
Fluage des bétons bitumineux : Influence de la classe du bitume et des polymères

Smail Haddadi*,** — Nadir Laradi* — E. Ghorbel**

*FGC/USTHB. BP 32 El Alia 16111, Bab Ezzouar. Algérie.

smail_haddadi@yahoo.fr

**L2MGC – UMR 7143, IUT Cergy-Pontoise. Rue d'Eragny – Neuville-sur-Oise 95031 Cergy-Pontoise Cedex.

elhem.ghorbel@iutc.u-u-cergy.fr

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. Deux études ont été menées sur le comportement au fluage de mélanges hydrocarbonés. La première vise à étudier l'influence de la classe du bitume alors que dans la seconde l'influence de la modification du liant est traitée. La première étude a montré que la consistance du bitume influe positivement sur la résistance aux déformations permanentes. Dans la seconde étude, un bitume modifié à 5% de poudrette de caoutchouc de pneus usagés améliore le comportement de l'enrobé aux différentes températures.

ABSTRACT : The purpose of this study is to evaluate the permanent deformation of four pure bitumen and modified asphalt mixtures. Conventional and modified asphalt with different polymer percentages were studied under static creep and recovery loading conditions. The study showed that the bitumen's consistence influences positively the permanent deformation resistance and modified bitumen with 5 % of ground tire rubber improves the bituminous mix's behaviour at the various temperature.

MOTS-CLÉS : Bitume, Enrobés, Modification, Polymère, Fluage, Consistance

KEYWORDS : Bitumen, Mixtures, Modification, Polymer, Creep, Consistance.

1. Introduction

L'essai de fluage statique uniaxial est adopté et mis en pratique dans plusieurs entreprises et laboratoires dans le monde. Cet essai simple est utilisé pour la vérification des résultats de l'essai Marshall. Cette vérification est nécessaire pour évaluer la résistance d'un béton bitumineux à la déformation viscoplastique car cette méthode s'est révélée insuffisante (Zawadzki, 1997).

Bien que l'essai de fluage dynamique reflète l'influence du trafic d'une manière plus réaliste, il y a cependant quelques difficultés pour le mener. De plus, le développement de la déformation sous des charges répétées correspond essentiellement à un phénomène de fluage, ce qui veut dire que c'est la durée d'application des charges plus que leur nombre et leur fréquence qui est le phénomène le plus important.

Le déformation permanente est considérée comme étant la première cause générant des dégâts aux enrobés bitumineux à chaud (Masad et al, 2005).

Compte tenu de leur caractéristiques dues à la nature thermoplastique du liant, le comportement des mélanges hydrocarbonés est influencé par les conditions d'environnement : régime de pluies, température. Notons que les mélanges bitumineux sont des corps noirs qui absorbent de la chaleur (Huang, 2004).

Devant l'augmentation du trafic routier, le changement de la silhouette des véhicules et l'accroissement des surcharges, les enrobés traditionnels ne répondent plus aux sollicitations générées, leur amélioration devient nécessaire. Cette amélioration pourrait s'obtenir en modifiant le bitume par ajout de polymère (Hinislioğlu, 2004). L'ajout de polymère au bitume améliore la susceptibilité thermique du liant en augmentant la rigidité du mastic aux températures élevées de service et en réduisant sa rigidité à basses températures (Airey, 2002). Le bitume modifié au polymère résiste aux déformations permanentes responsables des dégradations des chaussées par orniérage et fissuration (Tayfur et al, 2005).

Nous présentons dans cette étude les résultats concernant l'influence des paramètres de formulation (classe du liant) et des paramètres de sollicitation (température de l'essai) sur le comportement en fluage des bétons bitumineux et ensuite les résultats de mélanges bitumineux modifiés aux polymères.

2. Présentation des matériaux

Trois classes granulaires concassées (sable 0/3 de Keddara, gravillons 3/8 et 8/15 de Cap-Djinet) et de trois classes de bitume ont été prélevées à la SONATRO de Oued-Smar (Alger). La poudrette de caoutchouc de pneus usés utilisée pour la modification du bitume a été fournie par la Société Algérienne d'Elastomères (SAEL)

Le sable concassé 0/3 et les gravillons 3/8 et 8/15 proviennent respectivement des carrières de Keddara (Bouira) et de Cap Djinet (Boumerdes). Le sable de Keddara est un sable calcaire à forte teneur en CaCO_3 . Les gravillons de Cap Djinet

sont de nature Siliceuse. Après différents essais (LA, MDE, A, Fragmentation, propreté, etc.), les matériaux choisis présentent, de bonnes caractéristiques en qualités intrinsèques.

Les caractéristiques des trois bitumes sont représentées au tableau 1.

Classe		40/50	60/70	80/100
Avant RTFOT	Pénétrabilité (1/10 mm)	44	57	89
	TBA °C	52	48	44
Après RTFOT	Pénétrabilité (1/10 mm)	29	45	46
	TBA °C	61.9	52	53.7

Tableau 1. *Caractéristiques des bitumes*

Les bitumes polymères sont fabriqués en général par dispersion du polymère dans le bitume sous agitation à chaud. La poudrette de caoutchouc se présente sous forme de granulés de $\phi \leq 200\mu\text{m}$. La modification s'effectue à la vitesse de 300 tr/mn pendant 4 heures à une température comprise entre 175°C et 180°C, sous agitation mécanique (hélice). Les caractéristiques du bitume modifié sont données dans le tableau 2.

Teneur en polymère		0%	3%	5%	7%	10%
Avant RTFOT	Pénétrabilité (1/10mm)	44	30	29	26	22
	TBA (°C)	52	57	57	58	60
Après RTFOT	Pénétrabilité (1/10mm)	29	16	15	14	14
	TBA (°C)	61.9	69	69	70	74

Tableau 2. *Caractéristiques des bitumes modifiés*

3. Méthodologie expérimentale

L'application de la charge se fait par l'intermédiaire de deux plateaux maintenus parallèles quelles que soient les caractéristiques de l'éprouvette testée (BSI, 1995). Un des plateaux est fixe, la course du plateau mobile est de quelques millimètres (Métiche, 2001). La conduite d'un essai de fluage-recouvrance est la suivante :

- Après l'avoir conservée pendant une nuit à la température de l'essai, l'éprouvette totalement immergée est placée entre les deux plaques métalliques dans le bain-marie porté préalablement à la même température (Bitume, 1991).
- Une contrainte de compression $\sigma_0 = 0,14 \text{ MPa}$ est appliquée pendant 1h. La déformation axiale de fluage est mesurée.
- Au bout d'une heure la contrainte σ_0 est supprimée, la déformation de recouvrance est mesurée.

La contrainte de $\sigma_0 = 0,14 \text{ MPa}$ appliquée, est située dans le domaine élastique linéaire (Ugé et al, 1974).

L'appareillage développé est représenté par la figure 1.



Figure 1. Appareillage mis au point pour l'essai de fluage-recouvrance

La contrainte appliquée, ainsi que les composantes de la déformation mesurées durant l'essai sont représentées par la figure 2 où :

- ϵ_{totale} : déformation totale enregistrée après 1h de chargement.
- $\epsilon_{\text{initiale}}$: déformation initiale enregistrée après 15s de chargement.
- ϵ_{finale} : déformation finale complémentaire.
- ϵ_{irr} : déformation irréversible ou permanente.
- ϵ_{rev} : déformation réversible.
- σ_0 étant la contrainte de compression appliquée sur l'éprouvette.

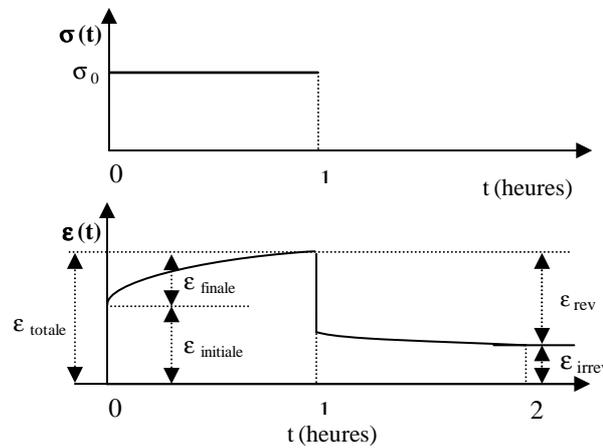


Figure 2. Contrainte appliquée et les déformations mesurées

Les déformations durant l'essai sont calculées par l'expression 1 :

$$\epsilon(t, T) = \frac{\Delta h}{h_0} * 1000 \quad [\%] \quad [1]$$

avec :

$\varepsilon(t, T)$: déformation axiale de l'éprouvette durant le temps de chargement (t) en secondes à la température (T) en °C.

h_0 : hauteur initiale de l'éprouvette.

Δh : déformation axiale (changement de distance entre les surfaces chargées).

Les essais de fluage ont été conduits sur les trois mélanges bitumineux (40/50, 60/70, 80/100) à des températures de 20, 45 et 60°C. Les éprouvettes confectionnées sont caractérisées par une teneur en liant de 5% et une énergie de compactage de 50 coups/face. Les résultats obtenus révèlent que la recouvrance n'est pas totale et que les enrobés bitumineux ont un comportement viscoplastique. L'enrobé à base du 40/50 résiste mieux aux déformations de fluage aux différentes températures. Un exemple de courbes de fluage-recouvrance à 20°C est présenté dans la figure 3.

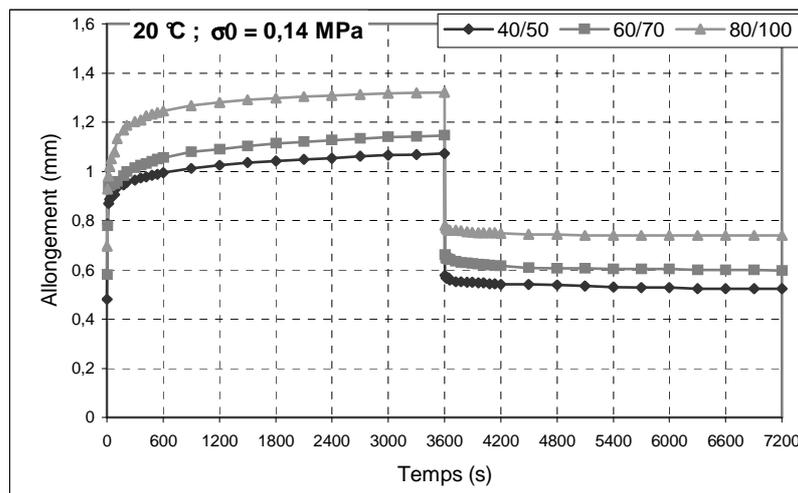


Figure 3. Courbe de fluage-recouvrance de bétons bitumineux à 20 °C

L'enrobé à base du 40/50 ayant donné les meilleures performances, nous l'avons modifié par de la poudre de caoutchouc des pneus usagés à différentes teneurs (3, 5, 7 et 10%). Des essais de fluage-recouvrance ont été réalisés aux mêmes conditions que les bitumes non modifiés. Les résultats obtenus montrent que les enrobés bitumineux modifiés ont un comportement viscoplastique, ainsi que l'existence d'une déformation irréversible. L'allure des courbes de fluage-recouvrance à 60°C pour les mélanges à 0, 5 et 10% en polymère est décrite par la figure 4.

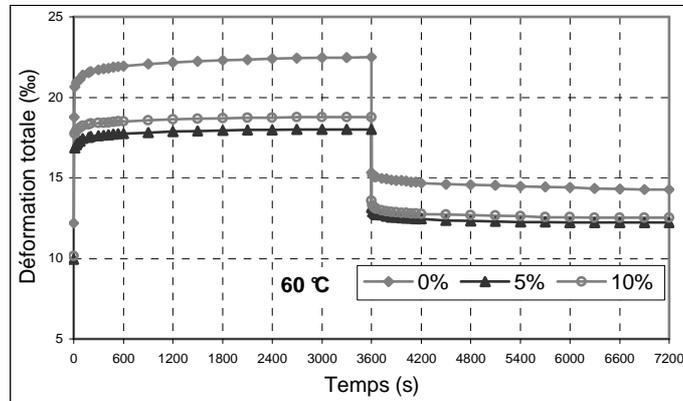


Figure 4. Courbe de la déformation totale de bétons bitumineux modifiés à 60 °C pour $\sigma_0 = 0,14 \text{ MPa}$

4. Résultats et discussion

La réponse des enrobés aux essais de fluage est non linéaire. Cette non-linéarité est plus attribuée à un comportement viscoplastique. En augmentant la température l'enrobé bitumineux se comporte comme un solide viscoélastique linéaire. Ce constat a été observé pour tous les mélanges modifiés ou non. La figure 5 montre un exemple de comportement du mélange à base de bitume 60/70.

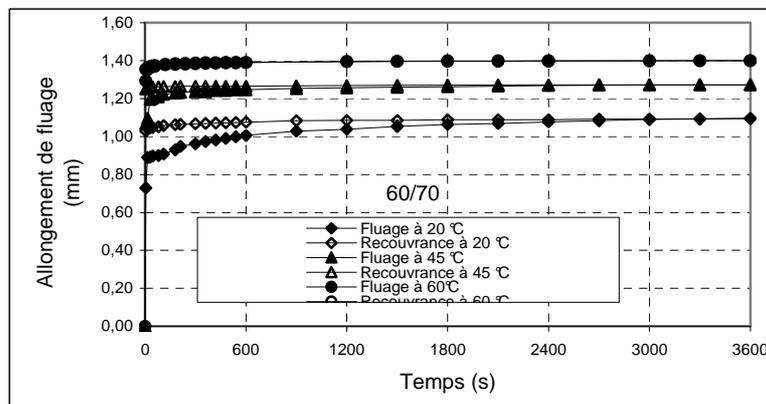


Figure 5. Fluage-recouvrance pour la classe 60/70 à différentes températures

La figure 6 montre l'évolution de la déformation totale en fonction de la température pour les différents mélanges. Le mélange à base de bitume 40/50 résiste mieux aux déformations de fluage.

La modification du bitume 40/50 par de la poudrette de caoutchouc des pneus usés améliore la résistance aux déformations de fluage du mélange bitumineux. La

déformation totale est plus faible pour une teneur en polymère de 5 % quelque soit la température (figure 7).

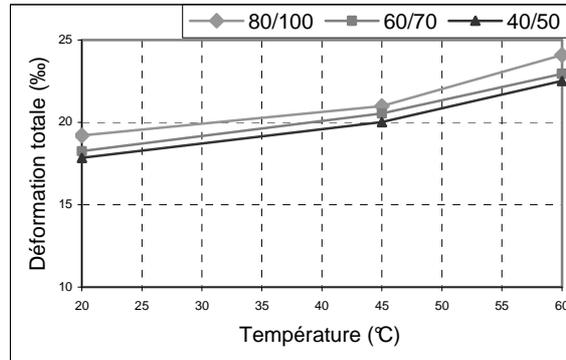


Figure 6. Déformation totale des différents mélanges bitumineux

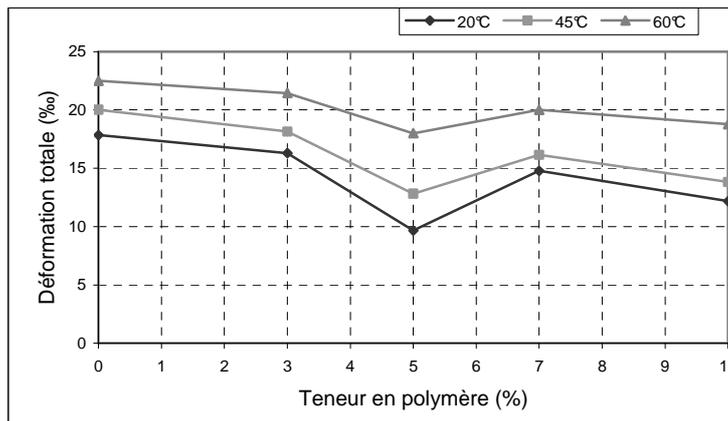


Figure 7. Déformations totales des bétons bitumineux modifiés pour $\sigma_0 = 0,14 \text{ MPa}$ à différentes températures

5. Conclusion

Les résultats obtenus à partir des essais de fluage statique en compression simple nous ont permis d'évaluer les caractéristiques rhéologiques des mélanges étudiés.

Une approche globale sur la comparaison des caractéristiques obtenues entre les différents mélanges bitumineux suivant la classe et les teneurs en polymère, nous a conduit résultats ci-dessous :

- La consistance du bitume améliore la résistance au fluage statique des enrobés.

- Les déformations initiales et totales des enrobés bitumineux modifiés ou non, évoluent avec la température.
- Pour toutes les températures, l'enrobé bitumineux à base du 40/50, est le plus résistant aux déformations de fluage. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Verhasselt et al (Verhasselt et al, 2003).
- 50% de la déformation de fluage est atteinte dans la phase initiale quelle que soit la température.
- La modification du bitume par de la poudrette de caoutchouc de pneus usés améliore la résistance au fluage des enrobés. Cette amélioration est de l'ordre de 50% pour une teneur de 5%.

Bibliographie

- Airey G. D., « Rheological evaluation of ethylene vinyl acetate polymer modified bitumens », *Construction and Building Materials*, vol. 16, 2002, p. 473–487.
- Bitumes, techniques et utilisations. Sociétés des Bitumes Shell, Paris1991. P 108.
- British Standard Institution BSI 598/1995. Sampling and examination of bituminous mixtures for roads and other paved areas. Part 111 : Method for determination of resistance to permanent deformation of bituminous mixtures subject to unconfined uniaxial loading.
- Hinislioğlu S., Açar E., « Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix », *Materials Letters*, vol. 58, 2004, 267– 271.
- Huang B., Mohammad L. N., Wathugala G. W., « Application of a Temperature Dependent Viscoplastic Hierarchical Single Surface Model for Asphalt Mixtures », *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 16, n° 2, 2004, p. 147-154.
- Masad E., Tashman L., Little D., Zbib H., «Viscoplastic modeling of asphalt mixes with the effects of anisotropy, damage and aggregate characteristics », *Mechanics of Materials*, vol. 37, 2005, p. 1242–1256.
- Métiche S., Influence des paramètres de formulation sur la stabilité au fluage des sables bitumes et des bétons bitumineux, Thèse de Magister, USTHB, Alger, 2001.
- Tayfur S., Ozen H., Aksoy A., «Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers », *Construction and Building Materials*, 2005, Article in press.
- Ugé, P., Van de Loo, P.J., «Les déformations permanentes des enrobés bitumineux », *Canadian Technical Asphalt Association*, Regina, 4-6 novembre 1974.
- Verhasselt A., Sainton A., Verhelst F., Modification du bitume et des enrobés bitumineux. Centre de recherches routières, Rapport de Recherche, Belgique, 2003.
- Werkmeister S. Dawson A. R., Wellner F., « Pavement Design Model for Unbound Granular Materials », *Journal of Transportation Engineering*, vol. 130, n° 5, 2004, p. 665-674.
- Zawadzki J., «Adaptation of a creep test for evaluation of the permanent deformation of bituminous mixes . Mechanical Tests for bituminous materials », *Fifth International Rilem Symposium MTBM*, Lyon, France, 1997, p. 317-323.