

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

Gaétan Leclerc, M. Sc., chimiste
Direction des matériaux d'infrastructures
AQTr novembre 2019

Introduction

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

Constat sur les bitumes : L'essai utilisé jusqu'en 2019 pour prévoir l'aptitude des bitumes à résister aux déformations permanentes était 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

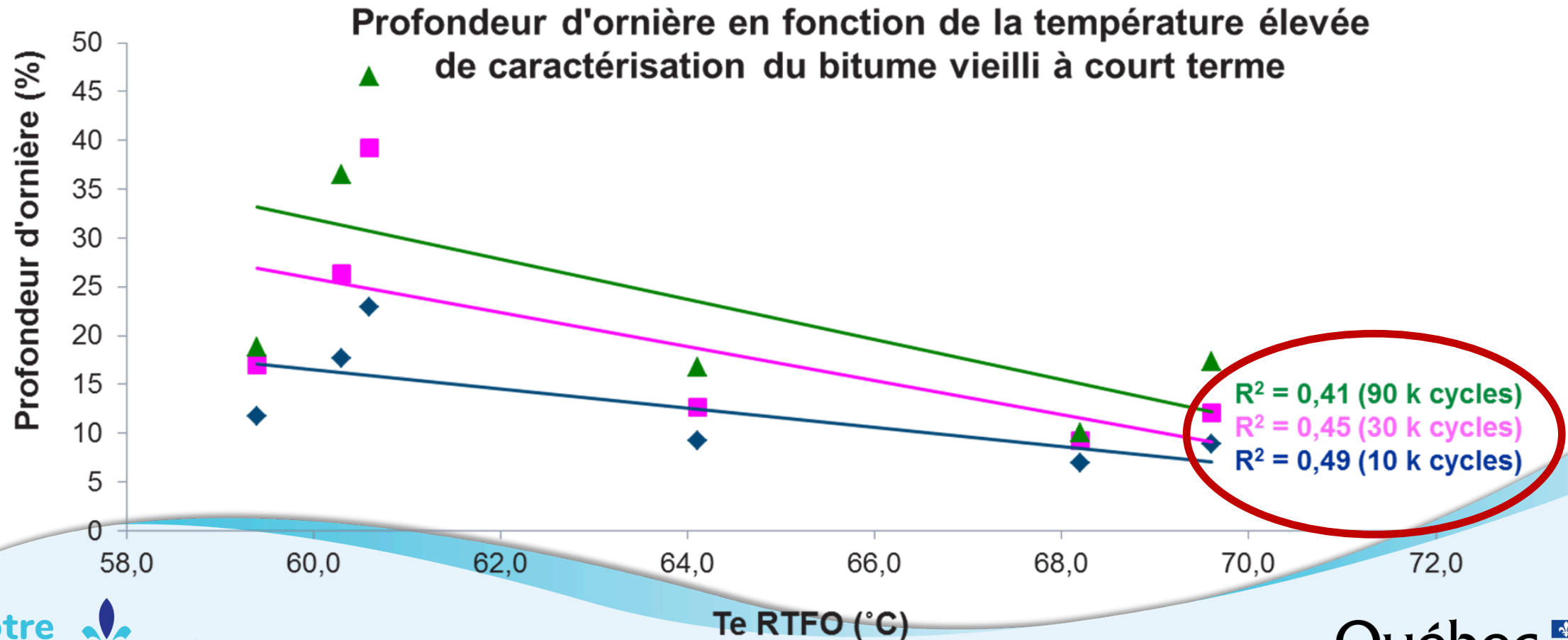
2013 : Les fournisseurs de bitume doivent inscrire les résultats de l'essai MSCR sur les attestations de conformité des bitumes

2014 : Création d'une table de travail avec l'industrie (spécifique à l'essai MSCR)

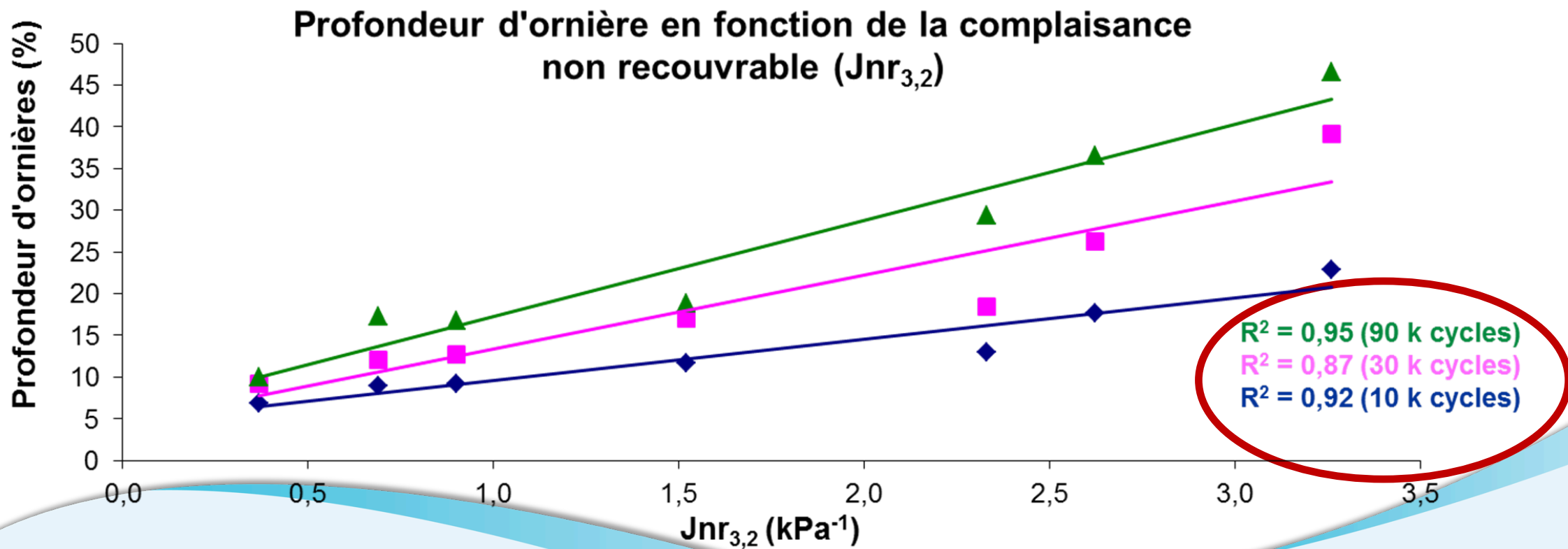
Pourquoi changer le système de classification actuel?

- L'essai MSCR a un meilleur pouvoir prédictif de la résistance aux déformations permanentes 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 à court terme (malaxage, entreposage, transport, mise en place)

Corrélation orniérage en laboratoire vs Te RTFOT (Formule ESG-10 en 2008)

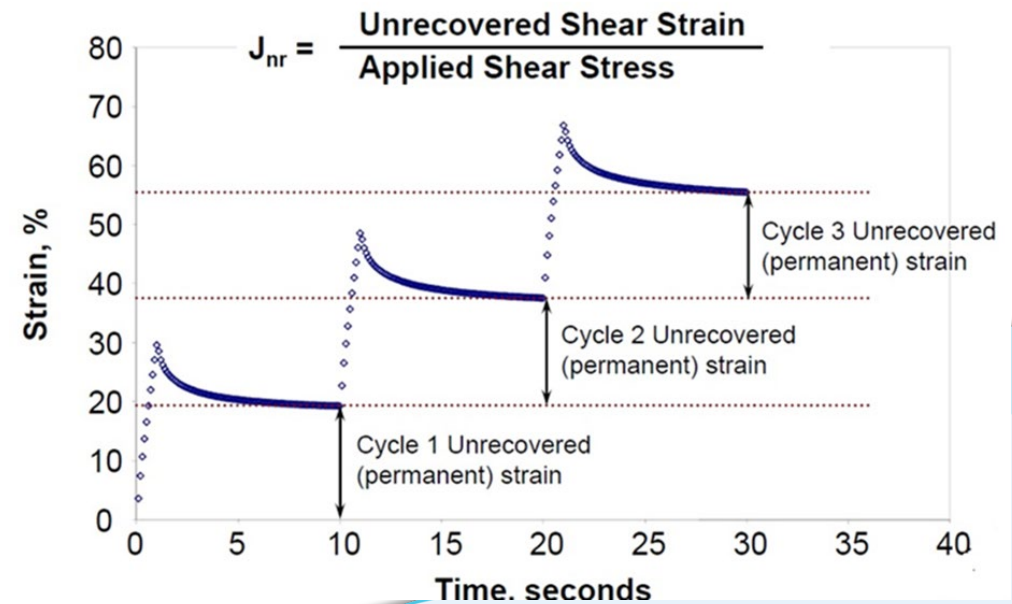
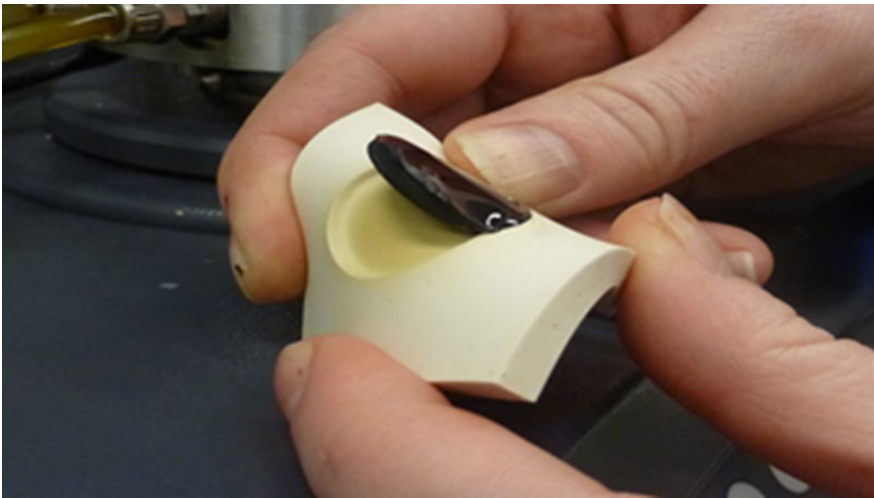


Corrélation orniérage en laboratoire vs $Jnr_{3,2}$ (Formule ESG-10 en 2008)

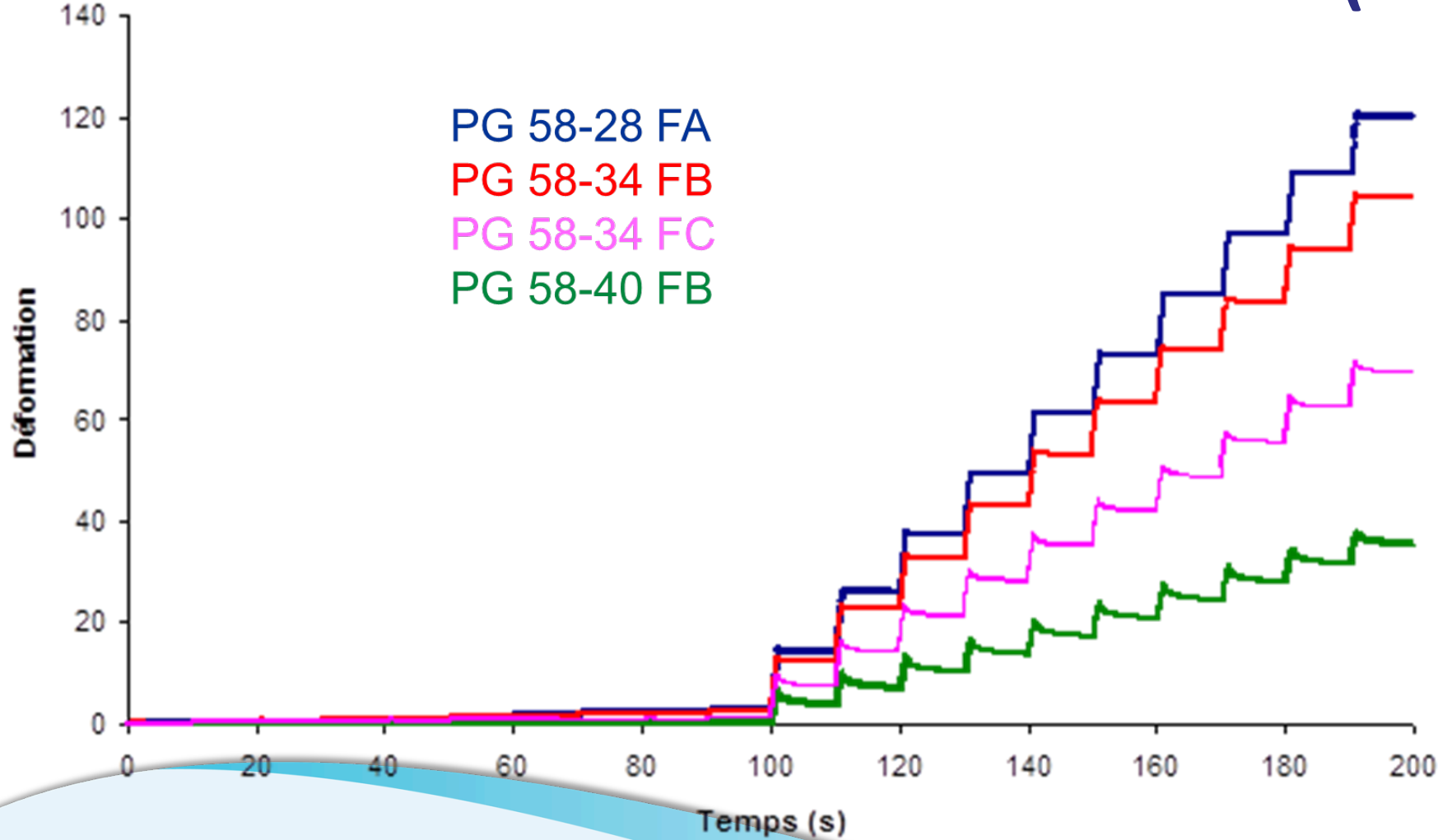


Essai MSCR (Multiple Stress Creep Recovery)

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



Résistance aux déformations accumulées (PG 58-L)



PG 58-28 FA

PG 58-34 FB

PG 58-34 FC

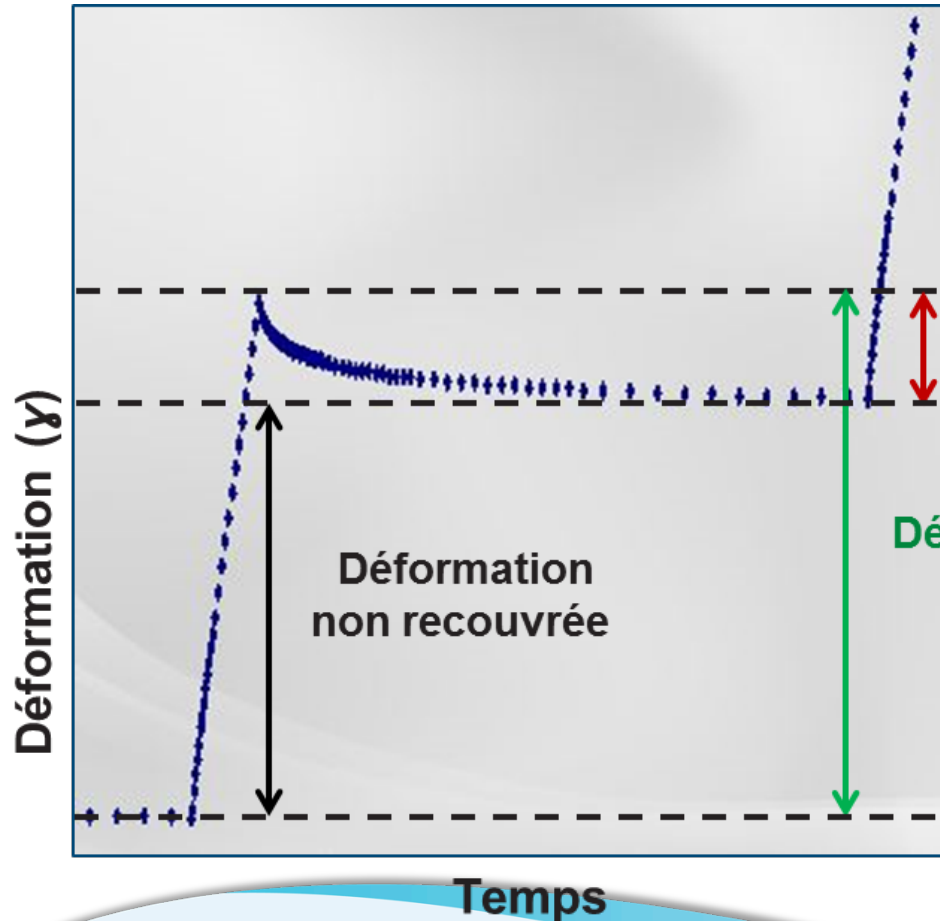
PG 58-40 FB

Distillation directe

Modifié élastomère
(RÉ ≥ 40%)

Modifié élastomère
(RÉ ≥ 60%)

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



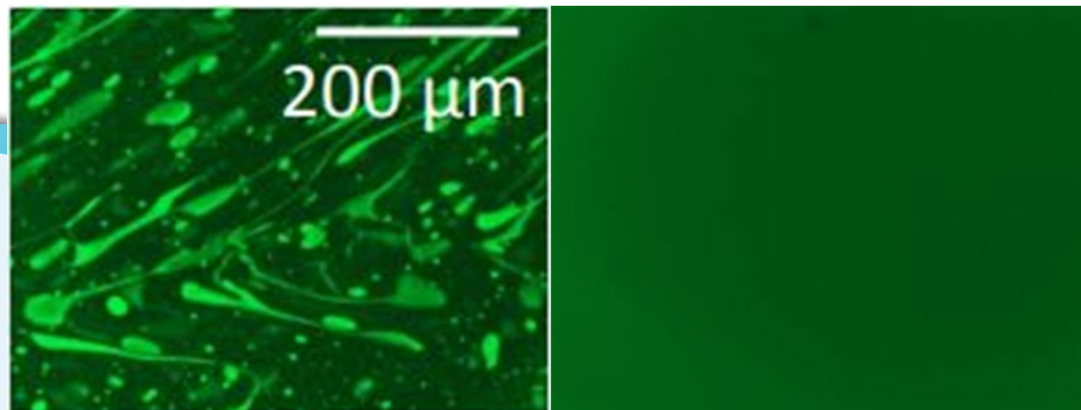
$$R_{3,2} (\%) = \frac{\text{Déformation recouvrée}}{\text{Déformation totale}} \times 100$$

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

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

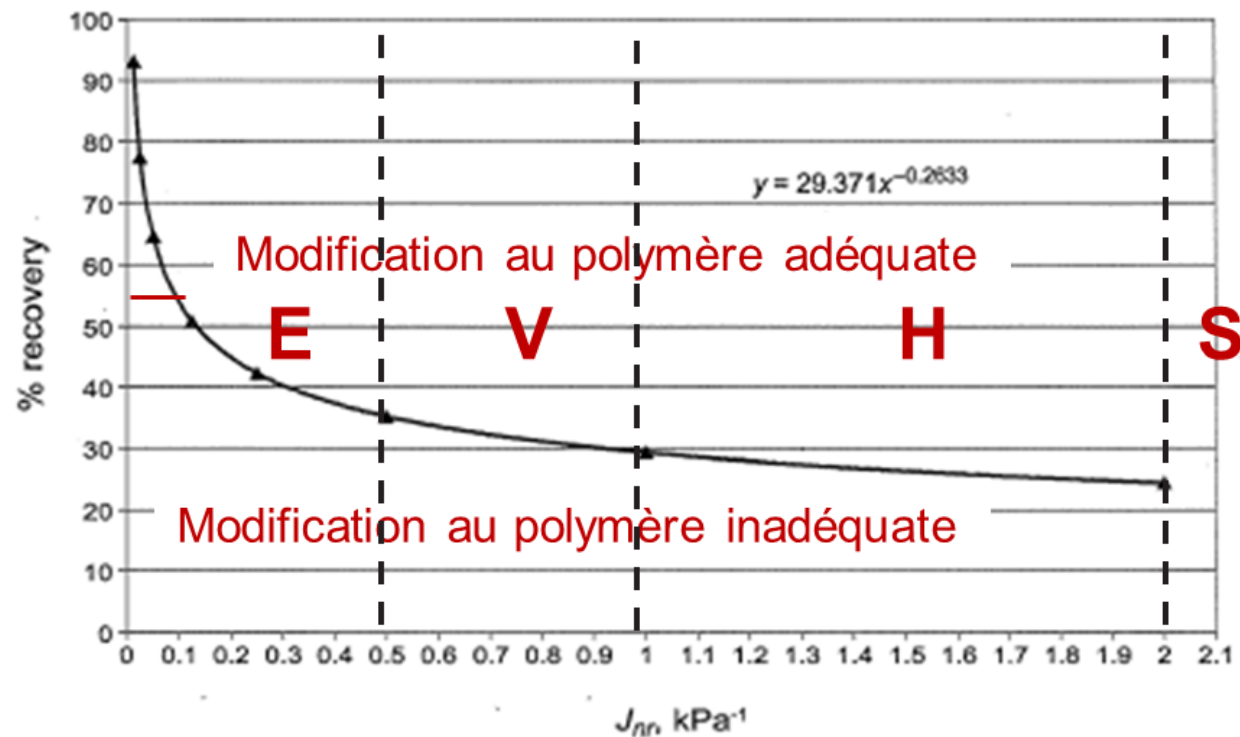
Systeme de classification AASHTO M332

- Un niveau de résistance à la sollicitation du trafic (S, H, V, 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



Systeme de classification AASHTO M332

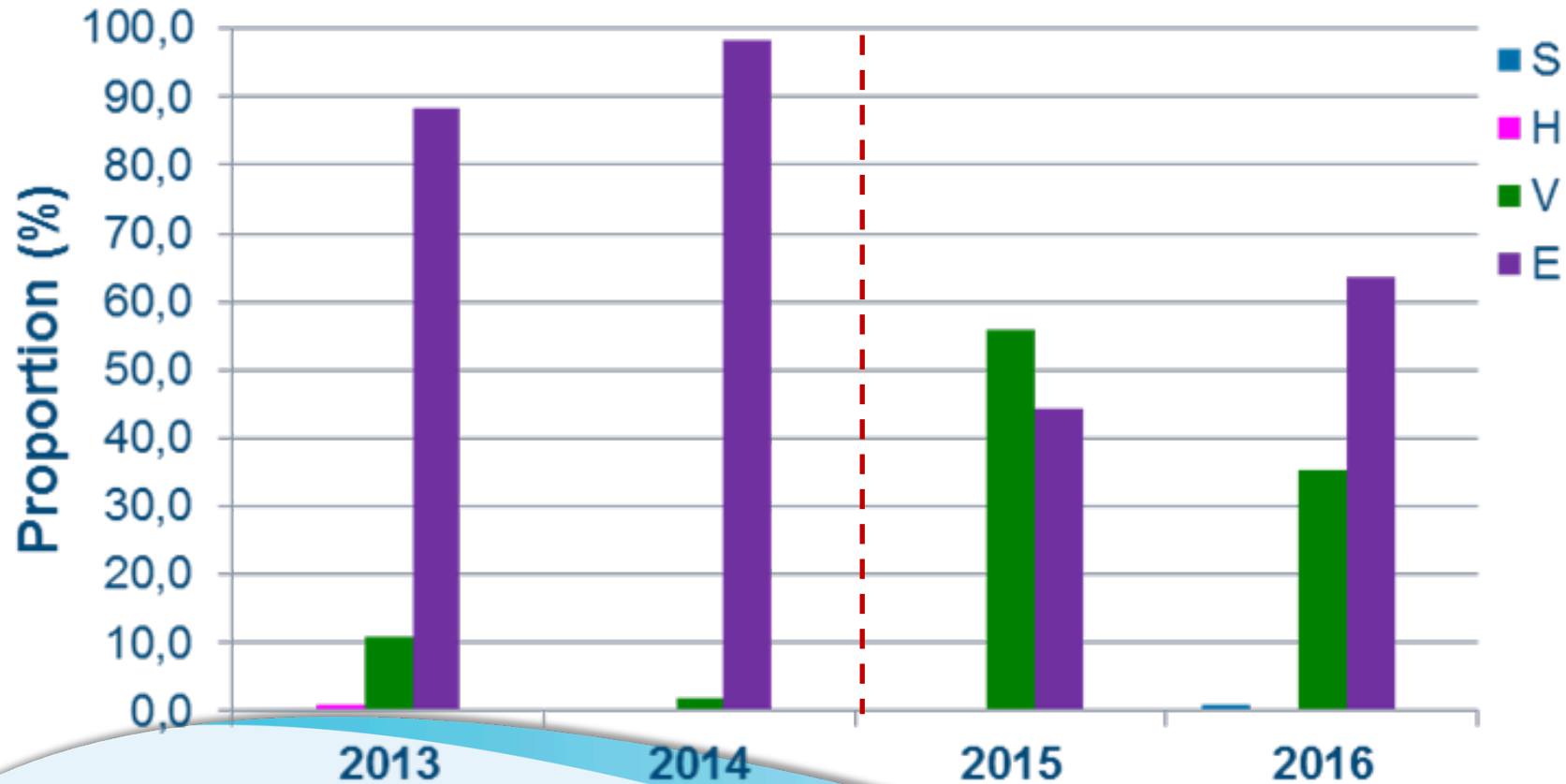
- Avec l'adoption de l'essai MSCR, la recouvrance d'élasticité dans un ductilomètre est remplacée par la recouvrance élastique mesurée au DSR ($R_{3,2}$ de l'essai MSCR)



Plusieurs PG58-34
*

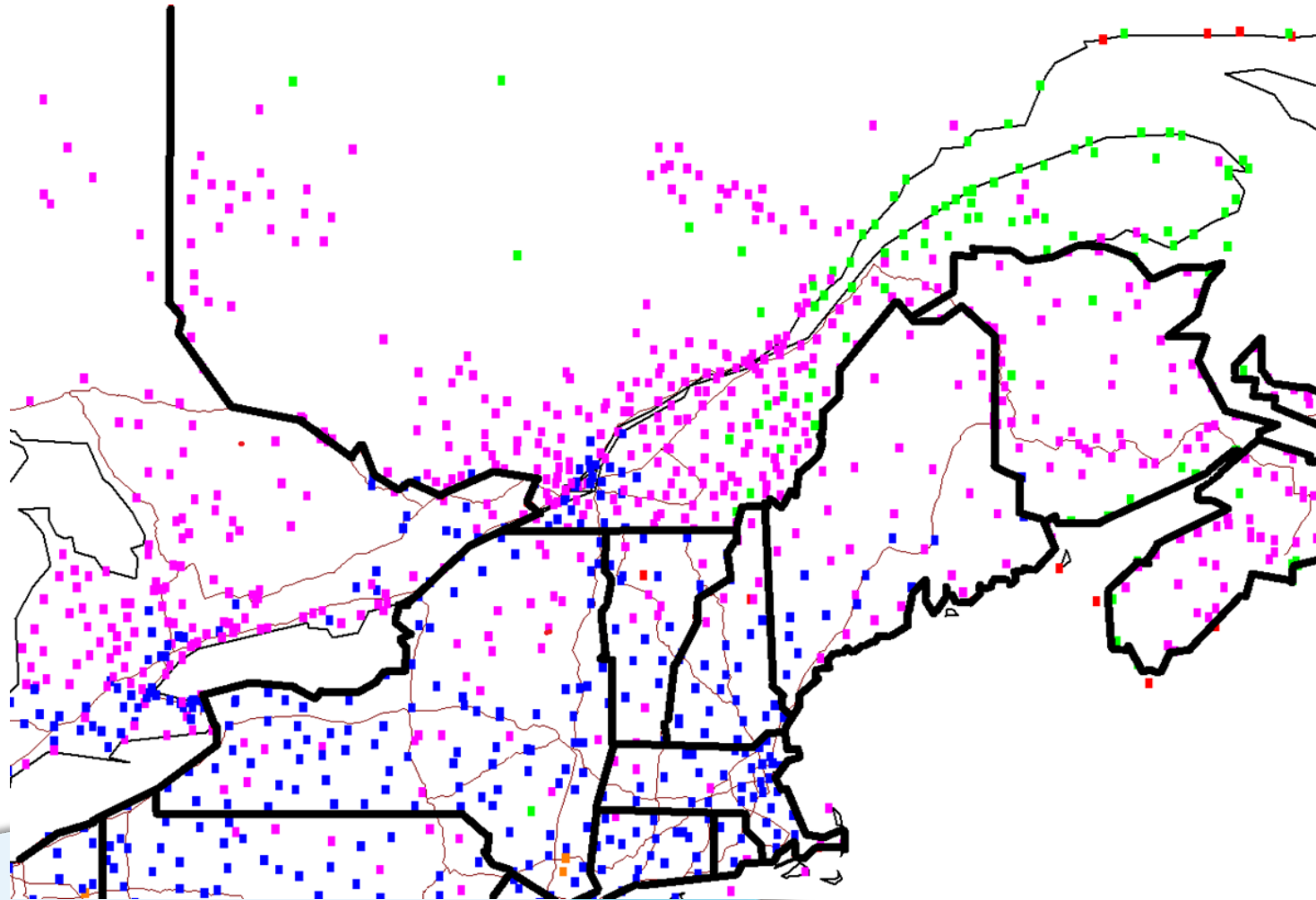
Évolution selon l'AASHTO M332 (MSCR à 58°C)

PG 64-34



Approvisionnement
en bruts asphaltiques
canadiens à partir de 2015

T élevées selon LTPPBind v3.1 (98 % niveau de confiance)



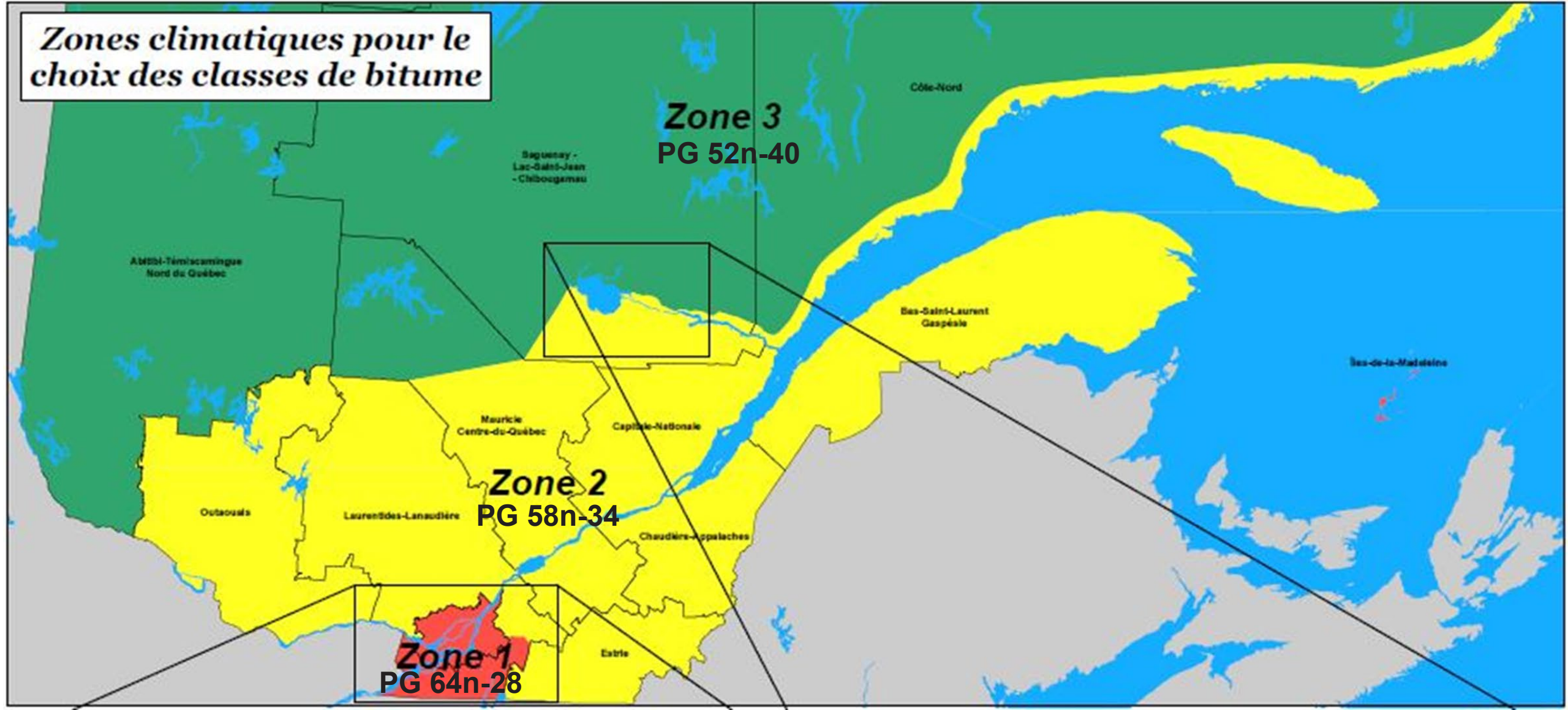
~~40°C
46°C
50°C
58°C
64°C~~

52°C (zone 3)
58°C (zone 2)
64°C (zone 1)

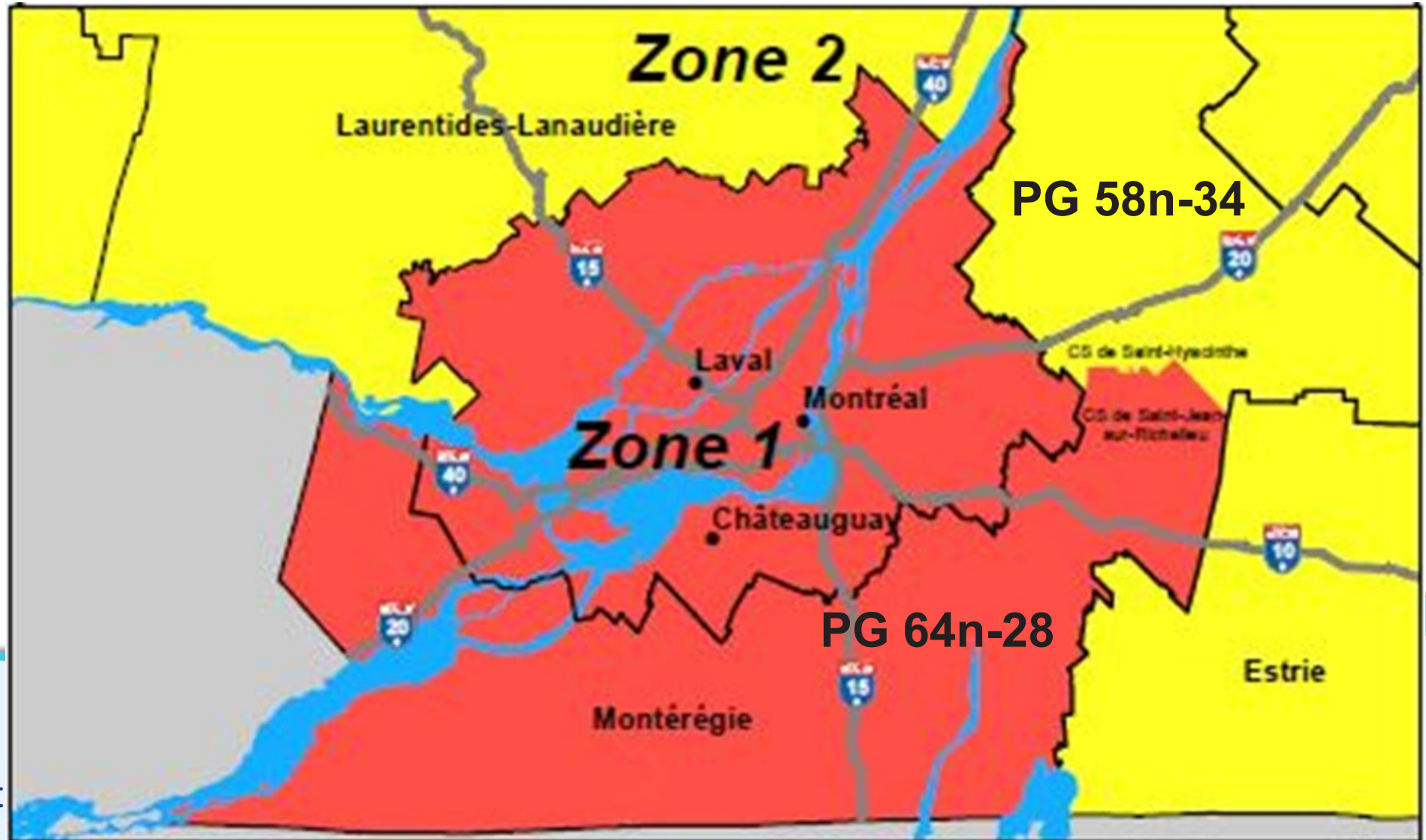
Carte des zones climatiques



Zones climatiques pour le choix des classes de bitume



Carte des zones climatiques



Carte des zones climatiques



Norme MTQ 4101

Paramètre	1	2	Classe de performance		5	6	Méthode d'essai
	PG 52n-34	PG 52n-40	PG 58n-28	PG 58n-34	PG 64n-28	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 _{3,2}	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 _{diff} ⁽⁵⁾	75 % max.						
R _{3,2} ⁽⁶⁾	≥ 29,371 Jnr _{3,2} ^{-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 ($Jnr_{3,2} > 2,00 \text{ kPa}^{-1}$) et est limité à 55 % minimum pour les bitumes ayant un $Jnr_{3,2} < 0,10 \text{ kPa}^{-1}$.

24 PG Hn-L possibles

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
	Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG	Zone 1 PG	Zone 2 PG				Zone 3 PG					
DJMA	ECAS annuel													
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	

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 terme de résistance à la sollicitation) à celle spécifiée dans le tableau peut être nécessaire.
3. Les caractéristiques des classes de bitumes de la couche de surface sont applicables à la couche de correction.
4. Classe de bitume recommandée lorsqu'il s'agit de resurfaçage.
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 recommandé si la quantité d'enrobé de cette couche est inférieure à 1 000 tonnes.
- Lorsque les valeurs de 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 8165 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 circulés 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.

Transports,
Mobilité durable
et Électrification
des transports

Québec

Québec

Type de route	Débit de circulation		Couche de surface			Couche de base		
			Bitume			Bitume		
	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.	64E-28	58E-34	S.O.
	< 20 000 > 5 000	< 1 000 000 > 500 000	64E-28	58E-34	S.O.	64H-28	58H-34	S.O.
	< 5 000	< 500 000	64E-28	58E-34	S.O.	64H-28	58H-34	S.O.
Nationale	> 20 000	> 500 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	64H-28	58H-34	52V-40
	< 20 000 > 5 000	< 500 000 > 300 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	64H-28	58H-34	52V-40
	< 5 000	< 300 000	64H-28	58H-34	52V-40 58H-34 ⁴	64H-28	58H-34	52V-40
Régionale et collectrice	> 20 000	> 300 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	64H-28	58H-34	52V-40
	< 20 000 > 5 000	< 300 000 > 150 000	64E-28	58E-34	52V-40 58H-34 ⁴	64H-28	58H-34	52V-40
	< 5 000	< 150 000	64H-28 ⁵	58H-34 58S-28 ⁴	52V-40 58H-34 ⁴	58S-28	58H-34	52V-40

Évolution des classes de performance

Zone climatique	Classe de performance antérieure	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

En révision

^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 la formulation

- CCDG 2019, normes, méthodes LC, devis :
- Usage exclusif des PG Hn-L. Addenda ou avenant nécessaires

Tableau 4202-6a

Détermination des cas où un nouvel essai à l'orniéreur est requis (PG H-L vs PG Hn-L)

		Changement apporté au PG du bitume de la formule théorique présentée pour l'essai à l'orniéreur, lorsque celui-ci est requis					
Bitume utilisé lors de la validation	PG	52V-40	58S-28	58H-34	64H-28	58E-34	64E-28
	52-40	NR	R	R	R	NR	NR
	58-28	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	58-34	NR	R	NR	NR	NR	NR
	58-40	R	R	R	R	NR	NR
	64-28	R	R	R	NR	NR	NR
	64-34	R	R	R	R	NR	NR
	70-28	R	R	R	R	R	NR

Impact sur les documents contractuels et la formulation

Tableau 4202-6b

Détermination des cas où un nouvel essai à l'orniéreur est requis (PG Hn-L vs PG Hn-L)

		Changement apporté au PG du bitume de la formule théorique présentée pour l'essai à l'orniéreur, lorsque celui-ci est requis					
Bitume utilisé lors de la validation	PG	52V-40	58S-28	58H-34	58E-34	64H-28	64E-28
	52V-40	NR	R	R	NR	R	NR
	58S-28	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	58H-34	NR	R	NR	NR	NR	NR
	58E-34	R	R	R	NR	R	NR
	64H-28	R	R	R	NR	NR	NR
	64E-28	R	R	R	R	R	NR

R : Essai à l'orniéreur Requis

NR : Essai à l'orniéreur Non requis

Bitumes T, HRD et THRD

- Pas de changement apporté à ce qui se fait depuis déjà plusieurs années. Suffixe à la fin (p.ex.: PG 58H-34HRD)
- En 2019, environ les 2/3 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 et de fatigue
- Le principe de 3 classes de bitume maximum par zone climatique est conservé

Conclusion

- Le consensus observé pour cet essai et l'excellente collaboration de l'industrie dans ce dossier au cours des dernières années ont mené à une transition harmonieuse vers le système de classification MSCR
- D'autres paramètres en émergences sont à l'étude au MTQ dont le ΔT_c . À suivre ...

Questions ou commentaires



DGLC

Direction générale
du laboratoire des chaussées

Bulletin
d'information
technique

vol. 24, n° 2, juin 2019

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



Via BITUME

La revue destinée à l'industrie des chaussées souples

Vol. 13 N° 2 Juillet 2018

**Sélection des bitumes basée
sur la classification MSCR p. 8**

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

Merci!