



MINISTÈRE DES TRANSPORTS

Sélection des bitumes basée sur l'essai MSCR



Gaétan Leclerc, M. Sc., chimiste
Formation technique Bitume Québec
5 décembre 2018

Introduction

Objectif général : Concevoir des chaussées performantes et durables en faisant usage des meilleurs outils prévisionnels disponibles.

Constat sur les bitumes : L'essai actuel pour prévoir l'aptitude des bitumes à résister aux déformations permanentes est reconnu peu efficace notamment pour les bitumes polymères.

Face à ce constat : Adopter un essai qui fait consensus (MSCR) afin de réduire les ornières de fluage sur le réseau.

Introduction...

Classification PEN-VIS vers Superpave PG H-L → Révolution

Classification PG H-L vers classification MSCR → Évolution

- Notion des températures extrêmes de service est conservée.
- Mêmes appareils.

Bref historique

- 2001 : Rapport NCHRP #459 : Essais mal adaptés aux bitumes modifiés et propositions de nouveaux paramètres.
- 2007 : Norme provisoire sur l'essai MSCR (AASHTO TP70).
- 2008 : MTQ présente ses premiers résultats sur l'essai MSCR.
- 2013 : Les fournisseurs de bitume doivent inscrire les résultats de l'essai MSCR sur les attestations de conformité des bitumes.
- 2014 : Création d'une table de travail avec l'industrie.

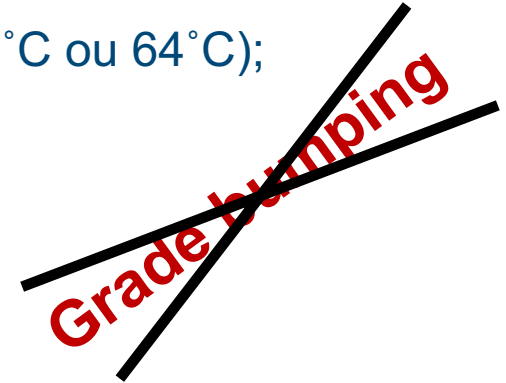
Pourquoi changer le système de classification actuel?

L'essai MSCR a un meilleur pouvoir prédictif de la résistance aux déformations permanentes (ornières de fluage) que le paramètre $G^*/\sin\delta$.

L'essai MSCR permet de mieux évaluer la performance des bitumes modifiés par l'ajout de polymères.

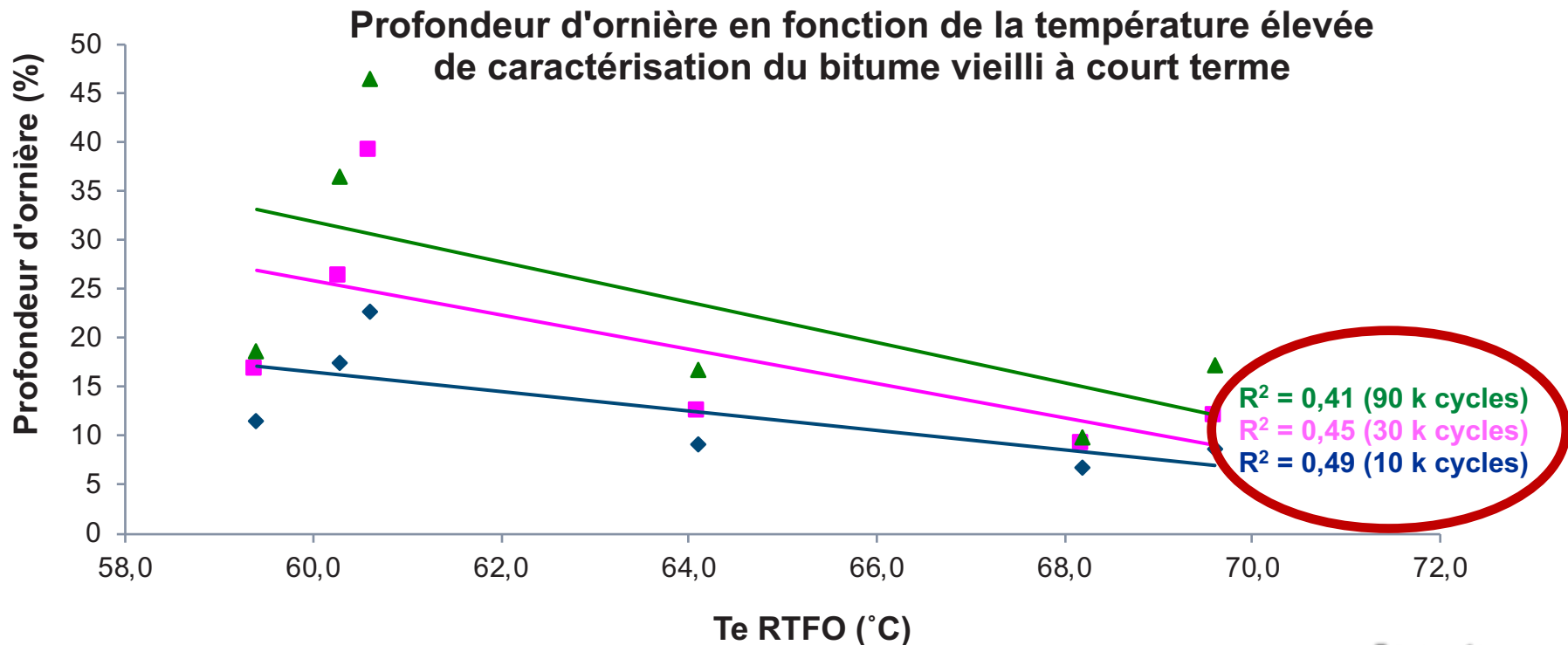
L'essai MSCR est réalisé dans des conditions plus fidèles de la réalité :

- À la température maximale possible en service (52°C, 58°C ou 64°C);
- Sur du bitume vieilli au RTFO (Rolling Thin-Film Oven) (vieillessement à court terme).

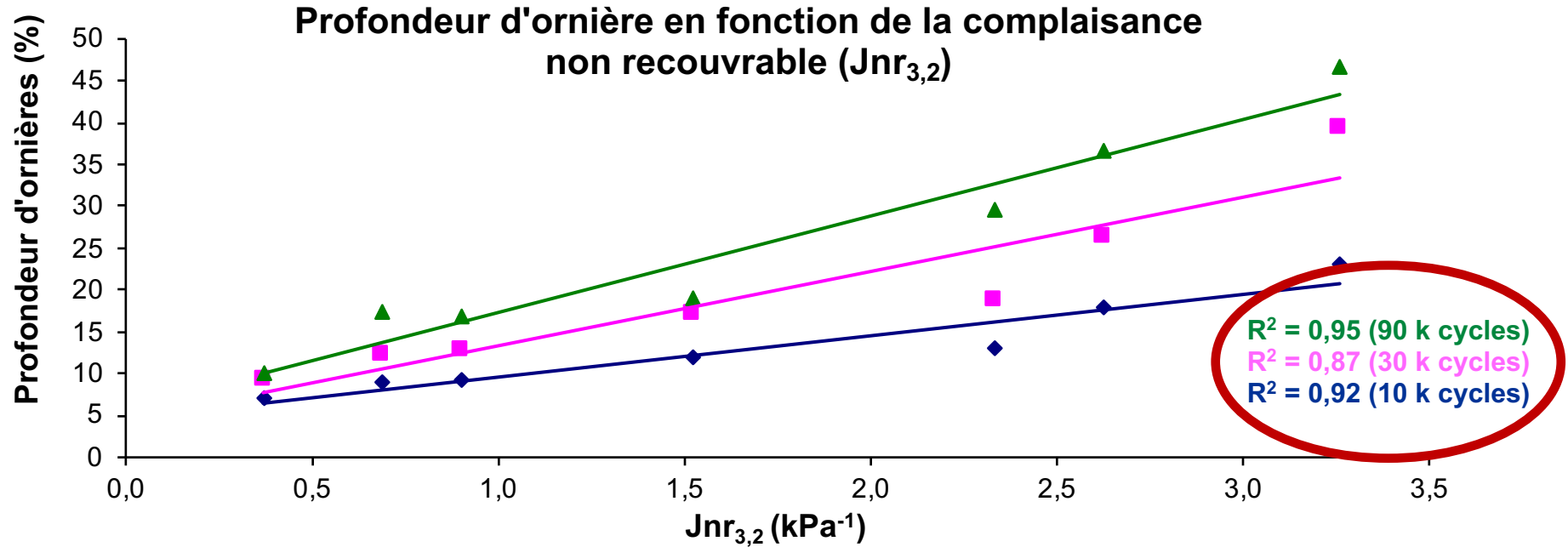


Corrélation orniérage en laboratoire vs Te RTFO

($G^*/\sin\delta = 2,2$ kPa, Formule ESG-10 en 2008)



Corrélation orniérage en laboratoire vs $Jnr_{3,2}$ (Formule ESG-10 en 2008)



Essai MSCR (Multiple Stress Creep Recovery)

Essai qui consiste à mesurer, à l'aide d'un rhéomètre à cisaillement dynamique (DSR), la déformation obtenue en soumettant le bitume à des périodes de contrainte et de relaxation successives.

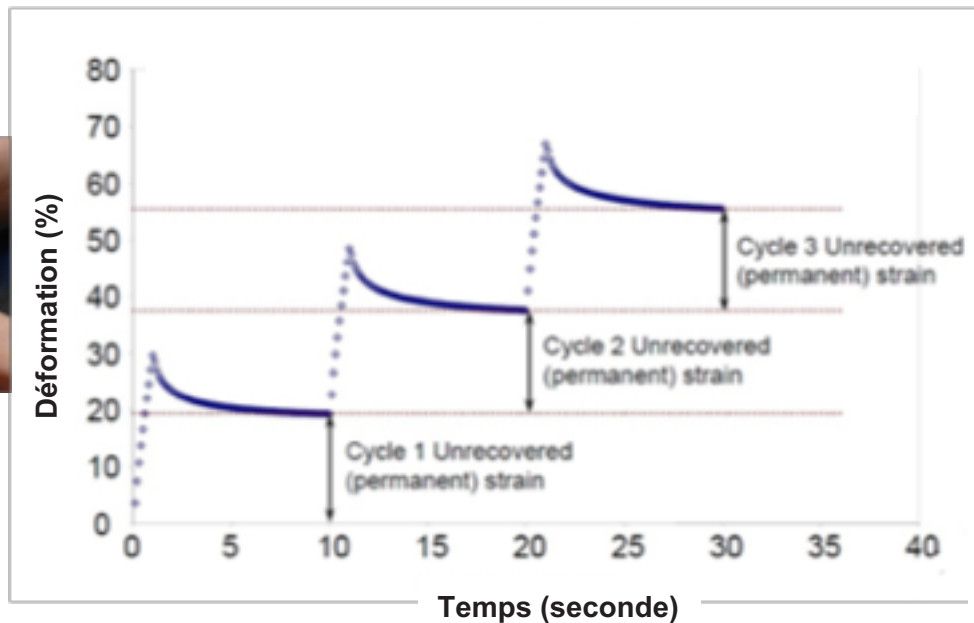
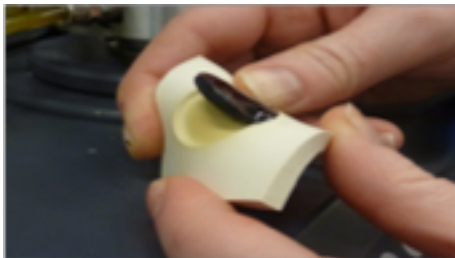
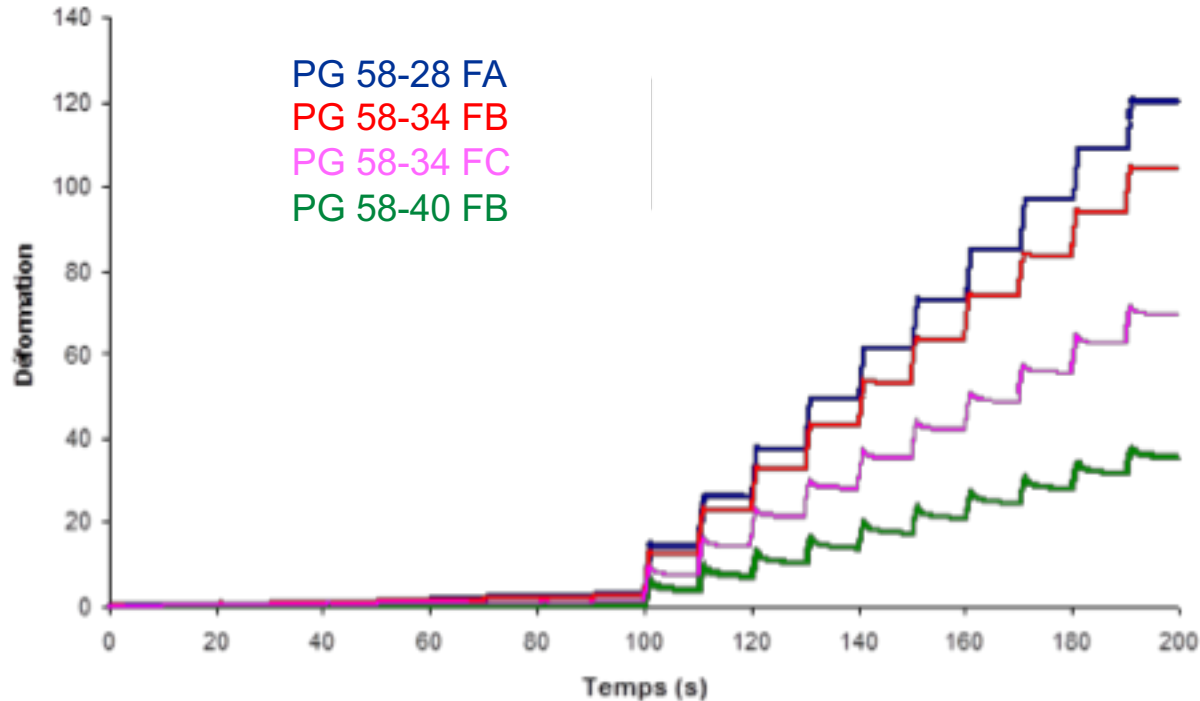


Illustration de la différence de performance pour des PG 58-L (essais réalisés en 2008)

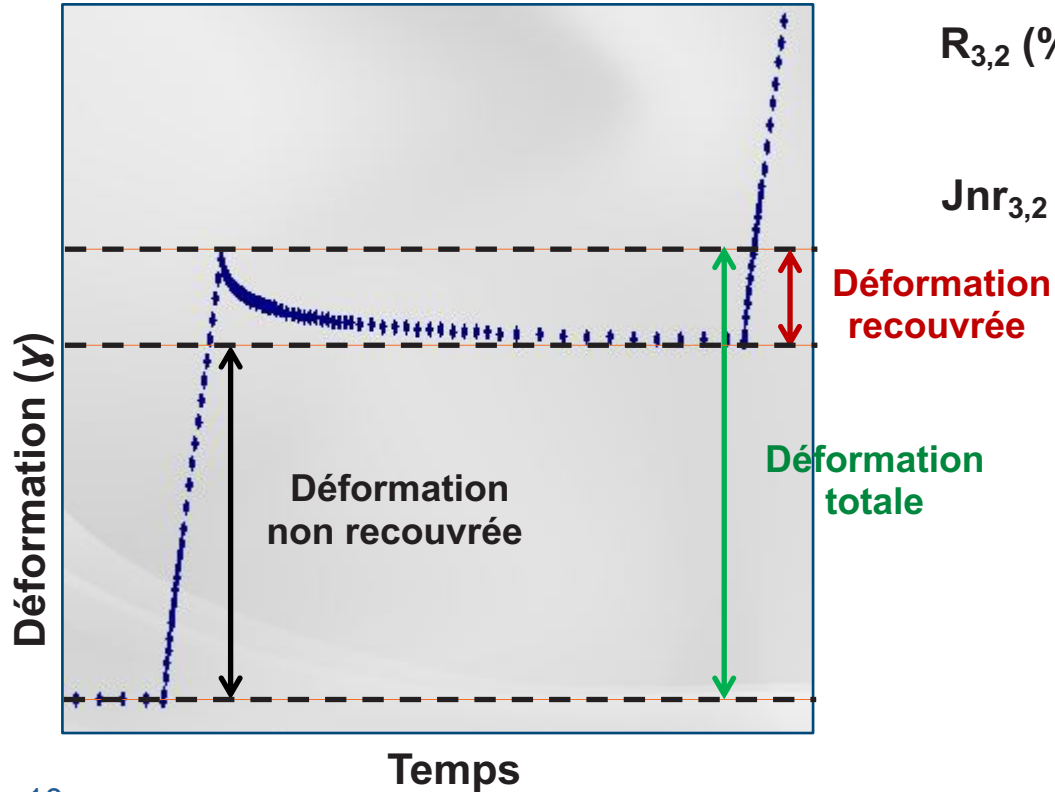


Distillation directe

Modifié élastomère
(RÉ ≥ 40%)

Modifié élastomère
(RÉ ≥ 60%)

Paramètres d'intérêts ($Jnr_{3,2}$, $R_{3,2}$ et Jnr_{diff})



$$R_{3,2} (\%) = \frac{\text{Déformation recouvrée}}{\text{Déformation totale}} \times 100$$

$$Jnr_{3,2} (\text{kPa}^{-1}) = \frac{\text{Déformation non recouvrée}}{\text{force appliquée}}$$

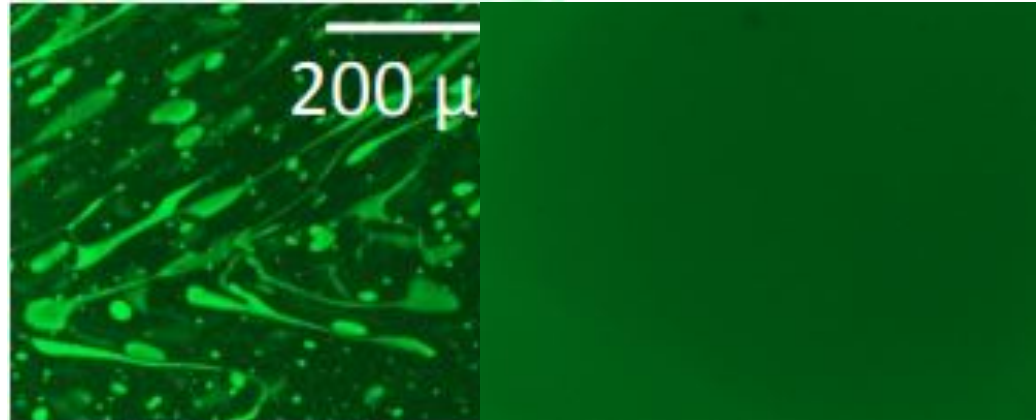
$$Jnr_{diff} (\%) = \frac{[Jnr_{3,2} - Jnr_{0,1}]}{Jnr_{0,1}} \times 100$$

Système de classification AASHTO M332

Un niveau de résistance à la sollicitation du trafic (S, H, V ou E) est attribué à chaque classe de performance selon la valeur du paramètre $Jnr_{3,2}$ (ex.: PG 58H-34).

Le paramètre $R_{3,2}$ évalue l'efficacité du polymère présent dans la matrice bitume. L'exigence est en fonction de la valeur du paramètre $Jnr_{3,2}$.

Le paramètre Jnr_{diff} évalue la sensibilité aux contraintes



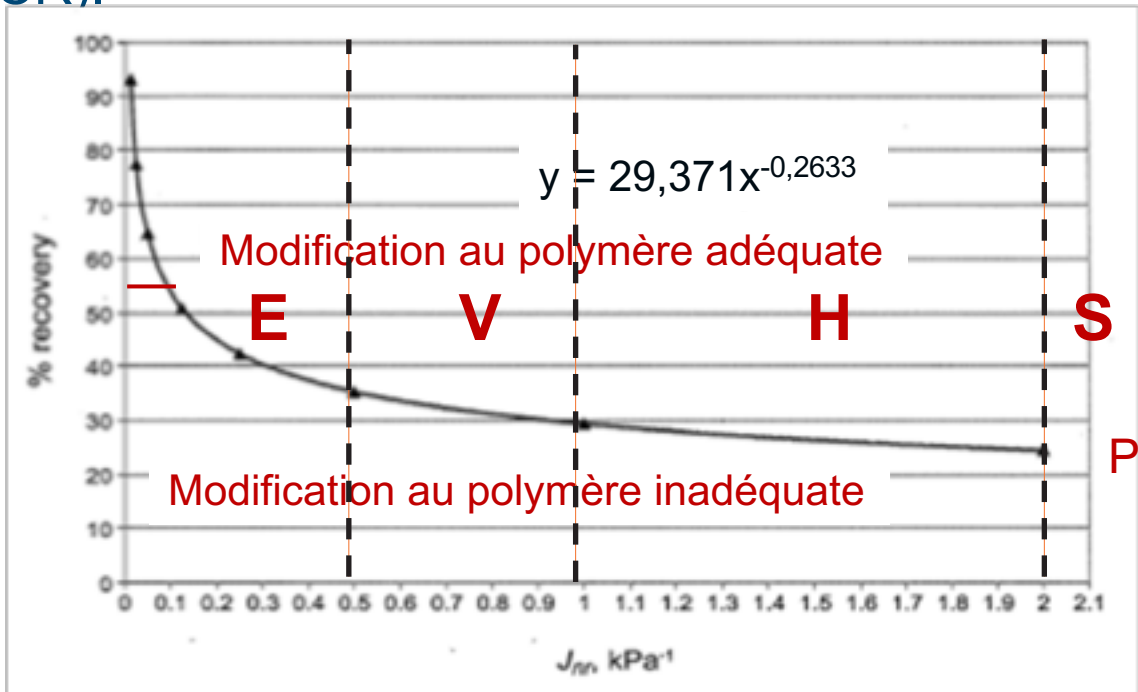
Attribution des niveaux selon l'AASHTO M332

$Jnr_{3,2}$	Résistance à la sollicitation	ECAS cumulatif et vitesse de trafic
$\leq 4,5$	Standard (S)	< 10 millions et > 70 km/h
$\leq 2,0$	Forte (H)	10 à 30 millions ou 20 à 70 km/h
$\leq 1,0$	Très forte (V)	> 30 millions ou < 20 km/h
$\leq 0,5$	Extrême (E)	> 30 millions et < 20 km/h

Au MTQ, les chaussées sont dimensionnées pour durer 25 ans en considérant une augmentation annuelle du trafic de 2% ou 4%.

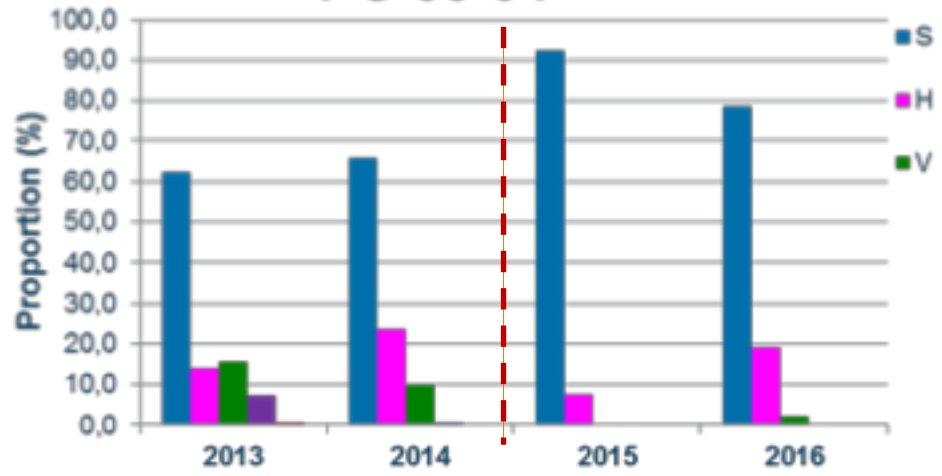
Exigence de recouvrance d'élasticité (PG +)

Avec l'adoption de l'essai MSCR, la recouvrance d'élasticité dans un bain à ductilité est remplacée par la recouvrance élastique mesurée au DSR ($R_{3,2}$ de l'essai MSCR).



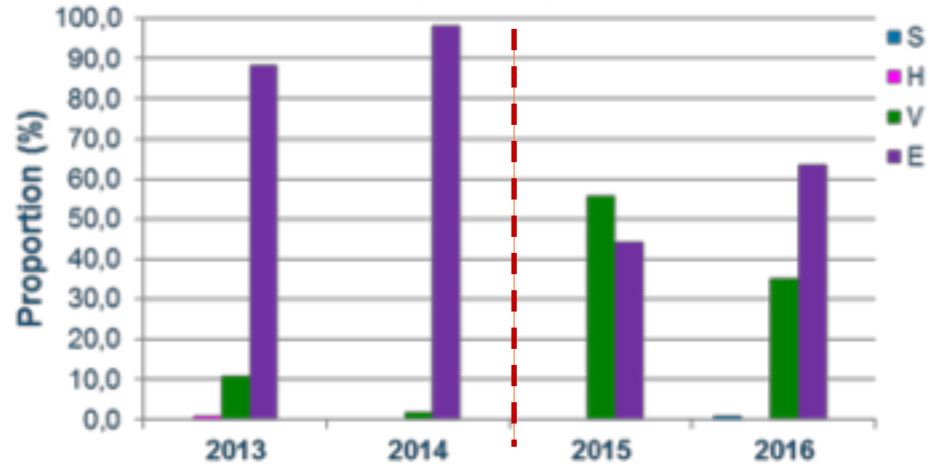
Évolution de la classification des bitumes selon la norme AASHTO M332 (MSCR à 58°C)

PG 58-34

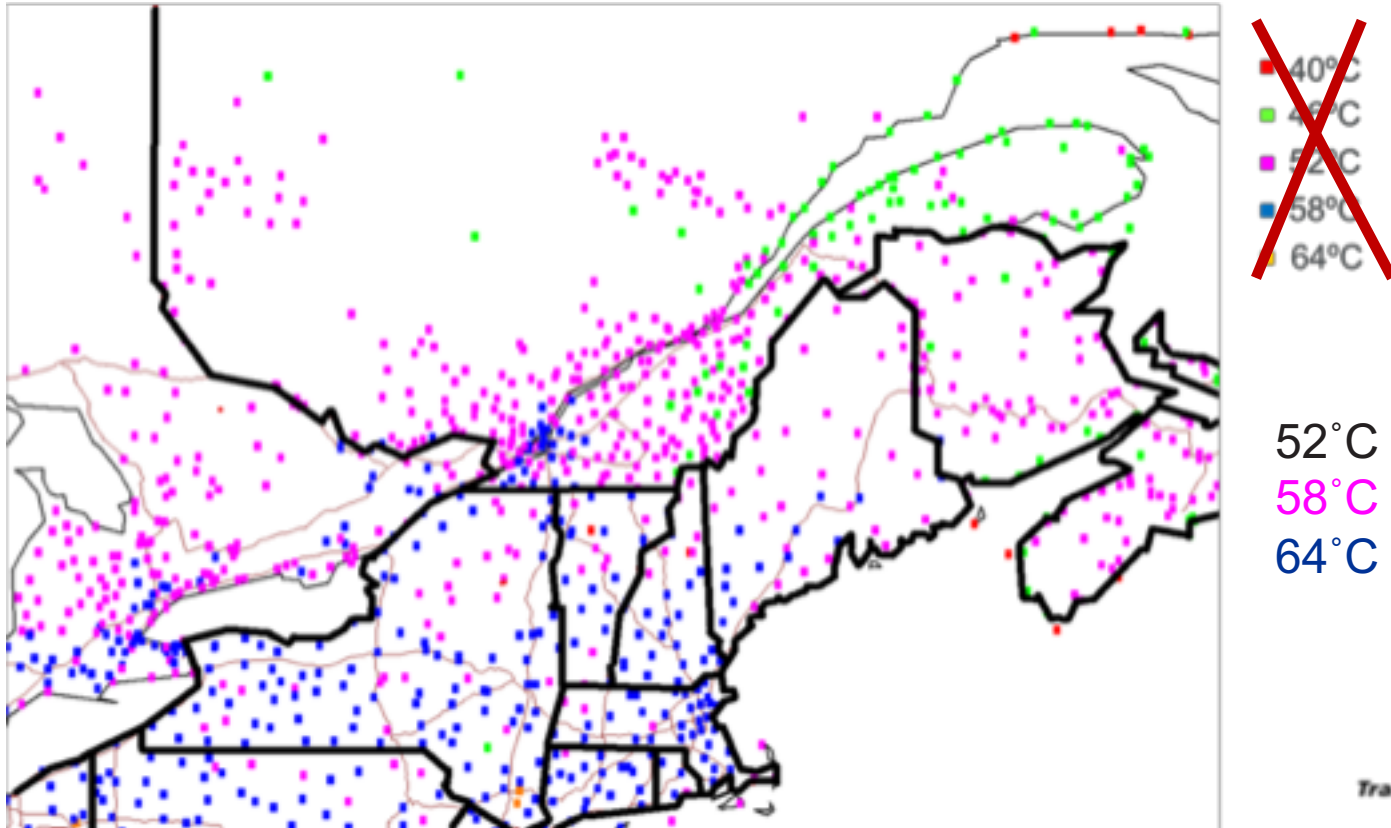


Approvisionnement important en bruts asphaltiques canadiens à partir de 2015.

PG 64-34



Températures hautes calculées selon LTPP Bind V3.1 avec un niveau de confiance de 98%



Norme 4101 (extraits)

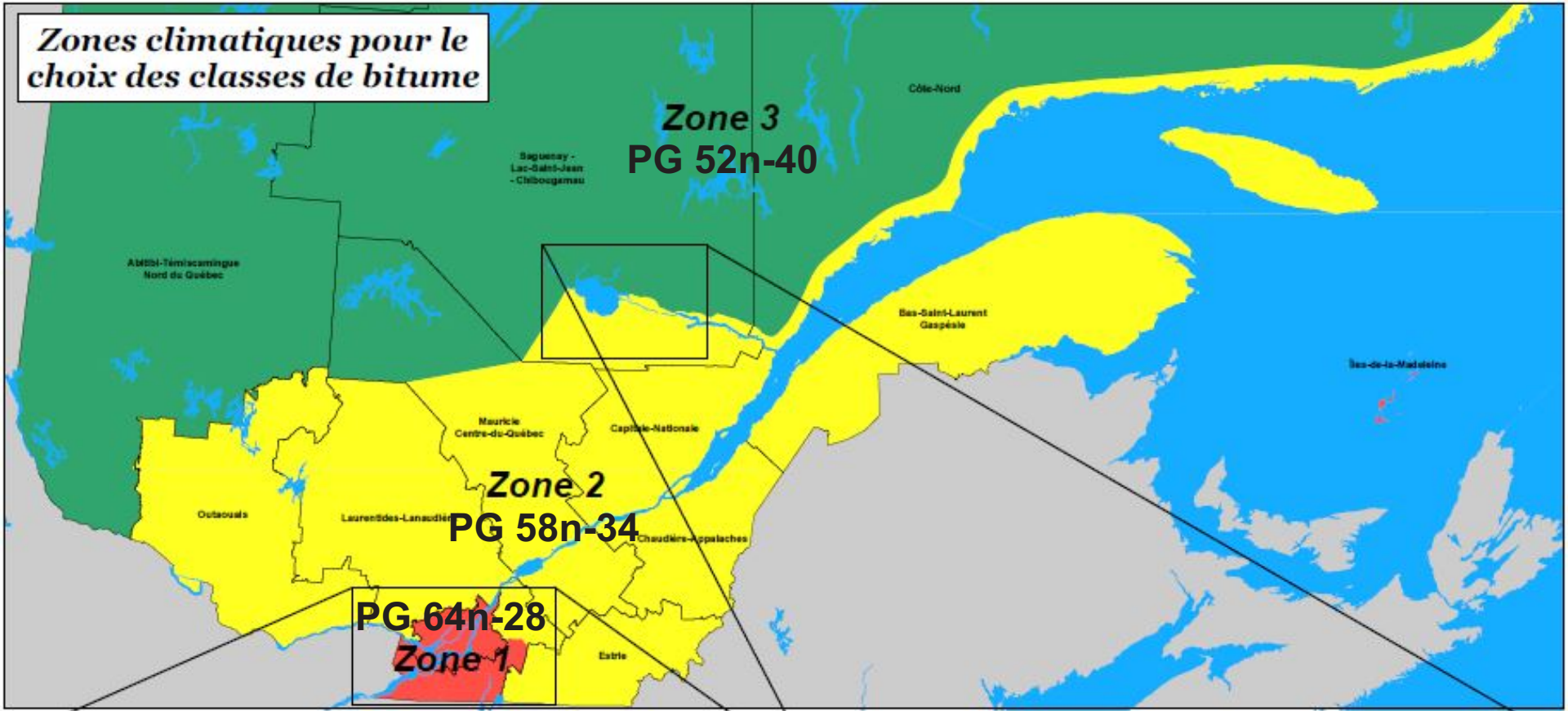
Paramètre	Classe de performance						Méthode d'essai
	1 PG 52n-34	2 PG 52n-40	3 PG 58n-28	4 PG 58n-34	5 PG 64n-28	6 PG 64n-34	
Bitume vieilli à court terme (RTFOT)							
Variation de masse ⁽⁴⁾	< 1,00%	< 1,00%	< 1,00%	< 1,00%	< 0,80%	< 0,80%	AASHTO T240
MSCR à T °C	52 °C	52 °C	58 °C	58 °C	64 °C	64 °C	AASHTO T350
Jnr ₃₂	n = S	≤ 4,50 kPa ⁻¹					
	n = H	≤ 2,00 kPa ⁻¹					
	n = V	≤ 1,00 kPa ⁻¹					
	n = E	≤ 0,50 kPa ⁻¹					
Jnr _{air} ⁽⁵⁾	75% max.						
R ₃₂ ⁽⁶⁾	≥ 29,371 Jnr ₃₂ ^{-0,263}						

- 4. La variation en masse peut être positive (gain) ou négative (perte).
- 5. Cette exigence est non applicable aux bitumes PG HE-L.
- 6. Cette exigence est non applicable aux bitumes de niveau S (Jnr₃₂ > 2,00 kPa⁻¹) et est limité à 55% minimum pour les bitumes ayant un Jnr₃₂ < 0,10 kPa⁻¹.

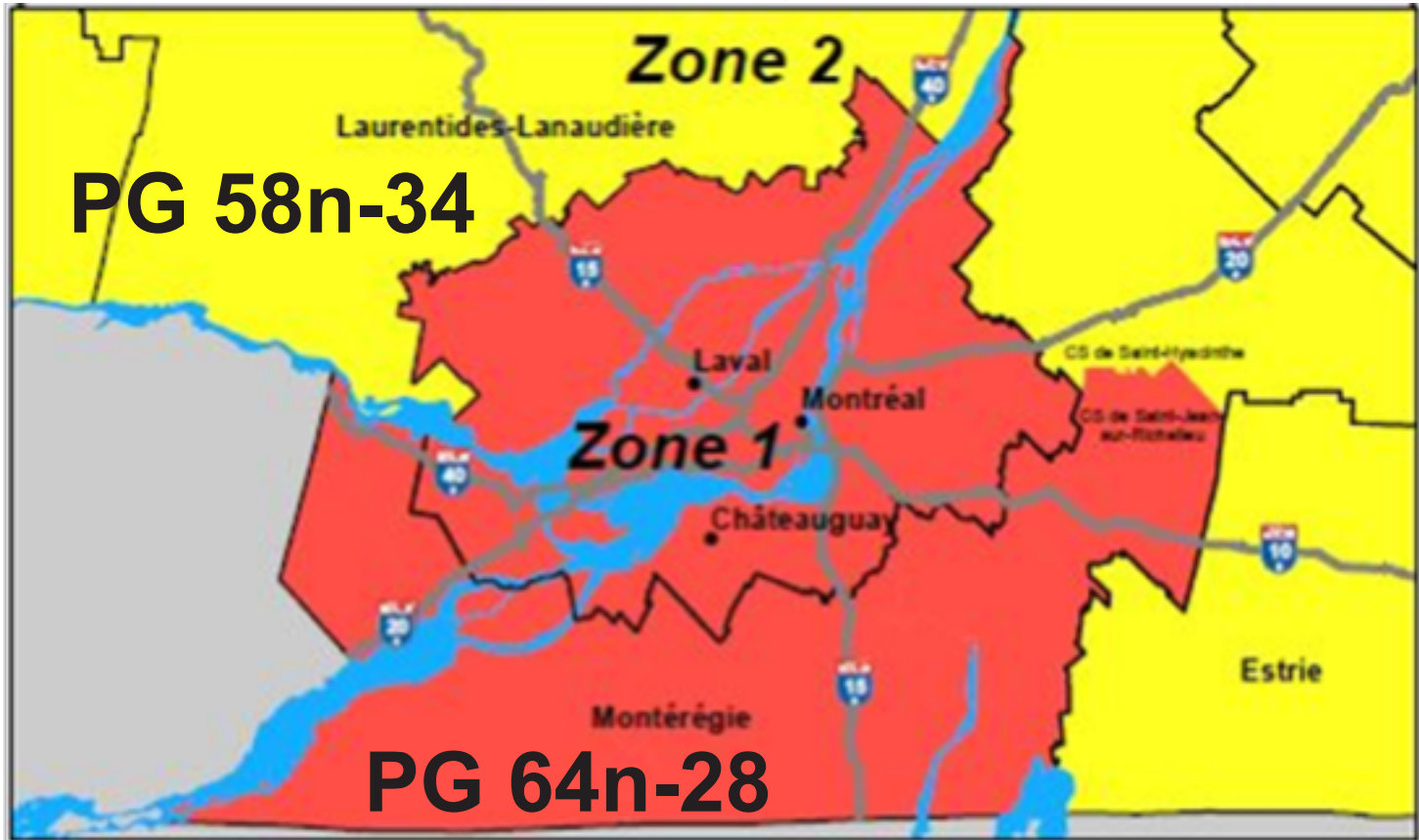
24 PG Hn-L possibles

Carte des zones climatiques (Province)

Zones climatiques pour le choix des classes de bitume



(Région de Montréal)



(Région de Saguenay)



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 resurfaçage

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

Recommandations sur le choix des composants

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

Recommandations sur le choix des composants

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

Évolution des classes de performance et classes retenues pour l'ajustement du prix du bitume

Zone climatique	Classe de performance actuelle	Classe de performance en vigueur en 2019	Classe de performance retenue pour l'ajustement du prix du bitume
2 1 et 2 ^R	PG 52-34 PG 58-28	PG 52S-34 PG 58S-28	PG 58S-28
2 et 3 ^R 1	PG 58-34 PG 64-28	PG 58H-34 PG 64H-28	PG 58H-34
3 2 1 2	PG 52-40 et PG 58-40 PG 64-34 PG 70-28 et PG 76-28 ^{US} PG 70-34 ^{US}	PG 52V-40 PG 58E-34 PG 64E-28 PG 64E-34	PG 58E-34

^R : Resurfaçage

^{US} : Usages spéciaux

Bitumes pour usages spéciaux

(Bitumes de remplacement aux PG 76-28 et PG 70-34)

Des exigences supplémentaires devront être spécifiées dans le devis.

- « 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. »

Impact sur les documents contractuels et les inventaires à la fin de 2018

- Modifier les bitumes PG H-L par les bitumes PG Hn-L de remplacement.
- Pour les contrats déjà commencés qui se termineront en 2019 ou après, il faudra faire usage des bitumes PG Hn-L de remplacement car les bitumes PG H-L ne seront plus disponibles.
- Gérer les quantités de bitume dans les réservoirs à la fin de 2018 pour éviter les non-conformités en début de 2019.

Impact sur les documents contractuels et les inventaires à la fin de 2018

- Les résultats de $Jnr_{3,2}$, $R_{3,2}$ et Jnr_{diff} sont inscrits sur les attestations depuis 2013. Le MTQ acceptera les attestations 2018 au printemps 2019.

Classification \leq 2018 (PG H-L)	PG 64-28	PG 70-28	PG 64-34	PG 58-34
Température de l'essai (°C)	64,0	64,0	58,0	58,0
Recouvrance d'élasticité à 3,2 kPa (%)	11,1	65,3	76,9	23,2
$Jnr_{3,2}$ (kPa ⁻¹)	2,71	0,47	0,29	2,44
Jnr_{diff}	35,2	44,5	44,0	53,8
Niveau de sollicitation	S	E	E	S

Bitume T, HRD ou THRD

Pas de changement apporté à ce qui se fait depuis déjà plusieurs années. Suffixe à la fin (p.ex.: PG 58H-34HRD).

En 2018, environ 60 % des bitumes utilisés par le MTQ étaient des bitumes HRD ou THRD (Haute Résistance au Désenrobage)

Conclusion

- Réduction des disparités de performance pour une même classe de performance (exemple : PG 58-34 → S, H ou V).
- Amélioration de la résistance des chaussées aux déformations permanentes et indirectement, selon plusieurs, de la résistance aux fissurations de retrait thermique.
- Le principe de 3 classes de bitume maximum par zone climatique est conservé.

Conclusion ...

- Les entrepreneurs et les fournisseurs de bitume devront travailler en étroite collaboration afin de limiter le nombre de non-conformités des bitumes en début d'année 2019.
- Le consensus observé pour cet essai et l'excellente collaboration de l'industrie dans ce dossier au cours des dernières années devraient mener à une transition harmonieuse vers le système de classification MSCR et à la construction de chaussées performantes et durables.

Questions ou commentaires?



www.viabitume.com/include/pdf/2018/juillet/v13-n2.pdf

Merci!