

Nouvelle classification des bitumes : incidences sur les choix des composants des enrobés

Un peu plus de 20 ans après l'adoption du système de classification Superpave, développé aux États-Unis dans le cadre du programme SHRP (Strategic Highway Research Program), un nouveau système de classification des bitumes basé sur l'essai MSCR (Multiple Stress Creep Recovery) a récemment été implanté au ministère des Transports du Québec. Ce nouveau système de classification représente une évolution par rapport à la classification PG H-L utilisée pendant les deux dernières décennies. Il vise à corriger certaines lacunes de l'ancien système et à mieux évaluer l'aptitude des bitumes à résister aux déformations permanentes à la suite des sollicitations répétées.

Depuis 2008, l'essai MSCR fait l'objet de discussions régulières entre le Ministère, les fournisseurs de bitume, l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec (ACRGTQ) et Bitume Québec.

Cet *Info DGLC* reprend l'essentiel des éléments qui avaient été divulgués dans l'instruction technique remise en avril 2018 aux répondants en assurance qualité des directions générales territoriales (DGT) lors de la rencontre annuelle relative au Bilan enrobés. Il explique, de façon succincte, l'essai MSCR et la classification basée sur cet essai ainsi que les principaux changements apportés aux recommandations sur le choix des composants et à la carte des zones climatiques.

Principe et avantages de l'essai MSCR

L'essai MSCR consiste à mesurer, à l'aide d'un rhéomètre à cisaillement dynamique, la déformation obtenue en soumettant le bitume à des périodes de contrainte et de relaxation successives. L'essai MSCR est réalisé à des niveaux de contrainte et de température correspondant mieux que les essais antérieurs aux conditions de charge et aux conditions climatiques sur les routes. Dans le cas du MSCR, les contraintes appliquées pour évaluer les propriétés viscoélastiques sont plus sévères et l'essai est réalisé sur le bitume préalablement vieilli à court terme pour mieux représenter l'état de vieillissement du bitume dans l'enrobé au moment de la mise en service de la chaussée. L'essai est effectué à la température maximale pouvant être atteinte à la surface d'un enrobé, soit 52 °C, 58 °C ou 64 °C selon les zones climatiques, et non pas à des températures de 70 °C ou 76 °C comme auparavant. Ainsi, la notion de grade *bumping*, mise en place comme artifice pour des conditions de trafic plus sévères, n'apparaît plus dans le système de classification basé sur l'essai MSCR.

Nouvelle classification des bitumes

La classification basée sur l'essai MSCR amène un changement de nomenclature des bitumes en intégrant une lettre associée à un niveau de sollicitation du trafic. Ainsi, les bitumes sont maintenant définis par l'expression *PG Hn-L*, où *n* représente le niveau de sollicitation du trafic. Quatre niveaux de sollicitation sont définis : *S* (« standard »), *H* (« élevé »), *V* (« très élevé ») ou *E* (« extrême »). Le tableau 1 montre les bitumes en usage en 2019 pour chacune des zones climatiques et remplaçant les bitumes utilisés auparavant.

Les bitumes PG Hn-L indiqués dans la colonne de droite du tableau 1 ont des performances supérieures ou semblables à celles des bitumes PG H-L correspondants indiqués dans la colonne centrale de ce même tableau. Une formule d'enrobés initialement approuvée avec un bitume PG H-L n'a donc pas à être validée avec le bitume PG Hn-L de remplacement correspondant. Par exemple, une formule d'enrobé ESG-10 approuvée en 2017 ou en 2018 avec un bitume PG 58-34 n'a pas à être approuvée à nouveau avec un bitume PG 58H-34.

**Tableau 1 – Bitumes en usage antérieurement et en 2019
pour chacune des zones climatiques**

Zone climatique	Bitume antérieur (classification AASHTO M320)	Bitume en usage en 2019 (classification AASHTO M332)
1	PG 64-28 PG 70-28	PG 64H-28 PG 64E-28
2	PG 58-34 PG 64-34	PG 58H-34 PG 58E-34
3	PG 52-40 PG 58-40	PG 52V-40
1 et 2	PG 58-28	PG 58S-28

Tableau de recommandations sur le choix des composants d'enrobés et la carte des zones climatiques

Les tableaux de recommandations sur le choix des composants et les cartes des zones climatiques ont été modifiés et mis à jour en considérant la classification des bitumes basée sur l'essai MSCR et les changements apportés aux frontières de certaines directions générales territoriales (DGT).

Le nouveau tableau sur le choix des composants regroupe maintenant les recommandations pour les constructions neuves, les reconstructions et les travaux de resurfaçage. Une seule carte des zones climatiques est maintenant associée à ce tableau. Le tableau et la carte des zones climatiques sont joints en annexe. Ces documents sont aussi disponibles sur les sites intranet et Web du Ministère. Bien que ce tableau n'ait pas de valeur contractuelle, il est un outil indispensable pour les concepteurs qui rédigent des devis pour le Ministère, les villes et les municipalités.

Parmi les principaux changements, notons que le PG 64H-28 est obligatoirement modifié par l'ajout d'élastomères, ce qui n'était pas le cas pour le PG 64-28. Également, compte tenu de la faible utilisation des PG 52-40 et PG 58-40 et pour simplifier la gestion des bitumes, le Ministère a pris la décision de ne recommander l'usage que du bitume PG 52V-40 en zone 3 pour les constructions neuves et les reconstructions. Le bitume recommandé en zone 3 pour les travaux de resurfaçage est le PG 58H-34.

Même si la norme 4101 « Bitumes » spécifie des exigences pour 24 classes de performance PG Hn-L, le Ministère a réduit au minimum le nombre de classes de performance recommandées en zone 1 et 2. Aucun compromis n'a cependant été fait en ce qui concerne la performance et la durabilité des chaussées.

Les notes 1 à 5 du tableau de recommandations sur le choix des composants fournissent des informations supplémentaires pour la sélection du bitume approprié à un type d'enrobé, d'intervention ou de route. La section Commentaires fournit également des détails qui peuvent aider le concepteur dans le choix des bitumes.

La zone 1 (64n-28), située au sud-ouest de la province, correspond au territoire de la grande région métropolitaine de Montréal et à celui de la DGT de la Montérégie à l'exception du territoire desservi par le centre de services de Saint-Hyacinthe, qui se trouve en zone 2.

La zone 2 (58n-34) couvre le centre-sud du Québec pratiquement d'est en ouest. La DGT de l'Estrie est dorénavant située entièrement dans cette zone. La DGT du Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau comporte maintenant une section agrandie sur la carte. La ville de Saint-Félicien et la route 172 représentent la limite nord de la zone 2 dans cette région.

La zone 3 (52n-40) est située au nord du Québec et correspond au territoire de la DGT de l'Abitibi-Témiscamingue, à celui du nord de la DGT Mauricie–Centre-du-Québec, à celui du nord de la DGT Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau et à celui de la DGT de la Côte-Nord à partir de plus ou moins 10 km du fleuve et de l'estuaire.

Rappel sur les notions des températures de service

Selon la classification PG Hn-L, H est la température limite au-dessus de laquelle le bitume est susceptible de présenter des phénomènes de déformation permanente. Les températures

hautes de service pour chacune des trois zones climatiques ont été déterminées par le Ministère en considérant l'historique de performance des enrobés formulés à la suite de l'adoption du système Superpave ainsi que la température maximale à la surface des enrobés obtenue à l'aide du logiciel LTPPBind. Selon ces données, la température maximale à la surface des enrobés des zones 1, 2 ou 3 n'excéderait jamais, avec un niveau de confiance de plus de 98 %, la température haute de ces zones, soit 64 °C, 58 °C ou 52 °C respectivement.

Pour ce qui est de la température L, elle correspond à la température limite au-dessous de laquelle le bitume est susceptible de se fissurer par retrait thermique. Les données du logiciel LTPPBind ont également été considérées pour établir les températures basses de service des trois zones climatiques. Bien que les niveaux de confiance pour ces températures ne soient pas aussi élevés que ceux obtenus pour les températures hautes de service, ils sont généralement supérieurs à 80 %. De plus, l'historique de performance montre, pour les routes des zones climatiques 1, 2 ou 3 fabriquées avec des bitumes dont la température basse est de -28 °C, -34 °C ou -40 °C respectivement, un niveau de dégradation limité en ce qui concerne la fissuration de retrait thermique.

Transition vers la classification MSCR

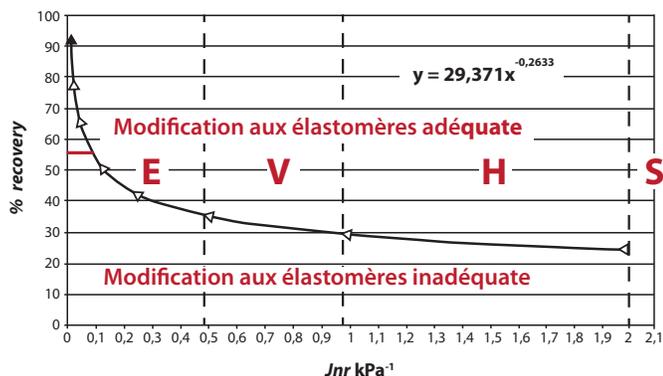
Depuis 2013, les fournisseurs de bitume ont l'obligation d'inscrire les résultats de trois des paramètres de l'essai MSCR sur les attestations de conformité : $Jnr_{3,2}$, $R_{3,2}$ et Jnr_{diff} .

La valeur du paramètre de la complaisance non recouvrable mesurée à 3,2 kPa ($Jnr_{3,2}$) permet d'attribuer un niveau de résistance au trafic. Le tableau 2 montre les valeurs du paramètre $Jnr_{3,2}$ qui définissent les niveaux de sollicitation du trafic.

Tableau 2 – Définition des niveaux de sollicitation du trafic

Niveau de sollicitation	$Jnr_{3,2}$ (kPa ⁻¹)
S (standard)	≤ 4,50
H (élevé)	≤ 2,00
V (très élevé)	≤ 1,00
E (extrême)	≤ 0,50

Pour les niveaux H, V et E, une valeur minimale de recouvrance d'élasticité mesurée à 3,2 kPa ($R_{3,2}$) est exigée. L'exigence est établie en fonction de la valeur du paramètre $Jnr_{3,2}$. La figure 1 montre la relation définissant une modification aux élastomères adéquate (valeurs au-dessus de la courbe). Pour les bitumes de valeur de 0,10 kPa⁻¹ et moins pour le paramètre $Jnr_{3,2}$, l'exigence du paramètre $R_{3,2}$ est fixée à 55 % minimum.

Graphique 1 – Exigence de $R_{3,2}$ selon la formule $y = 29,371x^{-0,2633}$ 

Finalement, la valeur du paramètre Jnr_{diff} doit être $\leq 75\%$ pour les niveaux S, H et V. Ce paramètre évalue la sensibilité du bitume à l'augmentation des contraintes.

Bitumes pour usages spéciaux

Les bitumes PG 76-28 ou PG 70-34 n'apparaissent pas dans les versions antérieures des tableaux de recommandations sur le choix des composants. Il en est de même pour les bitumes PG Hn-L de remplacement de ces bitumes pour usages spéciaux dans le nouveau tableau. Les bitumes PG 76-28 ou PG 70-34 étaient spécifiés par certains concepteurs pour le recouvrement en enrobé des chaussées en béton des autoroutes extrêmement sollicitées des zones 1 et 2 ou pour certaines routes ou intersections dont la performance avec le PG 70-28 ou le PG 64-34 n'était pas jugée suffisante. Les bitumes PG 76-28 et PG 70-34 sont très visqueux et utilisés généralement avec des granulats entièrement fragmentés de nature siliceuse. Pour ces bitumes très visqueux utilisés avec des granulats de cette nature, il est avantageux de faire usage d'additifs qui facilitent la mise en œuvre et le compactage des enrobés (suffixe T) et qui améliorent l'adhésivité du bitume (suffixe HRD). Ainsi, les concepteurs qui spécifiaient l'usage de bitume PG 76-28 (ou PG 70-34) peuvent maintenant spécifier un bitume PG Hn-L de remplacement ayant les particularités suivantes : « Le bitume doit satisfaire aux exigences du PG 64E-28 THRD (ou PG 64E-34 THRD) et montrer une valeur de $Jnr_{3,2} \leq 0,15 \text{ kPa}^{-1}$. La température de malaxage de l'enrobé fabriqué avec ce bitume doit se situer entre 156°C et 170°C . »

Début d'année 2019

Les attestations de conformité 2018 ont été acceptées par le Ministère en début d'année 2019 même si le bitume n'est pas identifié selon la classification MSCR. Les bitumes produits et caractérisés en 2018 et utilisés en 2019 doivent cependant satisfaire aux exigences des bitumes de remplacement indiqués au tableau 1. Les exigences de ces bitumes sont spécifiées dans la norme 4101 « Bitumes » du Ministère.

Par exemple, le bitume de remplacement du PG 58-34 est le PG 58H-34. Pour que le bitume PG 58-34 fabriqué en 2018 et utilisé en 2019 soit conforme aux exigences de la norme 4101,

le paramètre $Jnr_{3,2}$ doit être $\leq 2,00 \text{ kPa}^{-1}$, le paramètre $R_{3,2}$ doit être $\geq 24,5\%$ et satisfaire aux exigences de l'équation indiquée à la figure 1, et le paramètre Jnr_{diff} doit être $\leq 75\%$. Un bitume surpassant les exigences du niveau de sollicitation exigé au devis est accepté pour la réalisation des travaux, mais ne le serait pas pour l'approbation d'une formule d'enrobé. Ainsi, un bitume ayant les caractéristiques d'un bitume PG 58V-34 ou PG 58E-34 serait accepté dans le cas où un bitume PG 58H-34 était spécifié au devis.

Conclusion

Le système de classification basé sur l'essai MSCR contribue principalement à augmenter la résistance des enrobés aux déformations permanentes. De plus, selon la littérature, la résistance aux fissurations de retrait thermique et de fatigue pourrait également être augmentée pour les enrobés fabriqués avec des bitumes modifiés par l'ajout de polymères en raison d'une meilleure dispersion de ces derniers et d'une bonification des propriétés élastomériques rendues nécessaires pour satisfaire aux exigences associées aux niveaux de sollicitation H, V et E.

Finalement, la performance globale des enrobés est appelée à augmenter avec la sélection du bitume PG Hn-L approprié à l'ouvrage pourvu que les autres paramètres de formulation, de fabrication et de mise en œuvre respectent les règles de l'art.

Bibliographie

- 1- DUFRESNE, René. « Origine de l'essai MSCR », *Via Bitume*, vol. 10, n° 1, mars 2015, p. 13-14.
- 2- KUCHARÉK, Tony. « Démystifier l'essai de recouvrance élastique du fluage induit par contraintes multiples (Multiple Stress Creep Recovery ou MSCR) », *Via Bitume*, vol. 12, n° 1, mars 2017, p. 40-42.
- 3- AASHTO M332 : *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*.
- 4- AASHTO T350 : *Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)*.

RESPONSABLE : Gaétan Leclerc, M. Sc., chimiste
Direction des matériaux d'infrastructures

DIRECTEUR GÉNÉRAL : Yvon Villeneuve, ing.
Direction générale
du laboratoire des chaussées

CHOIX DES COMPOSANTS – ENROBÉS (norme 4202)

ESG-10 • EG-10¹ • EGM-10 • ESG-14² • GB-20 • EC-10³ • MUN-10

Recommandations pour construction neuve, reconstruction et resurfage

Type de route	Débit de circulation		Couche de surface						Couche de base					
			Bitume		Essai exigé	Catégorie granulats fins	Catégorie gros granulats	Zone 3 PG	Bitume		Catégorie gros granulats	Catégorie granulats fins	Essai exigé	
			Zone 1 PG	Zone 2 PG					Zone 1 PG	Zone 2 PG				
Autoroute	DJMA > 20 000 < 20 000 > 5 000	ECAS annuel > 1 000 000 < 1 000 000 > 500 000	64E-28	58E-34	s.o.	1a	1	Orniéreur, CPP	64E-28	58E-34	s.o.	2c	1	Orniéreur
			64E-28	58E-34	s.o.	1a	1	Orniéreur, CPP	64H-28	58H-34	s.o.	3c	1	Orniéreur
			64E-28	58E-34	s.o.	2b	1	Orniéreur, CPP	64H-28	58H-34	s.o.	3c	2	Orniéreur
Nationale	DJMA > 20 000 < 20 000 > 5 000	ECAS annuel > 500 000 < 500 000 > 300 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	1a	1	Orniéreur, CPP	64H-28	58H-34	52V-40	3c	1	Orniéreur
			64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	2b	2	Orniéreur, CPP	64H-28	58H-34	52V-40	3c	2	Orniéreur
			64H-28	58H-34	52V-40 58H-34 ⁴	3c	2		64H-28	58H-34	52V-40	3c	2	
Régionale et collectrice	DJMA > 20 000 < 20 000 > 5 000	ECAS annuel > 300 000 < 300 000 > 150 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	2b	1	Orniéreur, CPP	64H-28	58H-34	52V-40	3c	2	Orniéreur
			64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	3b	2	Orniéreur	64H-28	58H-34	52V-40	3c	2	Orniéreur
			64H-28 ⁵	58H-34 58S-28 ⁴	52V-40 58H-34 ⁴	3c	2		58S-28	58H-34	52V-40	3c	2	

1. Seuls les bitumes PG HE-L peuvent être utilisés pour l'enrobé EG-10.
 2. Dans certains cas pour l'enrobé ESG-14, l'usage d'un bitume de classe supérieure (en termes de résistance à la sollicitation) à celle spécifiée dans le tableau peut être nécessaire.
 3. Les caractéristiques des classes de bitume de la couche de surface sont applicables à la couche de correction.
 4. Classe de bitume recommandée lorsqu'il s'agit de resurfage.
 5. Pour les routes régionales et les rues résidentielles faiblement sollicitées et sans réseau d'autobus, le bitume PG 58S-28 pourrait être utilisé en surface au lieu du PG 64H-28.

Commentaires :

- L'utilisation d'un bitume différent en couche de base n'est pas recommandée si la quantité d'enrobé de cette couche est inférieure à 1 000 tonnes.
- Lorsque les valeurs du DJMA et de l'ECAS de la route ne correspondent pas à la même ligne dans le tableau, sélectionner la ligne qui correspond aux conditions les plus sévères.
- Un recueil d'inventaire annuel de données sur la circulation par numéro de route, de tronçon et de section est disponible auprès de la Direction des chaussées.
- Les classes de bitume sont définies dans la norme 4101 « Bitumes » et les catégories de granulats, dans la norme BNQ 2560-114 « Travaux de génie civil – Granulats ».

Définitions :

ECAS annuel : Cumul du nombre Équivalent de Charge Axiale Simple (essieu normalisé de 8 165 kg) anticipé pour la durée de vie au moment de la conception divisé par le nombre d'années correspondant. La voie la plus sollicitée est considérée.
DJMA : Débit Journalier Moyen Annuel. Cette valeur représente l'estimation de la moyenne journalière des débits véhiculaires (tous les types) ayant circulé annuellement sur un tronçon de route, toutes voies et directions confondues. Pour les autoroutes à chaussées divisées, le DJMA à utiliser doit être la moitié du DJMA officiel.

Octobre 2018



