

## AMÉLIORATION DE LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES CHAUSSÉES SOUPLES PAR AJOUT DE GRANULATS DE PNEUS RECYCLÉS

Faroudja Meziani <sup>1\*</sup>, Amar Kahil <sup>2\*\*</sup>, Smail GABI <sup>1\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche Géomatériaux, Environnement et Aménagement (L.G.E.A)  
Département de génie civil, Faculté de génie de la construction, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, B.P.17 Tizi-Ouzou 15000.

\* Doctorante en génie civil, \*\* Maître assistant B, \*\*\* Maître de conférences A.

### Résumé :

*Le trafic de plus en plus important et agressif ainsi que les températures élevées sont à l'origine des déformations des couches supérieures de la chaussée. L'enrobé bitumineux dans sa configuration traditionnelle ne permet plus une résistance satisfaisante à l'orniérage sous le trafic lourd et canalisé. L'objectif de notre étude est, d'améliorer la résistance mécanique des revêtements routiers, par ajout de granulats de pneus recyclés. Les propriétés mécaniques des mélanges bitumineux sont illustrées à partir des essais mécaniques de laboratoire. Les résultats obtenus ont montré l'influence des granulats de caoutchouc sur la performance du mélange bitumineux.*

### Mots clés :

*Revêtements routiers / traitement des matériaux / recyclage / granulats de caoutchouc / essais mécaniques.*

### Abstract:

*Traffic growing and aggressive and high temperatures are causing deformities of the upper layers of the pavement. The asphalt in its traditional configuration does not allow a satisfactory resistance to rutting under heavy traffic and channeled. The objective of our study is to improve the mechanical strength of road surfaces, by adding aggregates recycled tires. The mechanical properties of bituminous mixtures are illustrated using mechanical testing laboratory. The results showed the influence of rubber aggregates on the performance of asphalt mixture.*

### Key words:

*Road coatings / treatment of materials / recycling / aggregates of rubber / mechanical tests.*

## Nomenclature

$f$  : Pourcentage de passant à 0.08 mm (en %).

$G$  : Pourcentage de refus supérieur ou égal à 6.3 mm (en %).

$K$  : Module de richesse, varie de :

- 2.15 à 2.60 pour une couche de base (0/20) mm.

- 3.45 à 3.90 pour une couche de roulement (0/14) mm.

$R$  : Résistance à la compression à l'air (en bars).

$r'$  : Résistance à la compression en immersion (en bars).

$S$  : Pourcentage de refus compris entre 0.315 mm et 6.3 mm (en %).

$s$  : Pourcentage de refus compris entre 0.08 mm et 0.315mm (en %).

$\alpha$  : Coefficient correcteur, destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats.

$\Sigma$  : Surface spécifique conventionnelle (en  $m^2.Kg^{-1}$ ).

## 1. Introduction

L'apparition de l'automobile a marqué un tournant décisif dans l'histoire de la route et si l'on a pu, au début, se contenter des méthodes anciennes de construction des chaussées [1].

En plus du trafic et de son taux d'accroissement ; la vitesse de circulation et le poids des véhicules exigent de plus en plus que soit améliorée la construction des chaussées modernes [2].

De nombreuses études ont été menées dans le but d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques mécaniques des revêtements routiers. Une des possibilités est l'incorporation de caoutchouc recyclé dans l'asphalte [3].

Les bitumes avec mélange de granulats de caoutchouc recyclé permettent de limiter les nuisances sonores, d'améliorer la sécurité des automobilistes, de limiter les nuisances à l'environnement, tout en favorisant la valorisation des déchets locaux.

La présente étude a pour objectif d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques mécaniques des revêtements routiers, par ajout de granulats de caoutchouc, obtenus par broyage mécanique de pneus usés.

## 2. Définition de la chaussée

Une chaussée est une structure multicouche constituée de trois parties principales qui ont chacune un rôle bien défini.

Une chaussée est essentiellement destinée à supporter les actions mécaniques des véhicules et à les reporter sur le terrain de fondation sous-jacent, sans que se produisent de déformations permanentes, ni dans le terrain, ni dans la chaussée elle-même.

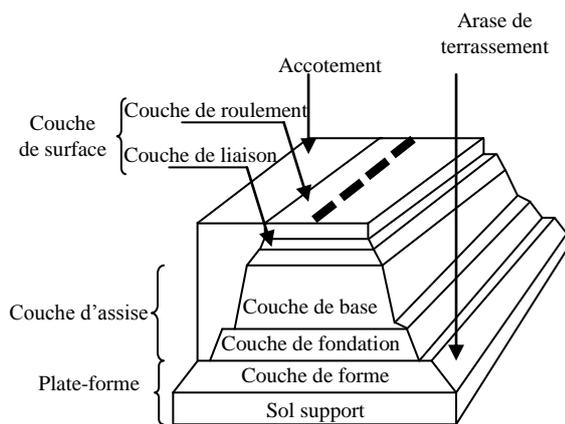


Figure 1. Coupe verticale d'un corps de chaussée.

## 3. Résistance mécanique des chaussées

Pour étudier, la résistance mécanique d'une chaussée, il faut d'une part, connaître la circulation que la route devra supporter, notamment la valeur des plus lourdes charges admises, et la fréquence des passages de chaque catégorie de véhicules, tout spécialement des véhicules lourds.

D'autre part, il est indispensable, de caractériser de façon aussi précise que possible les qualités du terrain sur lequel la chaussée devra être établie, ces qualités, qui conditionnent "la portance" du sol, il faut connaître, les risques d'imbibition et de dessiccation auxquels est exposée la chaussée, il faut aussi tenir compte des risques de gel qui, pour certains sols, sont extrêmement grave [4].

## 4. Dégradations des chaussées souples

Les dégradations des chaussées souples peuvent être classées en quatre familles : les fissurations, les déformations, les arrachements et les remontées des matériaux [5], [6].

### 4.1. Les fissurations (Fissures en carrelage)

Rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un modèle de fissuration à petites mailles polygonales.



Figure 2. Fissures en carrelage.

### 4.2. Les déformations (Soulèvement)

Gonflement localisé de la chaussée en période de gel, aussi bien parallèle que perpendiculaire à l'axe de la chaussée.



Figure 3. Soulèvement différentiel.

#### 4.3. Les arrachements (Nid-de-poule)

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.



Figure 4. Nid-de-poule.

#### 4.4. Les remontées des matériaux (Ressuage)

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.



Figure 5. Ressuage.

### 5. Technique d'amélioration de résistance

De nombreuses études ont été menées dans le but d'améliorer la stabilité thermique et les caractéristiques des revêtements routiers. Une

des possibilités est l'incorporation de caoutchouc recyclé dans l'asphalte [7].

L'introduction de caoutchouc dans des bitumes; pour la réalisation des couches de surface des chaussées souples, permet :

- d'améliorer les propriétés des enrobés;
- de donner une plus grande souplesse aux revêtements réalisés;
- d'améliorer leur résistance à la fatigue aux basses températures;
- de diminuer les phénomènes de bruit.

L'utilisation de caoutchouc de récupération à cet effet permet de plus de contribuer à l'élimination de pneus usés d'origines diverses.

### 6. Étude expérimentale

Dans cette étude, nous avons tenté d'introduire des granulats des pneus usés, dans l'enrobé bitumineux, utilisé dans la construction de la couche de roulement, d'une chaussée souple, dans le but d'améliorer les caractéristiques mécaniques [8].

#### 6.1. Les matériaux étudiés

Dans notre étude, les granulats de pneus utilisés sont issus du broyage des morceaux de pneus usés (composés de caoutchouc et de fibres textiles de diamètre inférieur à 5mm).

- Les granulats du grave concassé de diamètre inférieur à 14 mm utilisés ont été prélevés d'une carrière.

-Le liant hydrocarboné utilisé est le bitume de classe (40/50).

### 6.2. Formulation du béton bitumineux

Après avoir obtenu les mélanges granulaires qui s'insèrent dans les fuseaux de référence SETRA LCPC type enrobé bitumineux (0/14)mm semi-grenu, et cela à partir de l'analyse granulométrique des trois fractions, à savoir 8/15, 3/8 et le sable 0/3, on procède au calcul des teneurs en liant (bitume 40/50) à tester au laboratoire.

### 6.3. Détermination de la teneur en liant

La teneur en liant est déterminée selon la norme française (NF P 98-130), en pourcentage du poids des agrégats, par la formule suivante [6] :

$$\% \text{ Liant} = \alpha \times K \times \sqrt[5]{\Sigma} \quad (1)$$

$$\Sigma = (0.25G + 2.3S + 12s + 135f) \quad (2)$$

Après toutes les conversions de calcul, les teneurs en liant choisies sont représentées dans le tableau 1.

Formulation	A	B	C	D
Module de richesse (K)	3.45	3.60	3.75	3.90
Teneur en liant (%)	5.80	6.14	6.39	6.65

Tableau 1. Teneur en liant pour chaque formulation utilisée.

### 6.3. Les essais mécaniques réalisés

Les différents matériaux choisis sont soumis aux essais de compression Duriez, dans le but d'étudier leur comportement mécanique.

La norme NF P 98-251-1 (septembre 2002), spécifie les essais Duriez à chargement statique sur mélanges hydrocarbonés. Elle décrit une méthode ayant pour but de déterminer, pour une température et un compactage donné, la tenue à l'eau d'un mélange hydrocarboné à chaud, à partir du rapport des résistances en compression avec et sans immersion des éprouvettes, et leur pourcentage de vides [9].

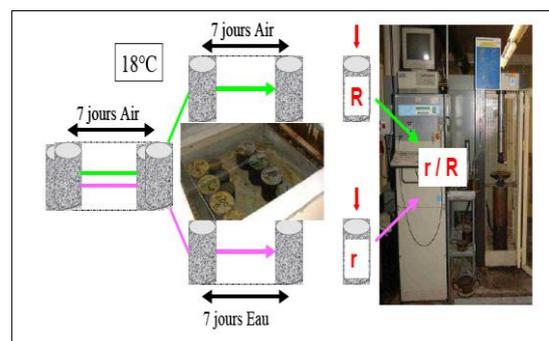


Figure 6. Principe de l'essai Duriez.

### 7. Résultats et interprétations

La figure (7), montre la variation de la résistance à la compression à 18°C, à l'air (R),

en fonction de la teneur en liant et du pourcentage du caoutchouc rajouté.

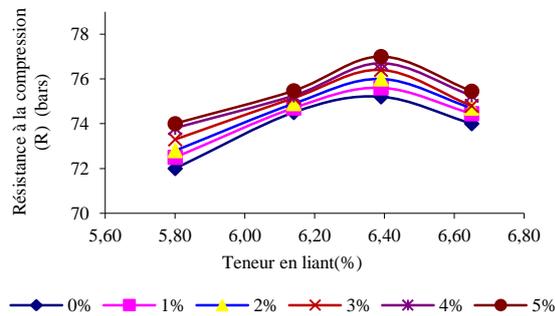


Figure 7. Évolution de la résistance à la compression à l'air à 18°C en fonction de la teneur en liant.

D'après la figure (7), on constate que la résistance à la compression diminue à une teneur en liant de 6.65% et atteint la valeur de 74.20bars à l'état naturel (sans ajout). L'introduction des différents pourcentages de granulats de caoutchouc améliore la résistance à la compression du matériau à 18°C. Elle passe de la valeur de 74.50bars à 75.50bars pour les ajouts de 1% et 5% de granulats de caoutchouc respectivement.

D'après les résultats obtenus, on constate que les granulats de caoutchouc influent positivement sur la résistance à la compression à 18°C, à l'air, de l'enrobé bitumineux.

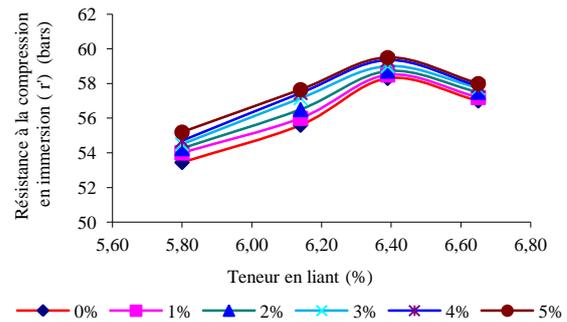


Figure 8. Évolution de la résistance à la compression en immersion à 18°C en fonction de la teneur en liant.

La figure (8), montre le même principe de variation de la résistance à la compression à 18°C, en immersion ( $r'$ ), en fonction de la teneur en liant et du pourcentage du caoutchouc rajouté, pour chaque formulation.

La valeur de la résistance à la compression, à une teneur en liant de 5.80%, est de 53.50bars à 18°C, en immersion, sans ajout. Elle passe de la valeur 53.80bars avec 1% d'ajout de granulats de caoutchouc à la valeur optimale de 55.00bars à 5% d'ajout.

La résistance à la compression du matériau traité diminue à une teneur en liant de 6.65% et atteint la valeur de 57bars. L'ajout de 5% de granulats de caoutchouc améliore cette résistance jusqu'à atteindre une valeur de 58bars.

## 8. Conclusion

L'objectif de notre étude est, de montrer l'effet d'ajout des granulats de caoutchouc recyclés sur la résistance mécanique des mélanges bitumineux utilisés dans la construction des chaussées souples.

La résistance mécanique du matériau étudié varie en fonction de la teneur en liant et du pourcentage d'ajout des granulats de caoutchouc.

Les résultats obtenus montrent que l'ajout des différents pourcentages de granulats de caoutchouc influe positivement sur la résistance des mélanges bitumineux étudiés. Ce qui encourage largement, l'introduction de ce matériau dans la construction des chaussées souples.

## 9. Bibliographie

[1] Q.D. Tran, Modèle simplifié pour les chaussées fissurées multicouches, Thèse, École nationale des ponts et chaussées, France, 2004.

[2] R. Coquand, Routes, Construction et Entretien, France, 1978.

[3] M. Faroudja, Amélioration des caractéristiques mécaniques d'une couche d'une chaussée souple par des matériaux composites, Thèse, Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 2008.

[4] LCPC, Directive pour la réalisation des couches de surface de chaussées en béton bitumineux, SETRA, LCPC, France, 1969.

[5] Manuel d'identification des dégradations des chaussées flexibles, Québec, 2002.

[6] T. Larino, Autopsie d'une chaussée, LCPC, Division ESAR, section AGR, Paris, France, 2001.

[7] M. Faroudja, G. Smail, Techniques de traitement des chaussées souples, Premier Symposium Méditerranéen de Géoengineering (SMGE09), Alger, Algérie, 2009.

[8] M. Faroudja, G. Smail, Effets de l'ajout des granulats de caoutchouc dans les mélanges bitumineux, Colloque International de la Caractérisation et la Modélisation des Matériaux et Structures (CMMS 08), Tizi-Ouzou, Algérie, 2008, p. 120.

[9] AFNOR, Essais statiques sur mélanges hydrocarbonés, Essai Duriez sur mélanges hydrocarbonés à chaud, France, 2002.