

Research Paper

Contribution à L'étude du Comportement du Bitume Modifié au Vieillissement

Boubaker FETHIZA ALI^{a,b}

1. Département d'Hydraulique et de Génie Civil, Faculté de technologie .Université d'Eloued

2. Laboratoire Environnement, Eau, Géomécanique et Ouvrages (LEEGO), USTHB, Algérie

fethizaali-boubaker@univ-eloued.dz

ARTICLE INFO

Article history:

Received 00 July.2024

Received in revised form 00 August.2024

Accepted 00 September 2024

Keywords:

Keyword 1; bitume; modification;
Vieillissement; NBR

ABSTRACT

Dans cette étude nous nous proposons l'incorporation de polymères dans le bitume. Nous avons utilisé un déchet industriel en forme de poudrette de caoutchouc (NBR). Il s'agit dans le présent article d'étudier l'incidence du vieillissement sur le bitume modifié. Le mécanisme de vieillissement des bitumes a été étudié en réalisant les essais au laboratoire de simulation du vieillissement à court terme et long terme (Rolling Thin Film Oven Test RTFOT et Pressure Aging Vessel PAV). Les caractéristiques physiques des bitumes modifiés après le vieillissement ont été évaluées avec deux essais empiriques (Pénétrabilité, Température de ramollissement Bille et anneau). L'étude expérimentale sur le vieillissement a montré que les bitumes modifiés subissent un vieillissement après leur passage à l'essai RTFOT et après PAV. Ce vieillissement s'exprime par une diminution de la pénétrabilité, une augmentation de la température bille et anneau (TBA). Et l'effet du vieillissement à long terme (après PAV) est plus important que celui à court terme (après RTFOT).

1. Introduction

La durabilité et les performances des chaussées dépendent principalement des matériaux dont les caractéristiques ne sont pas constantes, mais évoluent avec le temps comme toutes autres substances organiques. Ils sont soumis à des changements notables dus aux conditions environnementales durant leurs différentes phases d'utilisation. Comme toute matière d'origine organique, les bitumes sont soumis, en effet à des phénomènes de vieillissement qui entraînent des modifications de leurs paramètres mécaniques et rhéologiques et de leur structure chimique [2]. Le vieillissement du bitume est l'un des principaux facteurs responsables de la détérioration des chaussées bitumineuses en raison de l'exposition prolongée à l'air et aux conditions environnementales. [3]. Dans Le composant, la structure chimique et la morphologie du bitume peuvent être modifiés en raison du vieillissement au

* Corresponding author. Tel.: 0675450988

E-mail address: fethizaali-boubaker@univ-eloued.dz

cours du stockage, de mélange, de transport et de pose, et à long terme en service [4]. Ce vieillissement des bitumes, fait perdre aux revêtements bitumineux Leur flexibilité, engendre une augmentation de la rigidité de l'enrobé et provoque la dégradation de l'enrobé lui-même causée par le phénomène de fatigue structurale. Ce phénomène est du essentiellement aux des mécanismes suivants :

- La volatilisation (évaporation) des huiles présentes dans le bitume à cause des températures élevées au cours de la fabrication des enrobés bitumineux;
- La dégradation de certaines huiles par l'effet de la lumière (la photo dégradation) ;
- L'oxydation produite par les réactions avec l'oxygène de l'air ambiant.

Ce vieillissement des bitumes est un processus très complexe qui est influencé par de nombreux facteurs : la température, la lumière (ultraviolets), l'épaisseur du film de bitume, Le pourcentage des vides [8]. Il y a deux mécanismes fondamentaux impliqués dans le vieillissement du liant. Le mécanisme principal de vieillissement est irréversible, caractérisé par les modifications chimiques du bitume, constitué d'oxydation des molécules de bitume et perte de composants volatils qui a ensuite un impact sur les propriétés rhéologiques des liants [5-7]. Ce processus est influencé par la nature chimique du bitume. Lors du vieillissement, une partie des huiles aromatiques oxydées subit une polycondensation qui les convertit en résines et les résines se condensent en agrégats d'asphaltènes selon le schéma de transformation suivant :

Cycliques $\Rightarrow$ Résines $\Rightarrow$ Asphaltènes

Le deuxième mécanisme est un processus réversible appelé durcissement physique. Il se traduit par une augmentation de la viscosité sans modification chimique des constituants [1,5]. Pour les bitumes modifiés (PMB), les mécanismes du vieillissement sont influencés par les caractéristiques du bitume et polymère, aussi bien que l'interaction moléculaire entre les deux composants [9]. Le vieillissement est un phénomène lié au degré de modification de la structure chimique du bitume. Dans la pratique, le vieillissement s'effectue en deux étapes : à court terme lors de l'enrobage et à long terme, sur la chaussée. Pour réduire la portée de ces phénomènes, diverses technique ont été entreprises ; parmi lesquelles, la modification des liants avec des polymères. L'objectif de cette étude est de déterminer l'influence de la modification des bitumes par NBR sur le vieillissement. L'étude expérimentale sur le vieillissement a montré que les bitumes modifiés subissent un vieillissement après leur passage à l'essai RTFOT et après PAV. Ce vieillissement s'exprime par une diminution de la pénétrabilité, une augmentation de la température bille et anneau (TBA) et une diminution de la ductilité. Et l'effet du vieillissement à long terme (après PAV) est plus important que celui à court terme (après RTFOT).

2. Matériaux utilisés

2.1. Identification du bitume

Le bitume pur, utilisé dans cette étude, est de classe 35/50. Il provient de l'entreprise des travaux publics EVSM de Réghaia (Alger). Le tableau 1 résume les résultats des différents essais effectué sur le bitume. Le tableau 1 montre que les caractéristiques de ce bitume coïncident avec les spécifications en vigueur en Algérie de la classe (35/50)

Tableau 1. Caractéristiques du bitume

Type d'essai		Résultat	Specification
Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)		44	35 – 50
Température bille et anneau « TBA » (°C)		51.2	50-58
Indice de pénétrabilité « IP » (méthode LCPC)		0.53	$-3 \leq IP \leq +7$
Ductilité (cm)		>100	100
Après RTFOT	Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)	31	
	TBA (°C)	58	> 52
	Pénétrabilité restante [%]	70.45	> 53
	Δ TBA [°C]	6.8	< 8

2.3. Le déchet industriel C' est un déchet industriel de couleur noirâtre sous forme de poudrette provenant de la société d' application d' élastomère (SAEL). L' analyse granulométrique montre que la poudrette de caoutchouc est constituée de grains inférieurs à 0,8 mm. La densité de la poudrette est de 1,22 mesurée par rapport à l' éthanol dont la densité est de 0,79.

3. La modification

La modification a été réalisée au laboratoire de routes de la faculté de génie civil de l'USTHB (Algérie) [7]. Nous avons pour cela utilisé, un appareillage se composant :

- d'un agitateur électrique à hélice muni d'un variateur de vitesse de rotation,
- d'un thermomètre allant de – 50 °C à 250 °C,
- d'un récipient dans lequel on effectue la modification, ce dernier est équipé d' un couvercle hermétique pour empêcher l'évaporation des huiles du bitume lors du chauffage.

Nous avons adopté les paramètres de modification suivants :

- Une température du mélange de $180 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Une vitesse de malaxage : $600 \text{ tr/min} \pm 10 \text{ tr/min}$.
- Une durée de malaxage de 2 heures.

4. Procédures de vieillissement

Le vieillissement des liants a été réalisé en utilisant respectivement le RTFOT (NF EN 12607-1) et le PAV (AASHTO

PP1).

4.1. Essai RTFOT "Rolling Thin Film Oven Test" (NF EN 12607-1)

L'essai RTFOT est employé pour caractériser le vieillissement des bitumes pendant la fabrication et la mise en place d'un enrobé. L'essai consiste à soumettre le bitume en film mince à une température de 163 °C pendant 75 minutes, en l'exposant à un flux d'air chaud dont le débit est contrôlé. On mesure ensuite les propriétés habituelles sur le liant vieilli : pénétrabilité et température de ramollissement bille et anneau. Ces valeurs, dites après RTFOT, sont alors comparées aux valeurs initiales.

4.2. Essai PAV "Pressure Aging Vessel"(AASHTO PP1)

Le PAV pour caractériser le vieillissement des bitumes in-situ (après 7 à 8 années de service). Le résidu de l'essai RTFOT est chauffé et versé dans des plateaux métalliques (coupelles contenant environ 50g de liant) qui constituent les éprouvettes de l'essai PAV. Ces plateaux sont rangés dans un rack qui sera placé dans un récipient dans une enceinte thermique. A la température de l'essai (100°C), une pression d'air de 21 Mpa est appliquée dans le récipient. Après une durée de vingt heures, la pression est diminuée lentement (8 à 10 minutes). Les plateaux d'éprouvettes sont placés ensuite dans un four à 170°C pendant 30 minutes. On mesure alors les propriétés habituelles du liant : pénétrabilité et température de ramollissement bille et anneau. Ces valeurs, dites après PAV. Sont alors comparées aux valeurs initiales et aux valeurs obtenues après RTFOT. L'essai de vieillissement au PVA est applicable aux bitumes modifiés par des polymères sans difficulté particulière.

5. Résultats et discussion

5.1. Pénétrabilité à 25 °C

Les résultats de la pénétrabilité des bitumes en fonction la teneur en NBR après leurs passages au RTFOT et au PAV sont donnés dans la figure suivante

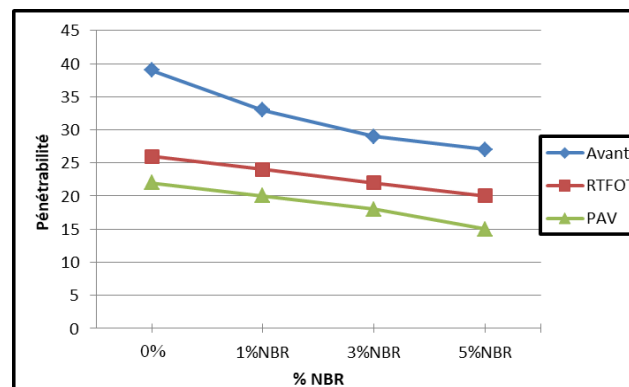


Figure.01: Pénétrabilité des bitumes modifiés avant et après vieillissement

On remarque que la pénétrabilité des bitumes diminue significativement après leurs passages au RTFOT et au PAV en raison du durcissement physique des liants, ce durcissement est dû à l'évaporation des composants volatils du bitume.[26]. Par rapport la différence entre les valeurs de pénétrabilité avant et après RTFOT diminue après l'ajout les déchets plastiques indiquant que les déchets augmentent la résistance au durcissement. Concernant le vieillissement à court terme, on peut remarquer que la différence entre la variation de la pénétrabilité avant et après RTFOT est plus grande que celle

entre RTFOT et PAV montrant que le processus de durcissement est plus important à court terme, lors de la mise en œuvre de l'enrobé bitumineux.

5.2. Point de ramollissement

Les résultats de la température de ramollissement en fonction de la teneur en NBR de modification avant et après vieillissement sont schématisé par la figure suivante

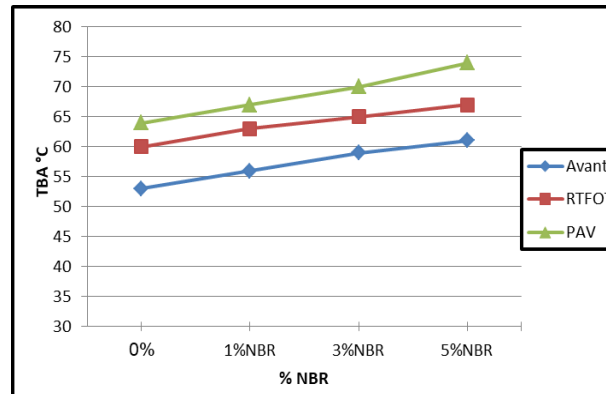


Figure.02: Pénétrabilité des bitumes modifiés avant et après vieillissement

Les résultats de la figure 2 montrent que la température de ramollissement augmente après RTFOT et PAV. Comparativement au bitume pur, la différence entre les valeurs de TBA avant et après RTFOT diminue après l'ajout de déchets, montrant que les déchets NBR augmentent la résistance au vieillissement par durcissement, et par voie de conséquence une meilleure durabilité des chaussées. La différence entre la variation de TBA entre RTFOT et PAV est plus grande à celle entre Avant et après RTFOT montrant que le processus de durcissement sur la TBA est plus important à long terme, lors de la mise en service de l'enrobé bitumineux.

5.3. Susceptibilité thermique

Les résultats de l'indice de pénétrabilité (IP) en fonction de la teneur en additif avant et après vieillissement des bitumes modifiés sont présentés dans la figure 3. Selon les résultats de la figure 3, on observe une augmentation de l'indice de pénétrabilité après le vieillissement pour le bitume pur et les bitumes modifiés. Comparativement au bitume pur, l'indice de pénétrabilité augmente considérablement après RTFOT et après PAV pour les bitumes modifiés. L'augmentation de l'IP après RTFOT et après PAV montre que les bitumes modifiés sont moins susceptibles à la variation thermique, ce qui indique que les bitumes modifiés présentent une meilleure résistance au vieillissement, à court et à long terme.

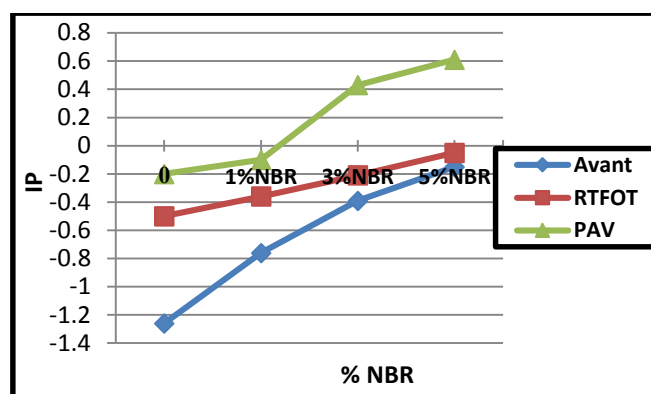


Figure .3. Indice de pénétrabilité des bitumes modifiés avant et après vieillissement

6.Conclusion

Dans cette étude, on a examiné le processus de durcissement du bitume de base et des bitumes modifiés en se basant sur les caractéristiques physiques des liants avant et après leur vieillissement. Selon les résultats, on observe une augmentation significative de la dureté du bitume après son vieillissement, ce qui peut être expliqué par une variation significative des valeurs de pénétrabilité et du point de ramollissement.

L'impact du vieillissement à long terme et à court terme varie selon les bitumes testés. L'impact du vieillissement après PAV est beaucoup plus significatif que celui du vieillissement après RTFOT. L'augmentation de l'indice de pénétrabilité IP du bitume après vieillissement a pour conséquence la diminution de la susceptibilité thermique du bitume, ce qui montre que le vieillissement réduit la susceptibilité thermique des bitumes.

Références

- [1] G. Ramond, C. Such, "Bitumes et bitumes modifiés – relations structures, propriétés, composition" Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées 168: pp 65-87. (1990).
- [2] C. Rebufa., J. Kister, M. Julliard, J. Lamontagne, "Etude comparative du vieillissement des bitumes routiers : Impacts Photochimique Et Thermique" *Journées Franco-Italiennes de la Chimie*, Palais des Congrès de Juan-les-Pins, (2002).
- [3] D. Kuang and al, "Performance evaluation and preventive measures for aging of different bitumen' s" *Construction and Building Materials*, Vol.66, 209 – 213, (2014).
- [4] M.F. Sà Araujo and al, "Rheological and thermal behavior of weathering-aged polymer modified bitumen" *Brzilian Journal of Petroleum and Gas*, Vol. 7 (4), P. 155-167, (2013).
- [5] X. Lu, U. Isacson, "Effect of ageing on bitumen chemistry and rheology" *Elsevier Science Ltd, Construction and Building Materials*, Vol. 16, 15 – 22, (2002).
- [6] A. Suleiman, R. Mohd, "The effect of aging on bitumen properties modified with styrene-butadiene-styrene (SBS) polymer". *ARNP Journal of Science and Technology*, Vol. 2, NO. 7, (August 2012).
- [7] 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).
- [8] D. Si Bachir, "Comportement rhéologique des bitumes modifiés par des polymères : Influence du vieillissement" Thèse de Doctorat en sciences, FGC-USTHB, (2014).
- [9] X. Lu, U. Isacson, "Artificial aging of polymer modified bitumens" Royal Institute of Technology, Division of Highway Engineering, Stockholm, Sweden, (1999).