
Valorisation des huiles de vidange et des déchets de sachets plastique pour améliorer les caractéristiques des bitumes

NOUALI Mohammed¹, GHORBEL Elhem², DERRICHE Zohra¹

¹ Laboratoire Travaux Publics ingénierie des Transports & Environnement (LTPiTE), Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics - Francis Jeanson, Rue Sidi Garidi Vieux Kouba, Alger, Algeria. Postal address 16051. Email : m.nouali@enstp.edu.dz

² Laboratoire de Mécanique et Matériaux de Génie Civil (L2MGC), Cergy-Pontoise University, Voie Mail Gay-Lussac, Ville Neuville-sur-Oise Cergy-Pontoise, Paris, France. Postal address 95031. Email : elhem.ghorbel@u-cergy.fr

RÉSUMÉ. Les déchets de sachets en plastique et les huiles de vidange usagées constituent une menace réelle pour l'environnement. Le but de cette contribution est d'étudier la possibilité d'utiliser ces deux déchets, à savoir les sacs en plastique et l'huile de vidange, pour améliorer les propriétés physiques et rhéologiques du bitume. L'huile de vidange a été utilisée pour enrichir la fraction huileuse (Maltènes) du bitume afin d'assurer une meilleure dispersion des déchets plastiques dans la matrice bitumineuse. Les mélanges bitumes+ huile de vidange+ plastique apparaissent plus homogènes comparativement au bitume-plastique sans huile. L'ajout de 2% d'huile de vidange améliore significativement la séparation de phase observé entre le bitume et le plastique.

ABSTRACT. Waste plastic bags and waste engine oil are a real threat to the environment. This contribution studies the possibility of using these waste categories i.e. plastic bags and used engine oil to improve the properties of bitumen. Used engine oil is added to enrich the light components of the bitumen (Maltenes) to help ensure a better dispersion of the plastic waste in the bituminous matrix. It was effectively noticed that the mixture bitumen + waste engine oil +plastic appeared visibly more homogeneous than the mixture bitumen +plastic without plastic. The addition of 2% of waste engine oil improves significantly the phase separation observed between the bitumen and the plastic.

MOTS-CLÉS : bitume, bitume modifié, déchet de sachet plastique, huile de vidange, valorisation des déchets.

KEYWORDS : bitumen, modified bitumen, waste plastic bag, used engine oil, waste recovery.

1. Introduction

La stabilité et la durabilité des chaussées bitumineuses dépend largement des propriétés rhéologiques du bitume, car il est le seul composant déformable dans l'enrobé bitumineux. Ces dernières années, plusieurs types de polymères ont été testés dans le but est d'améliorer les performances des bitumes et des enrobés bitumineux, notamment la résistance à l'orniérage à haute température, la résistance à la fissuration à basse température, et la durée de vie des chaussées bitumineuses [JIQ 14]. Étant donné que les polymères vierges sont relativement coûteux, l'utilisation de déchets comme modificateur du bitume a été largement étudiée afin d'améliorer les performances mécaniques des mélanges bitumineux et de réduire le gaspillage de matériaux [NAS 17, SAR 17, KAL 12, AHM 11, VAS 12]. Les effets de l'incorporation de déchets de sacs en plastique sur les propriétés rhéologiques du bitume et sur les performances mécaniques d'un enrobé bitumineux ont été étudiés dans une recherche précédente [NOU 19]. En raison de la faible proportion des huiles aromatiques dans le bitume, le liant modifié devient visuellement hétérogène et le processus de modification devient difficile à réaliser Au-delà d'une faible proportion de plastique. La fraction huileuse dans le bitume est considérée comme la fraction principale responsable de l'homogénéisation et de la dispersion des polymères dans la matrice bitumineuse pour atteindre un bon niveau de compatibilité [JIQ 14].

L'objectif principal de cet article est d'enrichir la fraction huileuse du bitume de base par l'incorporation d'huile de vidange usagée afin d'obtenir un mélange homogène de bitume modifié par les déchets des sacs en plastique. Cette technique peut constituer une meilleure solution pour réduire les déchets plastiques et l'huile de vidange usagée.

2. Matériaux et procédures utilisés

Le bitume pur utilisé dans cette étude est de classe 50/70. Les déchets de sachets en plastique utilisés sont principalement composés de polyéthylène basse densité (PEBD) de formule chimique générale $(C_2H_4)_n$, caractérisée par une densité comprise entre 0.915-0.935 avec une température de fusion de 110-120°C. L'huile de vidange de véhicules légers utilisée dans cette étude a été récoltée de chez des garagistes. La figure 1 montre que l'huile de vidange a un comportement newtonien explicité par la relation linéaire entre le taux de cisaillement et la contrainte de cisaillement. La valeur de sa viscosité est 0,134 Pa.s.

2.1. Préparation des bitumes modifiés : bitume-huile et bitume-huile+plastique

Le mélange bitume-huile est malaxé à 170 °C durant 15 minutes avec une vitesse de malaxage de 600 tr/min. Les pourcentages de 1 à 5 % d'huile de vidange en masse du bitume ont été testés. Le mélange bitume-huile a été caractérisé par l'essai de pénétrabilité et de point de ramollissement selon les normes NF EN 1426 et 1427 respectivement. Pour la préparation du bitume modifié par les sacs en plastique, les particules de plastique déchiquetés, de taille de 2-5 mm, ont été ajoutés au bitume+ 2% huile de vidange et mélangés à 170 °C avec un agitateur à une vitesse de cisaillement de 1200 tr / min pendant 60 min. La teneur en plastique a été fixée à 0.7% de plastique en masse du bitume.

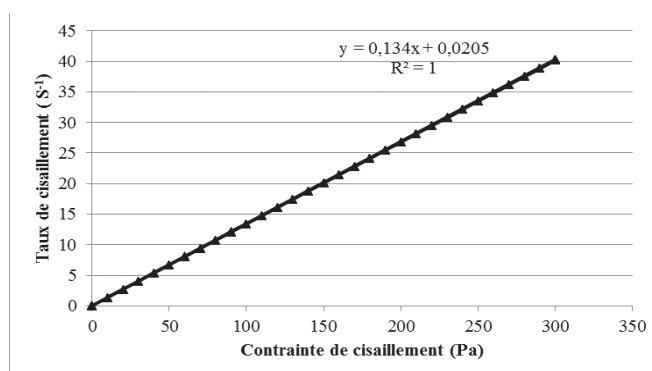


Figure 1: Courbe de viscosité de l'huile de vidange

3. Résultats et discussion

3.1. Effet de l'huile de vidange sur le bitume pur

Les résultats de la figure 2 montrent clairement que l'ajout d'huile de vidange (HV) ramollit le bitume pur. En effet la pénétrabilité augmente de 52.47 jusqu'à 97.7 (dmm) pour 5 % HV. Le point de ramollissement diminue de 50 à 41.1 °C pour 5% HV. La classe du bitume a été changée après l'ajout de 3% de l'huile de vidange à 70/100. Les résultats montrent que l'ajout de l'huile de vidange augmente l'aromaticité de la fraction malténique du bitume pur.

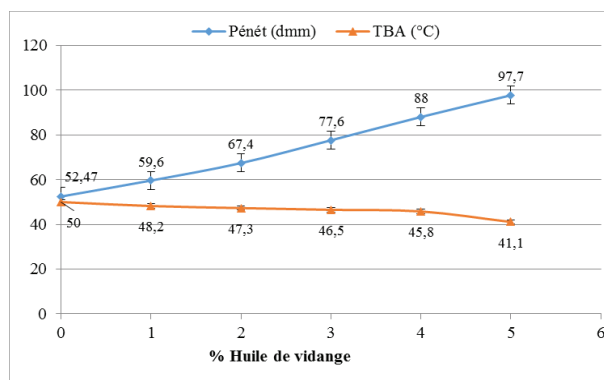


Figure 2: Variation de la pénétrabilité et point de ramollissement en fonction de l'huile de vidange

3.2. Effet de l'ajout de sachet plastique sur le bitume pur et le bitume-huile

Il est important de rappeler que l'huile de vidange est utilisée dans cette étude pour augmenter la fraction aromatique du bitume de base à l'effet d'aider à la dispersion et l'homogénéisation des particules de plastique dans le bitume. L'huile de vidange a montré des effets négatifs sur les performances mécaniques du bitume, et selon Jia (2014) la quantité d'huile de vidange doit être strictement limitée [JIA 14]. Le pourcentage de 2% d'huile de vidange a été fixé dans cette étude.

3.2.1. Pénétrabilité et point de ramollissement

A la fin de la modification on a remarqué que le bitume modifié par l'association de l'huile de vidange et du plastique apparaît plus homogène à vue d'œil, avec l'absence des petites particules qui étaient visibles dans le bitume modifié par le plastique sans l'ajout de l'huile de vidange. Les résultats de la figure 3 montrent que la pénétrabilité diminue après l'ajout du plastique. Le bitume devenant plus dur avec l'ajout de plastique de sachet. La pénétrabilité diminue de 52.47 pour le bitume pur (BP) à 43.8 pour le bitume+2% huile+ 0.7% plastique (BP+2HV+0,7P) et à 37.87 pour le bitume + 0.7% plastique (BP+0,7P). L'augmentation de la consistance du bitume après l'ajout de déchets de sachet plastique peut améliorer le module de rigidité donnant ainsi un enrobé à haut module. L'ajout de déchets de sachet plastique améliore la température de ramollissement du bitume pur. En effet, la température bille-anneau augmente de 50 pour le bitume pur à 55.5 °C pour le bitume + 2% huile+ 0.7% plastique et à 56°C pour le bitume + 0.7% plastique. L'augmentation de la température de ramollissement après l'ajout de déchets de sachets plastique présage l'amélioration de la résistance aux déformations permanentes «l'ornièrage» de l'enrobé bitumineux.

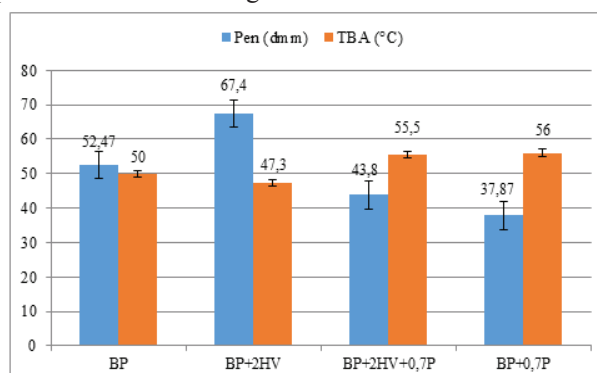


Figure 3 : Résultats de pénétrabilité et du point de ramollissement des bitumes modifiés

3.2.2. Rhéologie du bitume modifié par l'huile de vidange et les déchets plastique

La détermination du module complexe G^* et la tangente de l'angle de phase $\tan(\delta)$ permet de caractériser le comportement viscoélastique d'un bitume et sa susceptibilité à la déformation. Le module complexe peut donc être représenté par : $G^* = G' + iG''$, avec : $G' = |G^*| \cos \delta$ et $G'' = |G^*| \sin \delta$

G' est la composante élastique du module complexe, appelé module de conservation. G'' est la composante visqueuse du module ou module de perte. La tangente de l'angle de phase δ peut être exprimée par le rapport de la contribution visqueuse à la contribution élastique : $\tan \delta = G''/G'$. La figure 4.A et 4.B montre les isothermes du module complexe à 20°C et 80°C respectivement. On remarque qu'à la température de 20°C le bitume+2%HV +0.7%P présente une faible rigidité comparativement au bitume pur et au bitume+0.7P. A haute température, 80°C, le bitume+2%HV +0.7%P présente des modules complexe supérieure à celle du bitume pur et toujours inférieurs à celles du bitume+0.7%P sur toutes les plages des fréquences testées.

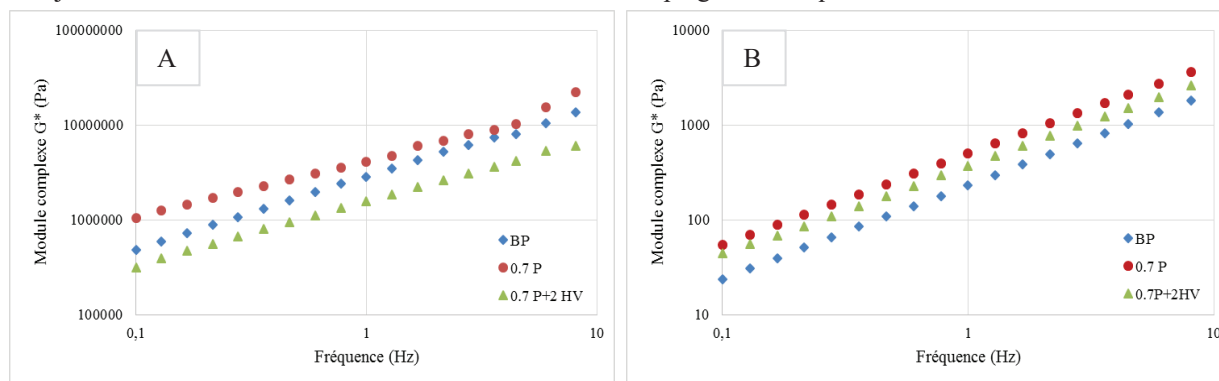


Figure 4 : Isothermes du module complexe à 20°C (A) et à 80°C (B).

La figure 5.A et 5.B montre les isothermes de la tangente de l'angle de phase à 20°C et 80°C respectivement. On remarque qu'à la température de 20°C la variation de la tangente de l'angle de phase du bitume+2%HV +0.7%P est pratiquement similaire à celle du bitume pur, le bitume +0.7%P présente des valeurs basses de la tangente de l'angle de phase à cette température comparativement au bitume pur et au bitume+2%HV +0.7%P. A 80°C, le bitume+2%HV +0.7%P présente des valeurs de l'angle de phase très basses comparativement au bitume pur et au bitume+0.7%P. La diminution de la valeur du tangente de l'angle de phase pour le bitume+2%HV+0.7P est un indicateur de l'amélioration des propriétés élastiques du liant à haute température.

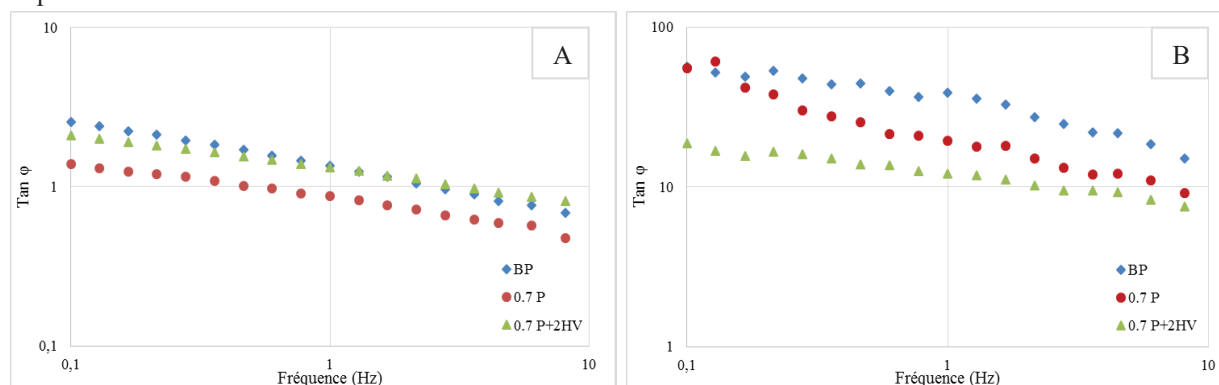


Figure 5 : Isothermes de la tangente de l'angle de phase à 20°C (A) et à 80°C (B).

Les résultats des isochrones du module complexe à 1.6 Hz sont schématisés dans la figure 6.A. On remarque que le bitume +0.7%WP présente des modules supérieurs à celles du bitume pur et du bitume+2%HV +0.7%WP sur toutes les plages de températures testées. A basse température le bitume+2%HV +0.7%WP présente des modules inférieurs à celles du bitume pur. A partir de 40 °C le module complexe du bitume+2%HV +0.7%WP devient supérieur à celles du bitume pur.

La variation des paramètres d'orniérage ($G^*/\sin \delta$) en fonction de la température est présentée dans la figure 6.B. La température à laquelle le rapport $G^*/\sin \delta \geq 1$ kPa (à la fréquence de 1,6 Hz) est considérée comme la température du bitume au-dessus de laquelle il y a risque de déformation irréversible. Les résultats montrent que le paramètre ($G^*/\sin \delta$) du bitume+0.7%P est plus élevé que celle du bitume pur est du bitume+2%HV+0.7%P. A partir de 50 °C le paramètre ($G^*/\sin \delta$) du bitume+2%HV+0.7%P devient supérieure à celle du bitume pur. Le paramètre ($G^*/\sin \delta$) montre que les deux bitumes modifiés présentent une bonne résistance à l'orniérage comparativement au bitume pur.

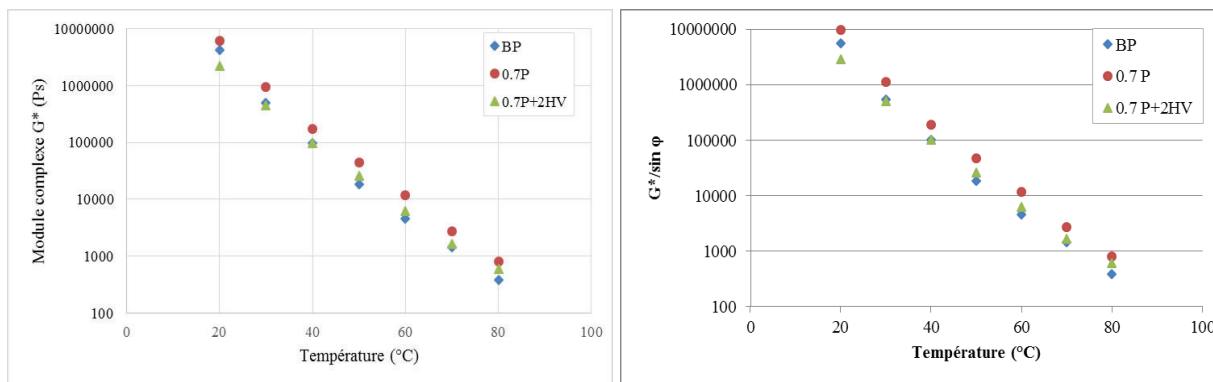


Figure 6: Isochrones du module complexe (A) et du $G^*/\sin\phi$ (B) à 1.6 Hz

4. Conclusion

Le but de cette recherche visait à identifier une solution appropriée pour recycler les sacs en plastique et l'huile de vidange afin d'améliorer les propriétés physiques et rhéologiques des bitumes. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation d'huile de vidange ramollit le bitume pur. En effet, la valeur de pénétration augmente et la température de ramollissement diminue. La quantité de 2% de l'huile de vidange a été utilisée pour enrichir la fraction huileuse du bitume de base dans le but est d'aider à la dispersion du plastique dans la matrice bitumineuse. Le bitume modifié par l'association de l'huile de vidange et du plastique apparaît plus homogènes comparativement au bitume modifié par le plastique sans l'ajout de l'huile de vidange. A haute température, le bitume+2%HV +0.7%P et le bitume+0.7%P ont présenté des modules complexes supérieurs à celles du bitume pur sur toutes les plages des fréquences testées. Les Isothermes de la tangente de l'angle de phase ont montré l'amélioration des propriétés élastiques du bitume à haute température après l'ajout de l'association de l'huile de vidange et les déchets plastique. Le paramètre ($G^*/\sin \delta$) montre que les deux bitumes modifiés présentent une bonne résistance à l'orniérage comparativement au bitume pur. L'ajout de 2% d'huile de vidange améliore significativement la séparation de phase observé entre le bitume et le plastique.

5. Bibliographie

- [AHM 11] AHMADINIA, E., ZARGAR, M., KARIM, M. R., MAHREZ A., & PAYAM S., «Using waste plastic bottles as additive for stone mastic asphalt». *Materials and Design*, Vol 32, 2011, pp. 4844–4849.
- [JIQ 14] JIQING, Z., BJÖRN, B., & NIKI, K., «Polymer modification of bitumen: Advances and challenges ». *European Polymer Journal*, Vol 54, 2014, pp. 18–38.
- [JIA 14] JIA, X., HUANG, B., BOWERS B. F., ZHAO, S., « Infrared spectra and rheological properties of asphalt cement containing waste engine oil residues» *Construction and Building Materials*, vol 50, 2014, pp. 683–691.
- [KAL 12] KALANTAR, Z. N., KARIM, M. R., & MAHREZ, A., « A review of using waste and virgin polymer in pavement ». *Construction and Building Materials*, Vol 33, 2012, pp. 55-62.
- [NOU 19] NOUALI, M., DERRICHE Z., ELHEM, G., & CHUANQIANG, L., «Plastic bag waste modified bitumen a possible solution to the Algerian road pavements» *Road Materials and Pavement Design*, 2019, DOI: 10.1080/14680629.2018.1560355.
- [NAS 17] NASR, D. & PAKSHIR A. H., «Rheology and storage stability of modified binders with waste polymers composites». *Road Materials and Pavement Design*, 2017, DOI: 10.1080/14680629.2017.1417152.
- [SAR 17] SARA, F., LILIANA, C., HUGO, S., & JOEL O., « Effect of incorporating different waste materials in bitumen ». *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, Vol 29, 2017, pp. 204-209.
- [VAS 12] VASUDEVAN, R., RAMALINGA, C. S. A., SUNDARAKANNAN, B., & VELKENEDY, R., «A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements». *Construction and Building Materials*, Vol 28, 2012, pp. 311-320.