyse granulométrique : NF P 94 056**

a) But de l'essai :

- Déterminer la répartition des grains de sol suivant leur dimension dans un échantillon.
- Représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

Termes à retenir :

- $d$  : dimension nominale d'ouverture d'un tamis.
- Tamisât : partie du matériau passant à travers les mailles d'un tamis.
- Classe granulométrique : ensemble des éléments dont les dimensions sont comprises entre deux ouvertures de tamis définissant un intervalle.
- Courbe granulométrique : représentation graphique du pourcentage.
- L'analyse granulométrique permet de détecter et mesurer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63mm, à l'exclusion des filets.

- Analyse granulométrique par tamisage :

Ensemble des opérations aboutissant à la séparation selon leur grosseur des éléments constituant échantillon, en employant des tamis à maille carrée afin d'obtenir une représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.

Dimension nominale d'ouverture d'un tamis  $d$  : dimension caractéristique de la maille carrée de côté  $d$ .



fig.III. 1 : analyse granulométrique

- Courbe granulométrique :

Représentation du pourcentage massique des différents tamis en fonction de la dimension nominale d'ouverture des tamis.

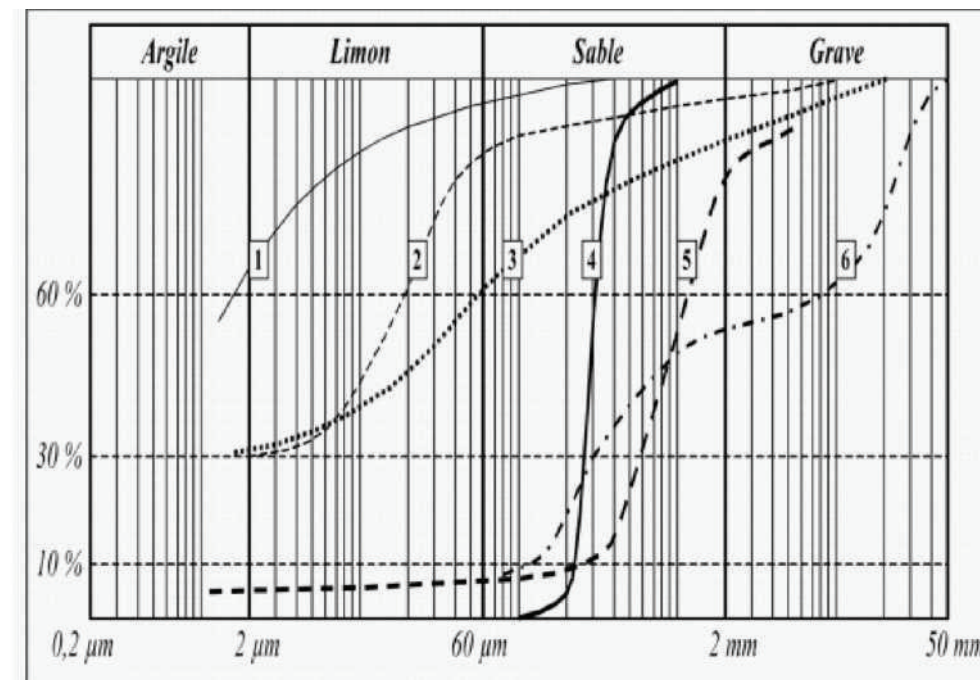


fig.III.2 : courbe granulométrique

b) Principe de l'essai analyse granulométrique :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas.

Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

2.2. Coefficient d'aplatissement : (NF EN 933-3)

Généralement le coefficient d'aplatissement est réalisé en même temps que la granulométrie. Chaque refus au tamis  $d_i$  est passé à travers une grille à fente que l'on doit se limiter au tamis de  $d/2$  à  $1.4 D$  dans le cas d'un gravillon de coupure  $d/D$ .

La grille à fente à utiliser est donc le  $D_i/2$  de la fraction à analyser.

Le coefficient d'aplatissement noté FI (Flakiness Index en anglais) se calcule alors de la façon suivante

$$FI = M_2 / M_1.$$

- $M_1$  somme des masses des granulats élémentaires  $d_i/D_i$
- $M_2$  masses du granulats de chaque coupure  $d_i/D_i$  passant à travers la grille à fente correspondante à la coupure.

2.3. Masse volumique :

2.3.1. Masse volumique apparente :

- La masse volumique apparente 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.
- La masse volumique apparente est donnée par :

L'essai est répété 5 fois pour un volume de 1 litre et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.



fig.III.3:Essai masse volumique apparente

Tel que :  $\rho = m/v$  m : la masse de granulat. v : le volume de récipient.

2-3-2 : masse volumique absolue :

La masse volumique absolue  $\rho_s$  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.

#### Méthode de l'éprouvette graduée

Cette méthode est très simple et très rapide. Toutefois sa précision est faible.

1. Remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau.
2. Peser un échantillon sec  $M$  de granulats (300 g) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
3. Lire le nouveau volume  $V_2$ .

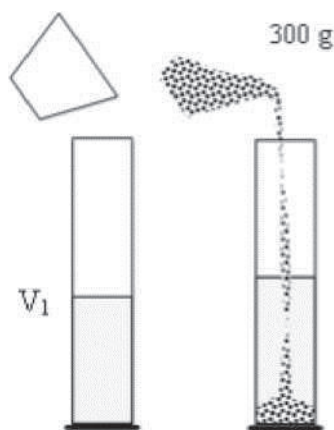


fig.nI.4:Essai masse volumique absolue

- La masse volumique absolue est :  $\rho_s = M / (V_1 - V_2)$ .

#### 2.4. Mesure de la teneur en eau:

La teneur en eau peut être mesurée directement en pesant d'abord l'échantillon de matériau, ce qui détermine une masse :  $m^h$ , puis le pesant après l'avoir passé dans une étuve pour faire s'évaporer l'eau : on mesure ainsi un poids  $m^a$ , nécessairement inférieur au précédent.

On obtient alors la valeur de la teneur en eau selon la relation :

#### 2.5. Los Angeles NF EN 1097-2:

L'essai Los Angeles permet de mesurer les résistances combinées aux chocs et à la détérioration progressive par frottement réciproques des éléments d'un granulat. Ce mode opératoire s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des chaussées et bétons hydrauliques.

##### 2.4.1. But de l'essai

Evaluer la résistance à la fragmentation de la matrice d'une roche.

##### 2-4-2 : Principe de l'Essai

Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets et aux frottements réciproques de la machine Los Angeles. Pour cela il évolue pendant l'essai. La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi six classes granulaires qui sont : 4/6,3 mm ; 6,3/10 mm ; 10/14 mm ; 10/25 mm ; 16/31,5 mm ; 25/50 mm.

Selon le type de granularité, la masse de la charge de boulets varie si M est la masse du matériau soumis à l'essai, M1 est la masse des éléments supérieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai qui est égouttée et séchée à l'étuve jusqu'à poids constant.

On définit alors le coefficient Los Angeles LA qui est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant aux tamis de 1,6 et la masse initiale sèche.

$$LA = 100 \times (M - M1) / M$$

LA : c'est la résistance à la fragmentation par chocs et par frottements réciproques des éléments de granulats.



fig.m.5 : essai los Angeles

## 2.6. Essai micro Deval en présence d'eau (MDE) NF EN 1097-1:

- Principe d'essai :

L'essai micro -deval (MDE) est destiné à appréhender la résistance à l'usure par attrition d'un granulat. Deux échantillons identiques, de fraction 10\14 mm, sont soumis à un cycle d'usure, en présence d'eau par contact avec des billes d'acier à l'intérieur d'un cylindre en rotation.

Le degré d'usure est apprécié par détermination de proportion d'éléments fins, inférieurs à 1,6 mm générée au cours de l'essai.

- Méthode essai :

- 1) -prise d'essai de 500g lavée et séchée.
- 2) -mise en place dans un tambour avec 5 kg de billes métalliques calibrées et 2,5 litres d'eau.
- 3) -appliquer une rotation de 12000 tours au tambour à la vitesse de 100 tours\ minute.
- 4) -retirer la prise d'essai, pour lavage au-dessus d'un tamis 1,6 mm.

5) -peser le refus à ce tamis après séchage (M'exprime en g). Expression des résultats :

$$MDE = (500 - M) \cdot 5$$

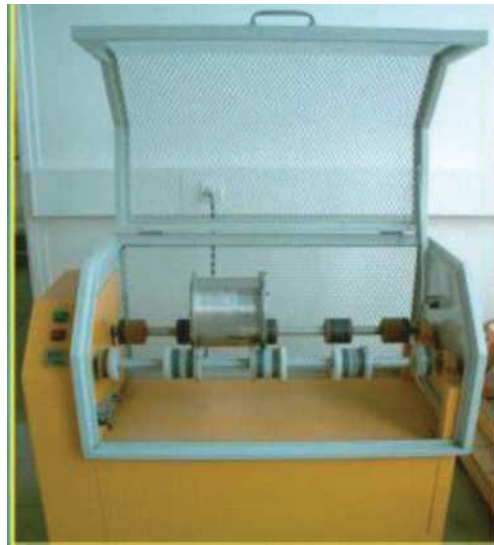


fig.III.6 :L'appareil MDE



fig.III.7 : tambour avec des billes d'acier

**3. les essais sur le bitume :**

## 3.1. L'essai de pénétration (EN 1426)

Cet essai détermine l'enfoncement d'une aiguille normalisée de 1 mm de diamètre sur un échantillon de bitume maintenu à 25 oC sous une charge de 100 g appliquée pendant 5 secondes. Cet essai est exprimé en dixièmes de millimètre.

Plus le bitume est mou plus la valeur absolue de la pénétrabilité est grande.

Il est possible de tracer l'évolution de la pénétrabilité en fonction de la température et de calculer un indice de pénétrabilité très utile pour apprécier la susceptibilité thermique du bitume en faisant varier la température mais en gardant tous les autre paramètres.

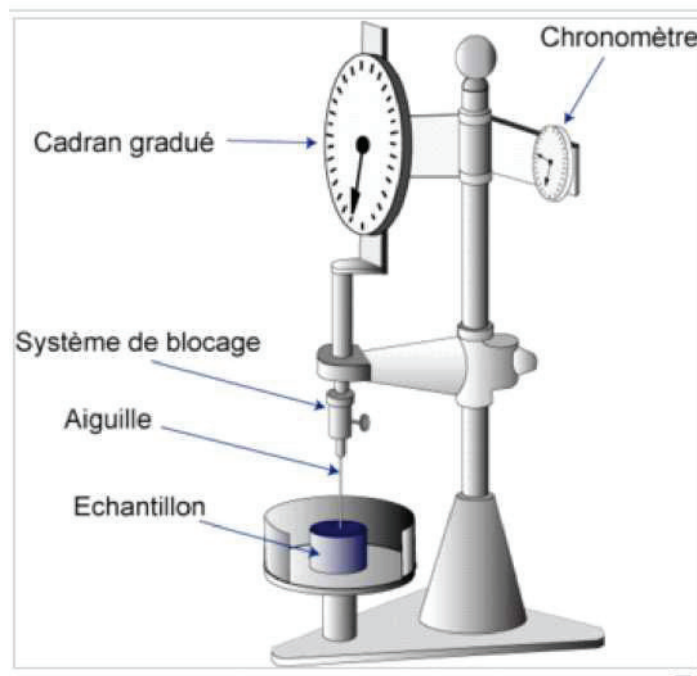


fig.m.8 : essai de pénétrabilité à l'aiguille.

## 3.2. Point de ramollissement bille et anneau (EN 1427)

Cet essai consiste à donner une indication de la température à laquelle le bitume acquiert une plasticité donnée.

Les bitumes ne sont pas des corps purs et n'ont pas de point de fusion franc et leur consistance évolue avec la température. C'est pourquoi, pour chaque classe de bitume, un intervalle de TBA de 8°C est imposé, c'est le repère de changement de consistance des bitumes dans des conditions parfaitement définies.

Une petite bille en acier de 3,5 g et de 9,5 mm de diamètre est posée sur un disque de bitume préalablement coulé dans un anneau de 19,8 mm de diamètre intérieur, lui-même placé sur un support normalisé. Le tout est installé dans un bain d'eau dont la température initiale et stabilisée est de 5°C. La face inférieure de l'anneau de bitume se trouve à 25,4 mm de la surface supérieure de la plaque du dessous du support, ce qui correspond à la distance de chute de la bille au cours de l'essai. Le bain est chauffé à une vitesse constante de 5°C/min, sous agitation. Le point de ramollissement bille et anneau (souvent noté TBA) est la température à laquelle la poche de bitume, formée pendant la chute de la bille, touche la plaque de référence.

Dans cet essai, plus le point de ramollissement est élevé plus le bitume est dur.



fig.III.9 : appareil bille-anneau

**4. LES ESSAIS SUR LES ENROBES BITUMINEUX :**

Les essais mécaniques réalisés en laboratoire sur des éprouvettes homogènes constituent le principal outil de détermination des lois de comportement des solides en général et des géomatériaux en particulier.

Dans laboratoire on fait des essais sur les mélanges bitumineux parmi ces essais on cite :

**4.1. Résistance en compression uni axiale :**

Dans cet essai, l'éprouvette, généralement cylindrique, est placée entre les plateaux d'une presse, et la force axiale est augmentée jusqu'à la rupture de l'éprouvette. La valeur maximale  $F$  de la force permet de calculer la résistance en compression uniaxiale  $R_c$  de la roche :  $R_c = F/S$  avec  $S$  est la surface de la section de l'éprouvette.



Fig.III.10 : Dispositif expérimental pour un essai de compression uni axiale

4-2 : Résistance à la traction : NF P 18-408 4-

2-1 : Description

Cet essai est réalisé sur une éprouvette cylindrique grâce à deux plateaux, on applique un effort le long des deux génératrices diamétralement opposées.

En pratique, il est préférable de commencer par cet essai (avant l'essai de compression simple), car il nous permet d'avoir une information sur la résistance à la compression  $R_c$ , sachant que le  $R_c$  varie entre 8 et 15 fois le  $R_t$  (Moyenne de 10x).

Tableau.III.1 : Evaluation résistance de traction

Résistance en traction (Mpa)	Description de la résistance
< 5	Faible
5 à 8	Moyenne
8 à 10	élevé
> 10	Très élevée

4-2-2 Principe d'essai:

L'effort est augmenté progressivement jusqu'à la rupture de l'échantillon. Ceci permet d'obtenir la résistance à la traction  $R_t$ .

La rupture est obtenue par traction au centre de l'éprouvette. On évite ainsi les difficultés de collage des têtes nécessaire dans les essais de traction directe.

Si  $F$  est l'effort fourni par la presse au moment de la rupture,  $R$  le rayon de l'éprouvette et  $H$  sa hauteur, la résistance à la traction indirecte est donnée par :

$$R_t = (F/nRH)$$



fig.III.11 :Essai de traction indirecte (essai brésilien)

Pour la détermination de la teneur en bitume optimale il est nécessaire de passer par les essais de Marshall et Deriez.

### **5- conclusion :**

Les essais d'identification des granulats plus le bitume permettent de donner une vision sur une bonne formulation d'un mélange bitumineux.

Les essais sur les enrobés bitumineux donnent un résultat sur l'étude de comportement mécanique de produit.

**1- introduction:**

On a cherché depuis longtemps à renforcer les matériaux de construction fragiles à l'aide de fibres de différentes natures, Citons par exemple, les briques en terres armées de pailles, le mortier de chaux armé de poils d'animaux, le plâtre armé de filasse, le ciment renforcé de fibres d'amiantes, etc. En rappelant que l'état fragile des matériaux correspond à une faible résistance à la traction, une faible énergie de rupture ou une faible plasticité en compression ou en traction.

Des fibres de toute nature ont été expérimentées dans le renforcement des matériaux. Les plus répandues sont : l'amiante, le verre, l'acier, le plastique (nylon et polypropylène), le carbone, et les fibres végétales.

Notre étude s'intéresse à l'étude de la durabilité des fibres de palmier dans les enrobés bitumineux. Pour cela nous avons confectionné des enrobés renforcés de fibres végétales de palmier.

**2- Les Différents Types de Fibres :**

on distingue deux types de fibres:

**2-1: des Fibres Industrielles: 2.1.1. Les Fibres d'Amiante:**

Les fibres d'amiante sont constituées de silicates de magnésium hydratés, elles possèdent une bonne résistance à la traction et un module d'élasticité élevé. Ce sont des fibres très commercialisées.

**2.1.2. Les Fibres de Verre:**

Les fibres de verre sont très fragiles, elles sont disponibles dans le commerce sous forme de bobines ou de fils coupés.

**2-1-3. Les Fibres de Carbone:**

Les fibres de carbone sont très fragiles ce qui rend l'opération de malaxage du mélange de ces fibres très difficile. Pour cela, elles sont ajoutées par la suite au enrobé par projection.

**2-1-4. Les Fibres Polymères:**

Les fibres de polymères sont d'origine plastique 2-1-5. Les Fibres d'acier :

Les fibres d'acier restent parmi les fibres les plus utilisées dans le renforcement des enrobés. En effet, ces fibres présentent une bonne résistance à la traction.

2-2: les fibres naturelles (les fibres végétales) :

L'utilisation des fibres végétales dans les enrobés bitumineux elle est moderne par contre pour autre construction comme le béton et le plâtre (depuis l'année 1970).

2-2-1. Classification des Fibres Végétales:

Les fibres végétales sont classées en quatre groupes suivant leur provenance.

A savoir : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

a) . Les Fibres de Feuilles:

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones. Les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides.

Les types de fibres de feuilles les plus cultivées sont la fibre de sisal, de Henequen et d'abaca .

De ces fait, plusieurs chercheurs tel que : NILSSON, AYYAR et ont montré l'efficacité du renforcement du ciment par les fibres de feuilles.

b) Les Fibres de Tiges:

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones.

Elles ont pour rôle de donner une bonne rigidité aux tiges de plantes.

Les fibres de tige sont commercialisées sous forme de paquet de cor et en toute longueur. Elles sont par la suite séparées individuellement par un processus de défilage. Les fibres, une fois séparées, sont utilisées dans la fabrication des cordes ou de textile ou bien dans le renforcement.

c) . Les Fibres de Bois :

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres. Elles sont généralement courtes. Plusieurs chercheurs ont montré l'efficacité de ces fibres dans le renforcement des enrobés.

d) . Les Fibres de Surface :

Les fibres de surface entourent en général la surface de la tige, de fruits ou de grains.

Les fibres de surface des grains constituent le groupe le plus important dans cette famille de fibres.

Il est à noter que, les fibres de palmier, appartiennent à cette famille de fibres.

### 3- Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales:

Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre sa densité et son teneur en eau et son pourcentage d'absorption d'eau. Et elle est caractérisée mécaniquement par sa résistance à la traction, son élongation à la rupture et son module d'élasticité.

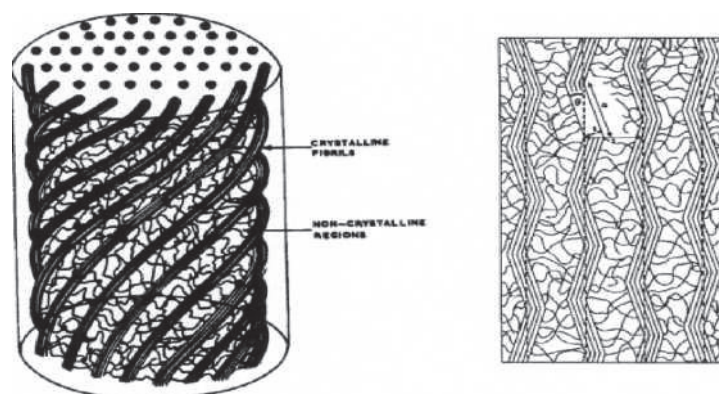
Les propriétés physiques et mécaniques des fibres végétales ont été traitées par beaucoup de chercheurs.

BLEDZKI et GASSAN, dans leur étude concernant les fibres végétales, ont constaté que la résistance à la traction et le module d'élasticité des fibres végétales sont proportionnelle à leur teneur en cellulose. Ainsi, ils ont remarqué que la résistance dépend de la forme des spirales des filaments.

Le tableau ci dessous montre les caractéristiques mécaniques et physiques des fibres de palmier.

Tableau IV-1 : Les caractéristiques physiques et mécaniques des fibres de palmier

Fibres	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Resistance à la traction(Mpa)	Module de Yong(Gpa)
palmier	0.51-1.03	170-290	2.1-5.25

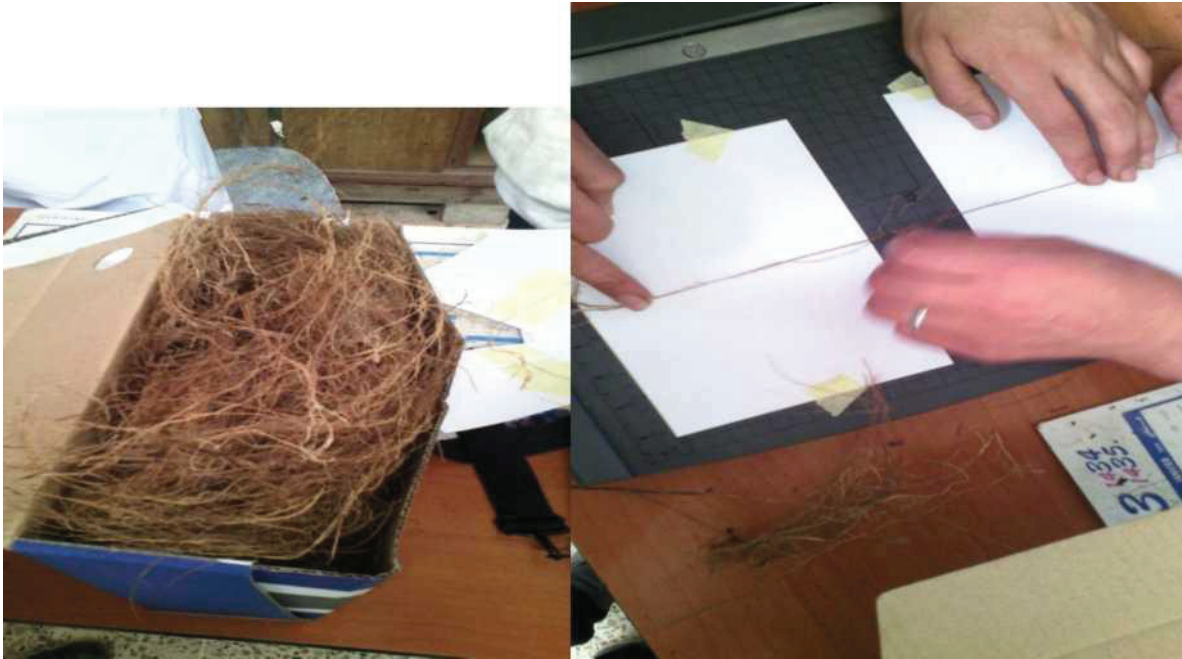


FigIV-1:Schématisation des fibres végétales

La préparation des fibres elle est simple et facile, après le nettoyage de l'arbre de palmier on ramène les plaques et on devisés a des petites fibres (comme des files).

Avant 24 heures faire les essais il faut mettre ces fibres dans l'étuve pur le séchage.

Dans notre travail on utilise un appareil comme une règle gradué qui contient un découpoir pour découper en petites pièces (1cm, 3cm, 5cm) cette méthode pour les essais dans laboratoire.



FigIV-2 : préparation des fibres de palmier

### Conclusion:

Les fibres de toute nature sont très employées dans différents ouvrages dans le but d'améliorer leurs performances mécaniques et physiques. Donc l'ajout des fibres considéré comme un moyen de renforcement pour le comportement mécanique des enrobés bitumineux.

Partie expérimentale :

**1- Introduction :**

Dans la partie expérimentale on entame les essais d'identifications pour notre enrobé (bitume et les agrégats) et étudier l'influence de l'ajout des fibres végétales des palmiers sur le produit bitumineux.

-On fait la formulation du l'enrobé 0\14 par les trois fractions des granulats (0\3 ,3\8 et 8\15) avec les fibres végétales pour l'enrobé modifié.

-Pour la formulation ont été obligé de chercher la teneur en liant optimale parmi les trois teneurs.

-Après cette étape on fait une variation sur le pourcentage des fibres (0,1% ; 0,3% et 0 ; 5%) avec trois longueur des fibres (1cm, 3cm et 5 cm).

-on cherche la résistance de traction pour l'enrobé témoin et le modifié.

**2- caractéristiques des matériaux utilisés :**

2-1 : Les résultats d'essais d'identifications des granulats : 2-1-1

: Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique qui faite sur les trois fractions granulaires.

Fraction 0\3 :

Poids sec M=3000 g.

Tableau.V.1 : Analyse granulométrique de la fraction 0/3

Tamis (mm)	16	14	10	8	6.3	4	3.15	1	0.63	0.315	0.08
Tamisât (%)	100	100	100	100	100	97	91.4	53.8	42.6	29.7	16.2

Fraction 3\8 :

Poids sec M=5000 g.

Tableau.V.2 : Analyse granulométrique de la fraction 3/8

Tamis (mm)	16	14	10	8	6.3	4	3.15	1	0.63	0.315	0.08
Tamisât (%)	100	100	100	98	88	60	42	11	9	7	4

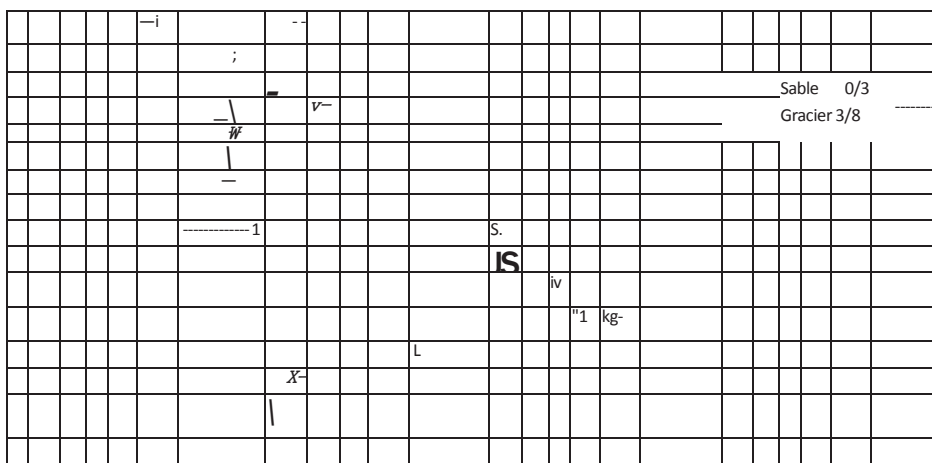
Fraction 8\15 :

Poids sec M=5000 g.

Tableau.V.3 : Analyse granulométrique de la fraction 8/15

Tamis (mm)	16	14	10	8	6.3	4	3.15	1	0.63	0.315	0.08
Tamisât (%)	100	98	57	23	5	1.96	1.63	1.03	0.73	0.7	0.56

**Courbes granulométriques des fractions granulaires**



10 1 0,1 0,01 Tam s [mm]

Fig.V.1 : la courbe granulométrique. 29

2- 1-2 : Essai d'aplatissement :

Tableau.V.4 : Résultats d'essai d'aplatissement des granulats

	Fractions		Recommandation
	3/8	8/15	
A %	17.92	14.51	< 25

2- 1-3 : .La Masse volumique :

Tableau.V.5 : résultat d'essai de la masse volumique

Fractions	0/3	3/8	8/15
Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	2,68	2,68

Commentaire : les trois classes granulaires présentent une granulométrie continue,  
Donc les granulats analysés peuvent être utilisés dans la confection d'un béton bitumineux  
semi grenu et d'un grave bitume.

2- 1-4 : .Los Angeles :

Tableau.V. 6 : Essai de Los Angeles

	Fractions		Recommandation
	3/8	8/15	
LA (%)	21.4	24.92	< 25

2- 1-5 : Coefficients Micro Deval (MDE) :

Tableau.V.7 : Résultats d'essai micro Deval

	Fractions		Recommandation
	3/8	8/15	
MDE (%)	8	6.74	< 20

Commentaire : Du point de vue caractéristique intrinsèque des granulats, les résultats obtenus en fonction de leur utilisation en béton bitumineux et en grave bitume sont conformes avec les limites de la résistance de fragmentation suivant les normes.

2- 2 : Les essais sur le bitume :

Le bitume utilisé est de classe 40/50 provenant du NAFTAL.

Le tableau au-dessous récapitule les caractéristiques de bitume.

Tableau.V. 8 : les caractéristiques du notre bitume

Caractéristique	Résultat	Recommandations CTTP
Pénétrabilité à 25°C (1/10 mm)	48	40 à 50
Température de ramollissement (°C)	52	47 à 60

Les résultats obtenus montrent que le bitume 40/50 analysé a des caractéristiques qui répondent conformément à la norme.

**3- formulation d'enrobé bitumineux 0\14 :**

3- 1- provenance des matériaux :

Les granulats utilisés dans le cadre de la présente étude sont les fractions couramment utilisées en Algérie pour la fabrication des enrobes bitumineux destinées aux couches de roulement.

La provenance des fractions granulaires 0/3, 3/8, 8/15 sont des granulats de la carrière Ain-Touta (BATNA).



Sable 0/3

Gravier 3/8

Gravier 8/15

Fig.V.2 : les fractions granulaires utilisées.

3- 2 : Détermination du mélange granulaire optimal :

L'objectif visé est de maîtriser la disposition granulaire du squelette minéral et choisir une formule qui donne un mélange ayant la meilleure aptitude au compactage et qui pourrait conférer une meilleure stabilité au mélange hydrocarboné.

Le tableau ci dessous donne le pourcentage granulaire pour la formulation du BB 0\14.

Tableau.V.9 : Composition du mélange granulométrique

<i>Fractions</i>	<i>Pourcentage (%)</i>
Fraction 0/3	39
Fraction 3/8	20
Fraction 8/15	41

La courbe granulométrique du mélange issue de cette formule s'inscrit parfaitement dans le fuseau spécifique de Béton Bitumineux Semi Grenu défini dans les recommandations algériennes pour l'utilisation des bitumes et enrobés bitumineux de Février 2004.

La courbe granulométrique du mélange est donnée dans la figure suivante :

**Courbe Granulométrique du mélange 0/14**

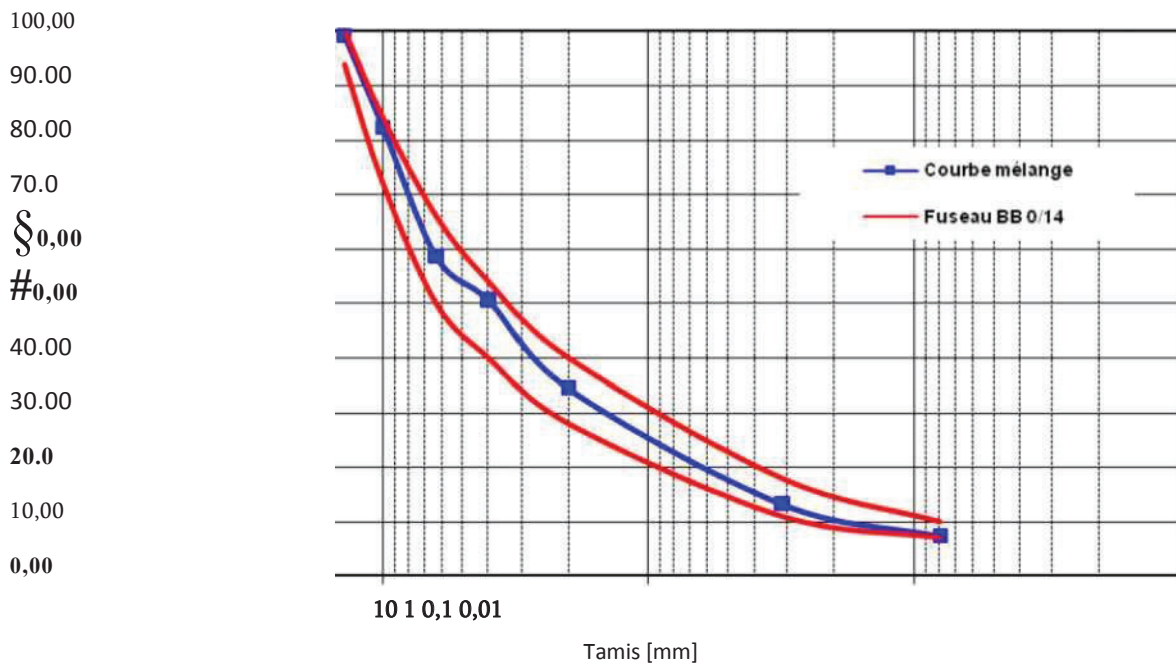


Fig.V.3 : Courbe granulométrique du mélange et fuseau 0/14.

3- 3 : Détermination des teneurs en bitume :

Pour déterminer cette teneur en liant optimale, on introduit la notion de surface spécifique des granulats notée E et exprimée en m<sup>2</sup>/kg, c'est-à-dire la surface développée qu'auraient les granulats assimilés à des sphères.

$$TL = a . K^Z$$

-La Surface spécifique des granulats E :

La surface spécifique c'est-à-dire la surface développée qu'auraient les granulats assimilés à des sphères et qui calculé par l'équation suivante, M. L. NGUYEN

$100E = 0.25 G + 2.3 S + 12s + 135 f$  en  $m^2/kg$ . Guide technique CTTP Avec :

La proportion pondérale des éléments supérieurs à 6.3 mm  $\wedge G = 41.35\%$

La proportion pondérale des éléments compris entre 6.3 et 0.315 mm  $\wedge S = 45.38\%$

La proportion pondérale des éléments compris entre 0.315 et 0.08 mm  $\wedge s = 5.92\%$

La proportion pondérale des éléments inférieurs à 0.08 mm  $\wedge f = 7.35\%$

On obtient une valeur de la surface spécifique  $E = 11,78 m^2/kg$  -Coefficient correcteur a :

Le coefficient de correction a destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats si cette masse volumique est égale à 2,65 g/cm,  $a = 1$ .

Dans le cas contraire,  $a = 2,65 / M_v$  Guide technique CTTP Ou :

$M_v$  : masse volumique du granulat Dans notre cas  $M_v = 2.67$  alors  $a = 0.996$ .

• Détermination de la teneur en liant en fonction du module de richesse (k) :

Le module de richesse k qui caractérise l'épaisseur moyenne de fin autour des granulats peut prendre les valeurs comprises entre 3,45 et 3,9 dans le cas d'un béton bitumineux.

Tableau. V.10 : teneur en bitume retenues

<i>Formule</i>	A	B	C
Module de richesse	3.45	3.60	3.75
Teneur en liant(%)	5.59	5.83	6.07

3- 4 : Composition des mélanges

3- 4-1 : Essais de performances mécaniques :

Les essais réalisés pour tester les performances mécaniques du béton bitumineux Semi Grenu sont :

- les essais MARSHALL réalisés selon le mode opératoire des « recommandations Algériennes pour l'utilisation des bitumes et enrobés bitumineux » de Février 2004.

- les essais de module de rigidité selon la norme EN 14771. a/Essai de Marshall :

Les enrobés bitumineux sont compactés dans des moules à l'aide d'une dame en vue de réaliser des éprouvettes cylindriques.

Ces éprouvettes sont placées entre les deux mâchoires semi-cylindriques d'une presse qui se rapprochent l'une de l'autre à une vitesse constante.

Au cours de l'essai, la charge et la déformation sont enregistrées jusqu'à la rupture. Cet essai conduit à la détermination directe de deux grandeurs : le fluage (mm) et la stabilité Marshall (KN), deux grandeurs liées à la caractérisation empirique de l'orniérage.

a-1 /Principe de l'essai :

L'essai consiste à compacter des éprouvettes par damage selon un processus déterminé, puis les soumettre à un essai de compression (diamètre) suivant une génératrice dans des conditions définies.

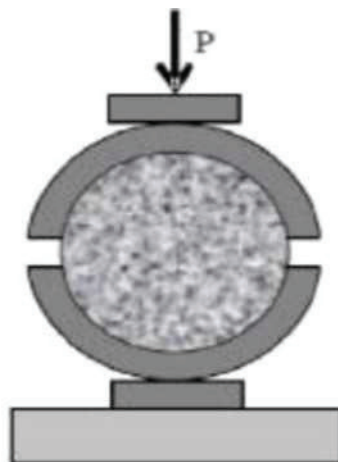


Fig.V.4 : Principe de l'essai Marshall.

a-2/ Mode opératoire :

- Mettre à l'étuve le mélange retenu d'un poids total dépendant du nombre de moule ainsi que le bitume et les moules Marshall à une température spécifiée pendant 2 heures.
- Sortir de l'étuve la cuve contenant le mélange granulaire et la poser sur la plaque chauffante ainsi que le bitume.
- Peser la quantité de bitume relative à chaque mélange.
- Malaxer le mélange granulaire pour homogénéiser pendant 30 secondes.
- Peser et verser la quantité du liant préconisée en actionnant le malaxeur pendant 2 à 5 minutes (Figure 5).



Fig.V.5 : Enrobé après malaxage

- Remplir le moule d'enrobé à raison de 1200g à 1g près (Figure 6).



Fig.V.6 : Remplissage des moules Marshall

- Compacter à la dame électrique à 50 coups par face (Figure 7).



Fig.V.7 : Dame Marshall.

- Laisser refroidir le moule sous jet d'eau pendant 20minutes.

- Démouler les éprouvettes et les laisser refroidir pendant 5 heures.



Fig.V.8 : les éprouvettes

- Mesurer les dimensions des éprouvettes au 0.1mm près en 5 zones différentes (en hauteur).
- Préparer le bain-marie à  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (Figure 9).



Fig.V.9 : Bain-marie

- Immerger les éprouvettes et les mâchoires d'écrasement dans l'eau à  $60^{\circ}\text{C}$  pendant 40 Minutes, échelonné à 5 minutes par éprouvette.
- Sortir l'éprouvette du bain et la placer sur les mâchoires d'écrasement, l'ensemble est porté entre les plateaux de la presse réglée à une vitesse de 0.86mm/s (Figure 10).



Fig.V.10 : Presse Marshall

- Procéder à l'écrasement et lire la valeur en KN correspond à la charge maximale d'écrasement.

- Mesurer la valeur de l'affaissement de l'éprouvette selon son diamètre vertical au moment de la rupture (fluage en 1/10) mm à l'aide du pied à coulisses.

-Résultats des performances mécaniques :

Tableau.V. 11 : Résultats des essais.

Formule granulaire	A	B	C	Spécifications
Teneur en bitume (%)	5.59	5.83	6.07	
Densité (kg/cm <sup>3</sup> )	2.4	2.4	2.39	–
Stabilité (KN)	12.29	10.2	9	> 10,5
Fluage (mm)	3.616	4.266	4.4	< 4
Quotient Marshall	3.4	2.39	2.05	–

Interprétions des résultats :

D'après les résultats des essais effectués, on remarque que :

-Les stabilités de MARSHALL ne sont pas conformes aux spécifications à l'exception de la formule « A » où la stabilité est acceptable.

- La résistance au fluage de la formule « A » conforme à la spécification

Donc La formule « A » présente des bonnes performances en termes de compacité, stabilité, fluage, quotient Marshall.

NB : Les plus grandes valeurs du quotient indiquent que les mélanges sont plus résistants aux déformations permanentes.

#### 4- les résultats d'essai de la traction indirecte :

Pour cet essai on fait la formulation d'un enrobé témoin plus des mélanges d'enrobé bitumineux modifié par ajout des fibres végétales des palmiers.

Le produit d'enrobé bitumineux modifié dépend de deux paramètres :

-le premier paramètre dépend de quantité des fibres dans le produit (0,1% ; 0,3% et 0,5%).

-le deuxième paramètre dépend de la longueur des fibres dans le produit (1cm ; 3cm et 5cm). Les tableaux ci-dessous montrent les résultats l'essai de la traction indirecte.

Remarque : la résistance de la traction pour le produit témoin  $R_t=10$  Mpa.

La longueur de 1cm :

Tableau. 12 : résultat pour les fibres de 1 cm.

La quantité (%)	0.1	0.3	0.5
Rt(Mpa)	10,9667	10,7667	11,1667

La longueur de 3cm :

Tableau.V.13 : résultat pour les fibres de 3 cm.

La quantité (%)	0.1	0.3	0.5
Rt(Mpa)	11,5333	10,9	11,3667

La longueur de 5cm :

Tableau.V.14 : résultat pour les fibres de 5 cm.

La quantité (%)	0.1	0.3	0.5
Rt(Mpa)	9,7333	11,600	9,600

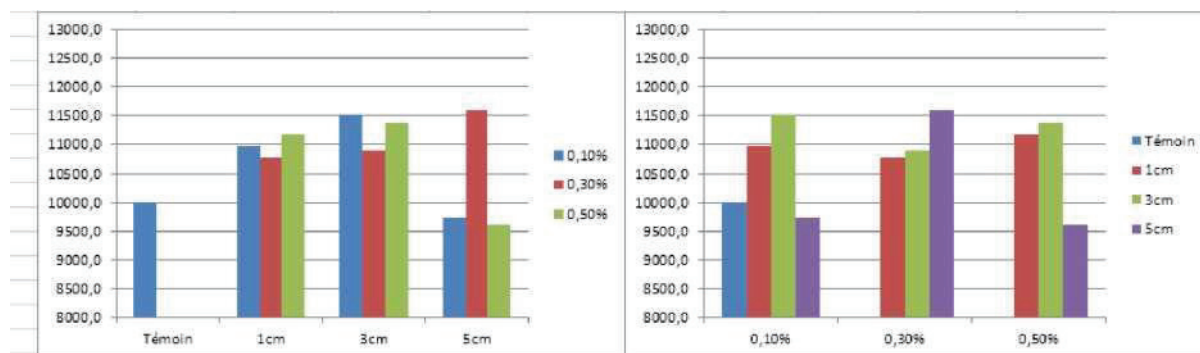


Fig.V .11 : schéma représentatif les résultats d’essai.

Interprétation des résultats :

D’après les résultats de cet essai on trouve :

- les résistances de la traction pour le enrobé modifié sont supérieure à la résistance d’enrobé témoin exception le mélange de (0,1%- 5cm).
- on remarque que les mélanges de longueur 3 cm donnent des bons résultats.
- pour le mélange de 5cm (0 .1% et 0.5%) la résistance de la traction est faible par contre pour le 0. 3% la valeur est importante.
- on remarque que les mélanges de 3cm pour les trois quantités (0.1% ; 0.3 et 0.5%) donnent une meilleure valeur de la résistance de traction en plus le produit il est homogène dans la forme ne pose pas des problèmes dans la phase de formulation.

**Conclusion :**

D'après les résultats de cet essai, on conclut que l'ajout des fibres végétales des palmiers amélioré le comportement mécanique du produit bitumineux.

L'ajout des fibres des palmiers dans les enrobés donnent une résistance suffisante permet de supporter les charges extérieures qui ont appliquées sur la chaussées routières.

## **Conclusion générale :**

Les différents types de dégradations routières posent des problèmes sur le confort d'utilisateur et aussi sur la fluidité de trafic, pour cela les experts dans ce domaine proposent des solutions.

Parmi ces solutions le renforcement de la chaussée routière l'ajout des matériaux dans l'enrobé bitumineux pour améliorer ces caractéristiques mécaniques.

Les méthodes de renforcement sont plusieurs soit par la chaux ou bien des ajouts industriels (verre, fibres métalliques, poudre de caoutchouc).

Dans ce mémoire on vise sur l'ajout des fibres végétales de palmier sur l'enrobé bitumineux 0/14.

On travaille avec des granulats de la carrière d'AIN-TOUTA (BATNA).

Le but de cette méthode c'est d'améliorer les caractéristiques mécaniques d'enrobé bitumineux 0/14 et obtenir une longévité de chaussée.

Cette méthode de renforcement n'est pas applicable en Algérie elle est dans une période de recherche.

## Références bibliographiques

### Les sites web :

[www.argenco.ulg.ac.be/geo3](http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Los Angeles \(essai\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Los_Angeles_(essai))

[:http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/materiaux-et-tribologie-42467210/degradation-et-usure-des-revetements-routiers-souples-tri4620/modes-de-degradation-et-d-usures-des-revetements-routiers-tri4620niv10003.html](http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mecanique-th7/materiaux-et-tribologie-42467210/degradation-et-usure-des-revetements-routiers-souples-tri4620/modes-de-degradation-et-d-usures-des-revetements-routiers-tri4620niv10003.html)

[http://fsi.univ-tlemcen.dz/tp/masse volumiques granulats.pdf](http://fsi.univ-tlemcen.dz/tp/masse_volumiques_granulats.pdf)

<http://labobtp.fr/granulats-essais-normalisescoefficient-daplatissement-nf-en-933-3>

<http://essai-laboratoire.blogspot.com/2013/03/analyse-granulometrique.html>

### autre références

-guide CTPP

-memoire magister(Influence des ajouts de fines minérales sur le Performances Mécaniques des Bétons Renforcés de Fibres Végétales dePalmierDattier)06/11/2006 -memoire ingenieurat (influence des poudrette sur les enrobés )2015 -memoire magister

[http://www.ummt0.dz/IMG/pdf/Magister Mme Makhlouf 2010.pdf](http://www.ummt0.dz/IMG/pdf/Magister_Mme_Makhlouf_2010.pdf)