

AMÉLIORATION DES PERFORMANCE DES ENROBÉS BITUMINEUX PAR LA MODIFICATION A BASE DE POLYMÈRE DE DÉCHETS PLASTIQUES

IMPROVING THE PERFORMANCE OF BITUMINOUS COATINGS BY POLYMER-BASED MODIFICATION OF PLASTIC WASTE

Réception : 19/11/2024

Acceptation : 29/11/2024

Publication : 10/01/2025

FETHIZA ALI Boubaker^{1,2}¹ Département d'Hydraulique et de Génie Civil, Faculté de technologie. Université d'El Oued² Laboratoire Environnement, Eau, Géomécanique et Ouvrages (LEEGO), USTHB, Algériefethizaali-boubaker@univ-eloued.dz

Résumé - Il est essentiel d'avoir une chaussée plus performante face à la croissance du trafic et aux conditions climatiques agressives. Il y a de nombreux additifs disponibles pour améliorer les caractéristiques des bitumes. Les polymères sont parmi les additifs les plus couramment employés pour modifier les bitumes, mais la majorité d'entre eux sont des polymères vierges. L'objectif est de trouver des additifs performants simples à incorporer dans des matrices bitumineuses et financièrement abordables. Les déchets de polymères non biodégradables peuvent en effet jouer un rôle dans la mise en place d'une stratégie durable pour la construction de routes. Ceci nous permet non seulement de récupérer le matériau brut modificateur à moindre coût, mais aussi de répondre à la problématique écologique posée par l'augmentation constante des déchets plastiques. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact des déchets plastiques sur les propriétés physiques des bitumes modifiés et sur les propriétés mécaniques induites sur les bétons bitumineux. Selon l'étude, l'ajout de déchets plastiques (DP) dans le liant améliore ses caractéristiques physiques telles que la pénétrabilité, le point de ramollissement et la résistance thermique. L'amélioration de la stabilité Marshall a un impact positif sur l'enrobé modifié par la modification par DP.

Mots - clés : bitume, DP, enrobé bitumineux, Marshall.

Abstract- It will be essential to have a better performing pavement in the face of traffic growth and aggressive climatic conditions. There are many additives available to improve the characteristics of bitumens. Polymers are among the most commonly used additives to modify bitumens, but the majority of them are virgin polymers. The objective is to find high-performance additives that are easy to incorporate into bituminous matrices and affordable. Non-biodegradable polymer waste can indeed play a role in implementing a sustainable strategy for road construction. This not only allows us to recover the modifying raw material at a lower cost, but also to address the ecological problem posed by the increase in the use of waste. The objective of this study is to analyze the impact of plastic waste on the physical properties of modified bitumens and on the mechanical properties of updating asphalt concrete. According to the study, the addition of waste plastic (WP) in the binder improves its physical characteristics such as penetration, softening point and thermal resistance. The improvement of Marshall stability has a positive impact on the asphalt modified by WP modification..

Keywords : bitumen, DP, bituminous coating, Marshall.

1-Introduction

Le bitume dans sa forme classique ne garantit plus un bon fonctionnement des routes [1]. Le bitume est fragile à basse température (fissuration de la chaussée), visqueux à haute température (problèmes d'orniérage). En outre, le bitume présente une

sensibilité au vieillissement et ses caractéristiques se détériorent au cours du temps. [1-2].

Différents additifs peuvent être employés afin d'améliorer les caractéristiques

<http://revue.enstp.edu.dz/>

des bitumes. Les polymères sont les additifs les plus couramment employés pour modifier les bitumes, parmi lesquels les plastomères et les élastomères, mais la plupart d'entre eux sont des polymères vierges [3]. Il est compliqué de trouver des polymères vierges et ils sont peu économiques lorsqu'ils sont employés comme modificateurs. Nous sommes à la recherche d'additifs performants, simples à incorporer dans des matrices bitumineuses et abordables du point de vue financier. L'incorporation de déchets dans enrobés routiers améliore non seulement les performances des chaussées et réduit la pollution de l'environnement, mais réduit également la nécessité d'utiliser des polymères vierges dans les chaussées, permettant ainsi de réaliser des économies de coûts à long terme.

Au cours des dernières années, la quantité de déchets a augmenté considérablement, par exemple, la production annuelle de 4 à 5 billions de sacs en plastique polyéthylène à travers le monde. [4]. Avec 6 milliards de sacs par an, l'Algérie occupe la cinquième place mondiale en termes de consommation [5]. Les déchets de polymères non biodégradables peuvent en effet jouer un rôle dans la mise en place d'une stratégie durable pour la construction des routes. Cela nous offre non seulement la possibilité de récupérer le matériau brut modificateur à un prix abordable, mais aussi une réponse à la menace écologique causée par l'augmentation de l'utilisation de déchets (non biodégradables).

L'objectif de cette étude est d'améliorer les caractéristiques des bitumes modifiés et des enrobés bitumineux modifiés par l'ajout de déchets plastiques.

2- Matériaux utilisés

2.1- Identification du bitume

Le bitume pur, utilisé dans cette étude, est de grade 35/50. Il provient de l'entreprise des travaux publics EVSM de Réghaia (Alger).

2.2- Le déchet plastique alimentaire (DP)



Figure 1: Déchets plastique

Les matériaux plastiques employés dans cette étude proviennent de sacs d'emballage alimentaire. Pour préparer le déchet plastique, il est nécessaire de découper les sacs en petits morceaux de 2 à 5 mm de longueur. L'essentiel des déchets plastiques rougeâtres utilisés est composé de polypropylène. Le plastique utilisé a une formule chimique de $(C_3H_6)_n$ et une densité de $0,9 \text{ g/cm}^3$ [9-10]

2.3- Les granulats

Les granulats utilisés dans cette étude sont les plus fréquemment employés par les entreprises dans la construction des chaussées. Les granulats de classe 0/3, 3/8 et 8/15 utilisés dans notre recherche proviennent de la carrière de Haoud El-Hamra, wilaya de Ouargla.

4- La modification

La modification a été réalisée au laboratoire de routes de la faculté de génie civil de l'USTHB (Algérie). Nous avons pour cela utilisé, un appareillage se composant :

- d'un agitateur électrique ;
- d'un thermomètre allant de -40°C à 250°C ;
- d'un récipient.

Nous avons adopté les paramètres suivants :

- Une température du mélange de $180 \pm 7^\circ\text{C}$;
- Une vitesse de malaxage : $600 \text{ tr/min} \pm 7 \text{ tr/min}$;
- Une durée de malaxage de 2 heures.

4- Résultats et discussion

4.1- Pénétrabilité à 25°C

La figure ci-dessous présente les résultats de la pénétrabilité des bitumes en fonction de la teneur en DP.

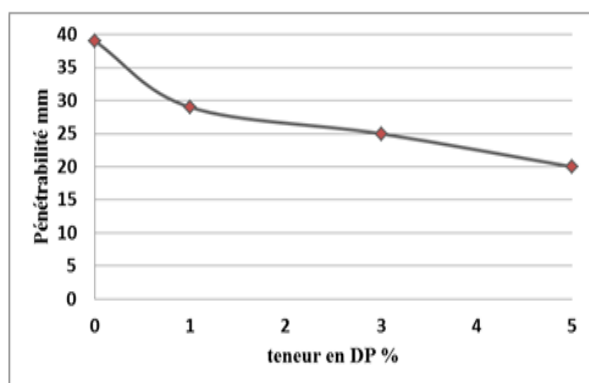


Figure 02 : Pénétrabilité des bitumes modifiés

Il est observé que la pénétrabilité diminue en fonction de la quantité de polymères présents. En comparaison avec le bitume pur, les bitumes modifiés présentent une consistance accrue, ce qui démontre que les bitumes créés à partir de déchets peuvent avoir un comportement plus performant à haute température. Dans l'ensemble, l'ajout de déchets DP peut augmenter la rigidité du bitume et améliorer sa résistance aux déformations à haute température. [6].

4.2- Température de ramollissement

La figure ci-dessous illustre les résultats de la température de ramollissement en fonction de la quantité de DP.

Selon les résultats de la figure 3, il est observé que la TBA augmente lorsque la teneur en DP augmente. Effectivement, l'ajout de 5% DP entraîne une augmentation d'environ 12% de la

TBA par rapport au bitume de base. Les conclusions de la TBA montrent clairement que l'utilisation d'additifs (DP) améliore les propriétés du bitume à des températures élevées. Il y a une corrélation proportionnelle entre la TBA et la résistance à l'orniérage, selon certains articles.[6-8]. Effectivement, lorsque la TBA augmente, la résistance à l'orniérage augmente également. Cela démontre que les bitumes transformés à partir de déchets plastiques améliorent la résistance à l'orniérage des chaussées bitumineuses conçues à partir de ces déchets.

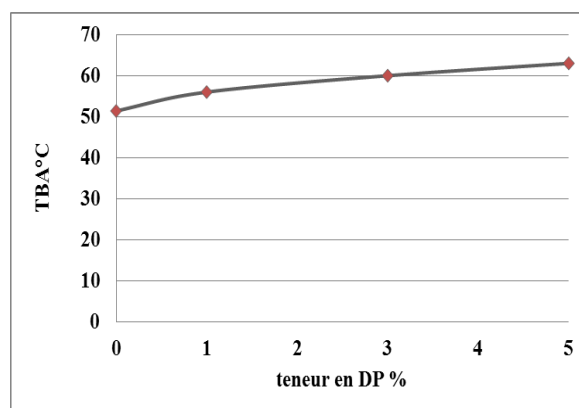


Figure.03 : TBA des bitumes modifiés

4.3. Stabilité Marshall (SM)

La figure 4 représente la variation de la stabilité Marshall en fonction de la teneur en déchet plastique.

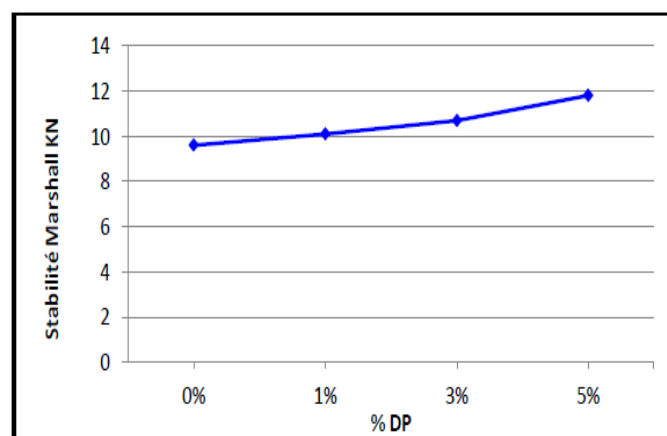


Figure 6.3 Stabilité Marshall.

On remarque que la SM augmente avec l'augmentation de la teneur en polymère et qu'elle est toujours plus petite que celle du bitume de base. L'incorporation du déchet plastique dans le bitume influe positivement sur la stabilité Marshall pour les différentes teneurs étudiées. Cette stabilité est maximale pour 5% de déchet plastique.

5. Conclusion

Les résultats des analyses traditionnelles ont démontré que l'incorporation de déchet plastique dans le bitume modifie les caractéristiques des bitumes. La dureté du bitume modifié est supérieure à celle du bitume pur. Effectivement, la pénétrabilité des bitumes diminue tandis que le point de ramollissement augmente avec l'ajout de polymères.

Selon les résultats des tests réalisés, il est observé que les bétons bitumineux modifiés présentent une meilleure performance mécanique par rapport aux autres bétons bitumineux. Les résultats sur les enrobés bitumineux démontrent également que les bétons bitumineux modifiés présentent une meilleure performance mécanique par rapport aux autres bétons bitumineux.

Références bibliographiques

- [1] Ruoyu Li, Feipeng Xiao, Serji Amirkhanian, Zhanping You, and Jia Huang., *Developments of nano materials and technologies on asphalt materials – A review.*, Constr. Build. Mater., no. 143 633–648., 2017.
- [2] D. Kuang and al., *Performance evaluation and preventive measures for aging of different bitumen's.*, Construction and Building Materials, Vol.66, 209., 213, 2014.
- [3] Sengoz, B., & Isikyakar, G. (2008), *Evaluation of the properties and microstructure of SBS and EVA polymer modified bitumen.*, Construction and Building Materials, 22
- [4] Fethiza Ali Boubaker. *Contribution à l'étude du comportement des enrobés bitumineux modifiés par l'association du NBR*

et de déchets plastiques., Thèse de doctorat., USTHB., 2021.

- [5] Nouali, M., Derriche, Z., Ghorbel, E., & Chuanqiang, L. *Plastic bag waste modified bitumen a possible solution to the Algerian road pavements.*, Road Materials and Pavement Design, 1-13., 2019.
- [6] X. Lu, U. Isacsson ., *Effect of ageing on bitumen chemistry and rheology.*, Elsevier Science Ltd, Construction and Building Materials, Vol. 16, 15 pp 22, 2002.
- [7] A. Suleiman, R. Mohd ., *The effect of aging on bitumen properties modified with styrene-butadiene-styrene (SBS) polymer.*, ARPN Journal of Science and Technology, Vol. 2, NO. 7, August 2012.
- [8] S. Saoula, K. Soudani, S.Haddadi and al., *Analysis of the Rheological Behavior of Aging Bitumen and Predicting the Risk of Permanent Deformation of Asphalt.*, Materials Sciences and Applications, 4, 312-318, 2013.
- [9] Boubaker Fethiza Ali, Khedoudja Soudani & Smail Haddadi., *Effect of waste plastic and crumb rubber on the thermal oxidative aging of modified bitumen.*, Road Materials and Pavement Design, DOI: 10.1080/14680629.2020.1820893. 27 Sep 2020
- [10] Fethiza ali, B., Bennour, E. D., Soudani, K., & Haddadi, S., *Contribution to the study of modified bitumen behavior by the association (EVA-NBR-plastic waste) to aging.*, Procedia Computer Science, 3rd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneur ship (WOCTINE), 21st to 23rd., June 2019