

MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE LA MOBILITÉ DURABLE
ET DE L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS

Implantation de la classification des bitumes basée sur l'essai MSCR

Gaétan Leclerc, M. Sc., chimiste
Congrès annuel de Bitume Québec
15 mars 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.

L'adoption de l'essai MSCR pour réduire les ornières de fluage sur le réseau devient impératif.

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).

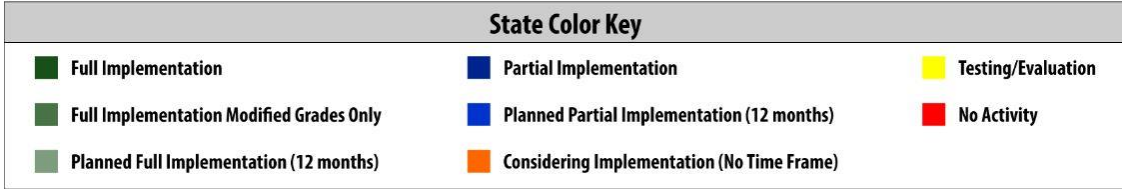
2008 : MTMDET présente ses premiers résultats sur l'essai MSCR.

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

Bref historique

2014 : Création d'une table de travail avec Bitume Québec et l'ACRGQTQ.

- Mandat : Discuter de l'impact de l'évolution des bitumes (MSCR et changement d'approvisionnement).
- Résultats : - Programme d'échange avec de nouvelles sources;
- Implantation du MSCR prévue en 2019.



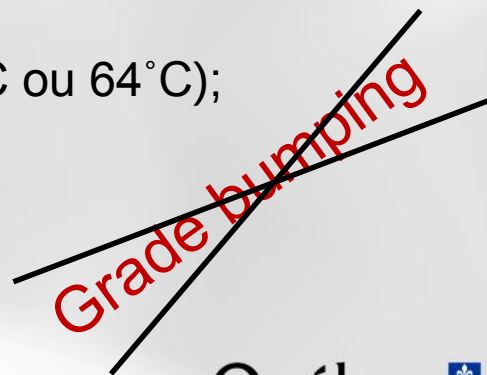
Pourquoi changer le système de classification actuel?

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) (vieillissement à court terme).



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.

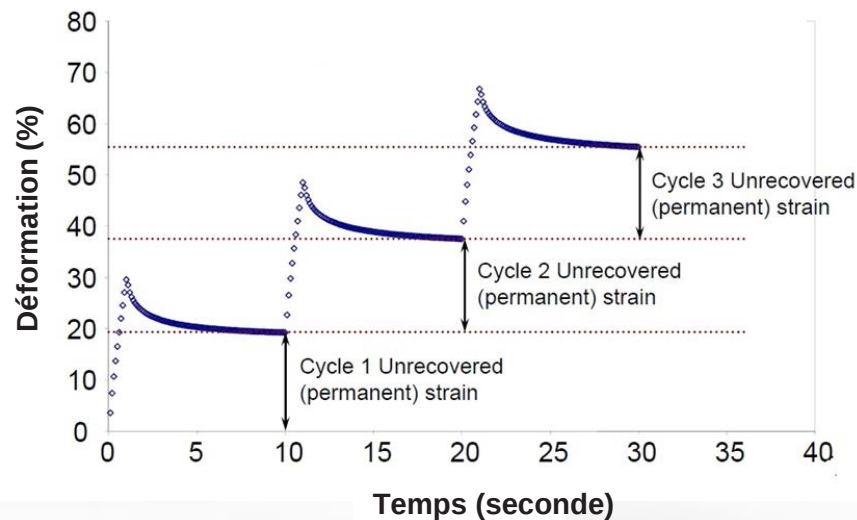
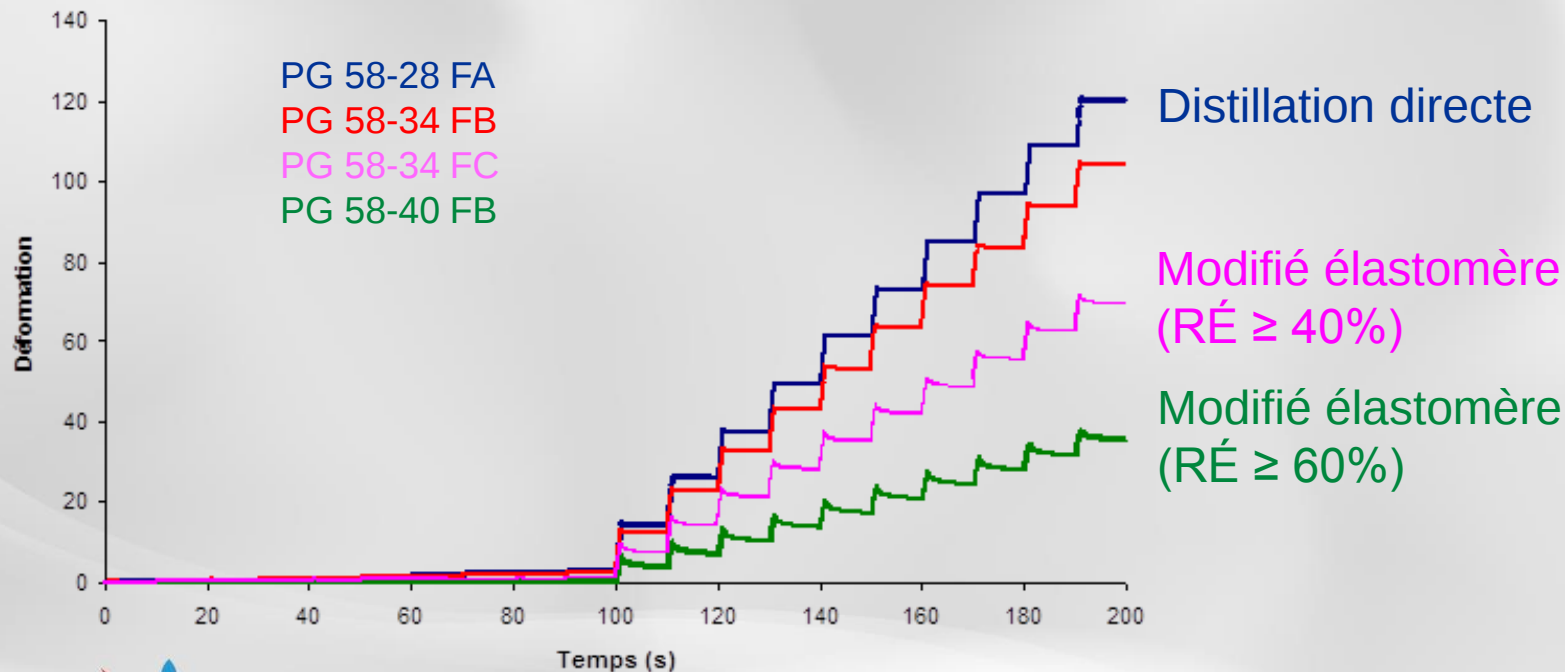
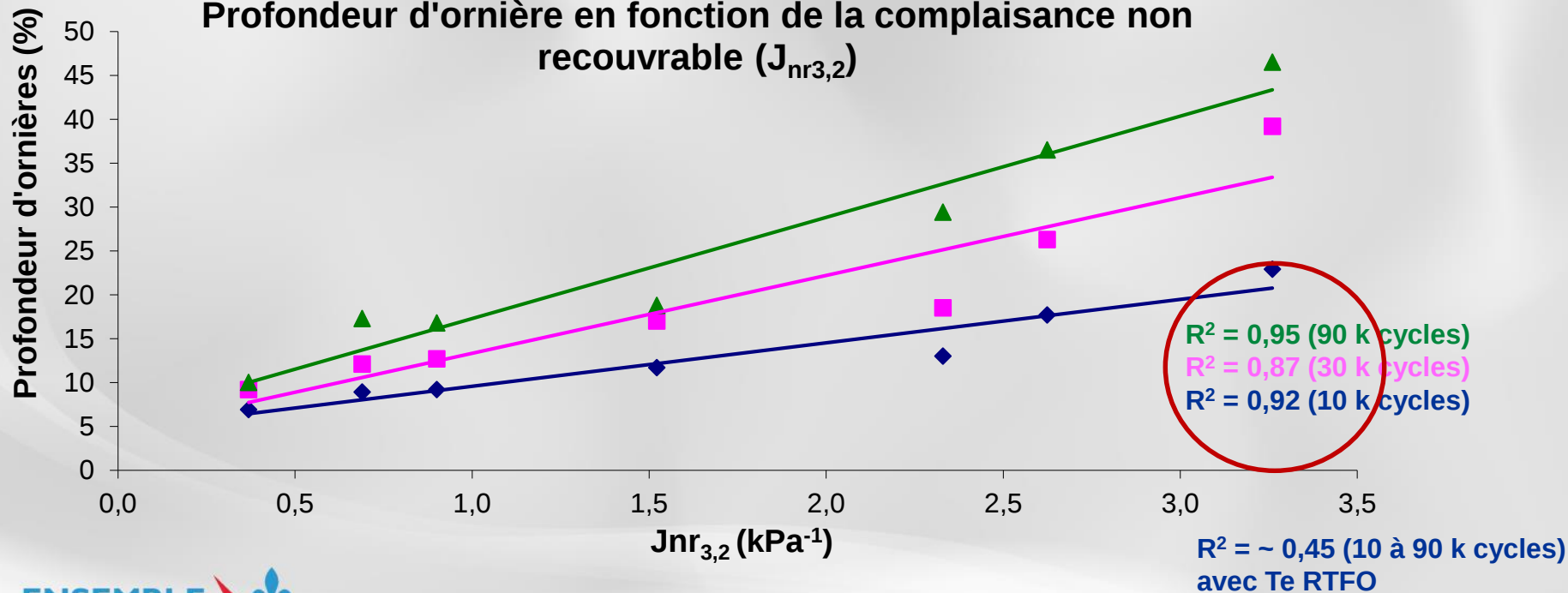


Illustration de la différence de performance pour des PG 58-L (essais réalisés en 2008)



Corrélation orniérage en laboratoire vs $J_{nr3,2}$ (Formule ESG-10 en 2008)

Profondeur d'ornièrre en fonction de la complaisance non recouvrable ($J_{nr3,2}$)



Programmes d'échange MSCR

AASHTO re:source Performance Graded Asphalt Binder.

- 267 laboratoires (MSCR depuis 2011).

MTO Performance Graded Asphalt Cement.

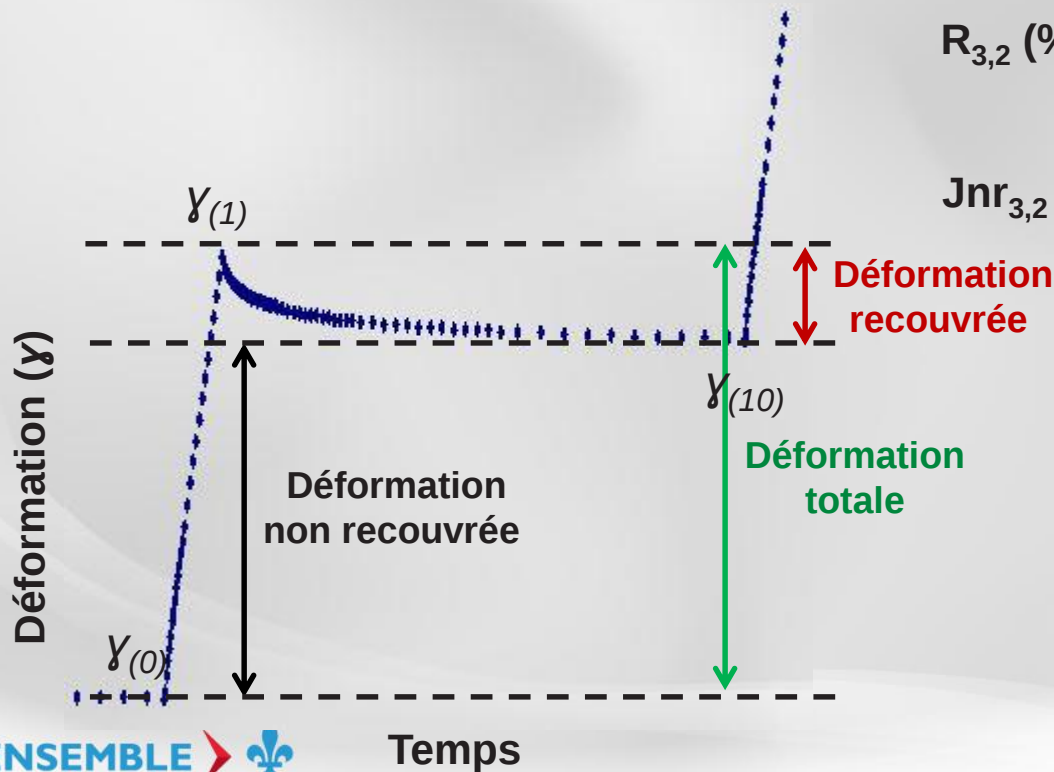
- 23 laboratoires (MSCR depuis 2012).

MTMDet 2015 Fiabilité de l'essai MSCR.

- 8 laboratoires, 6 bitumes, 2 PG (58-34 et 64-34), 2 températures/PG

Les fournisseurs disposent donc des informations nécessaires pour produire des bitumes avec une marge de sécurité afin d'éviter les non-conformités.

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 $Jnr_{3,2}$.

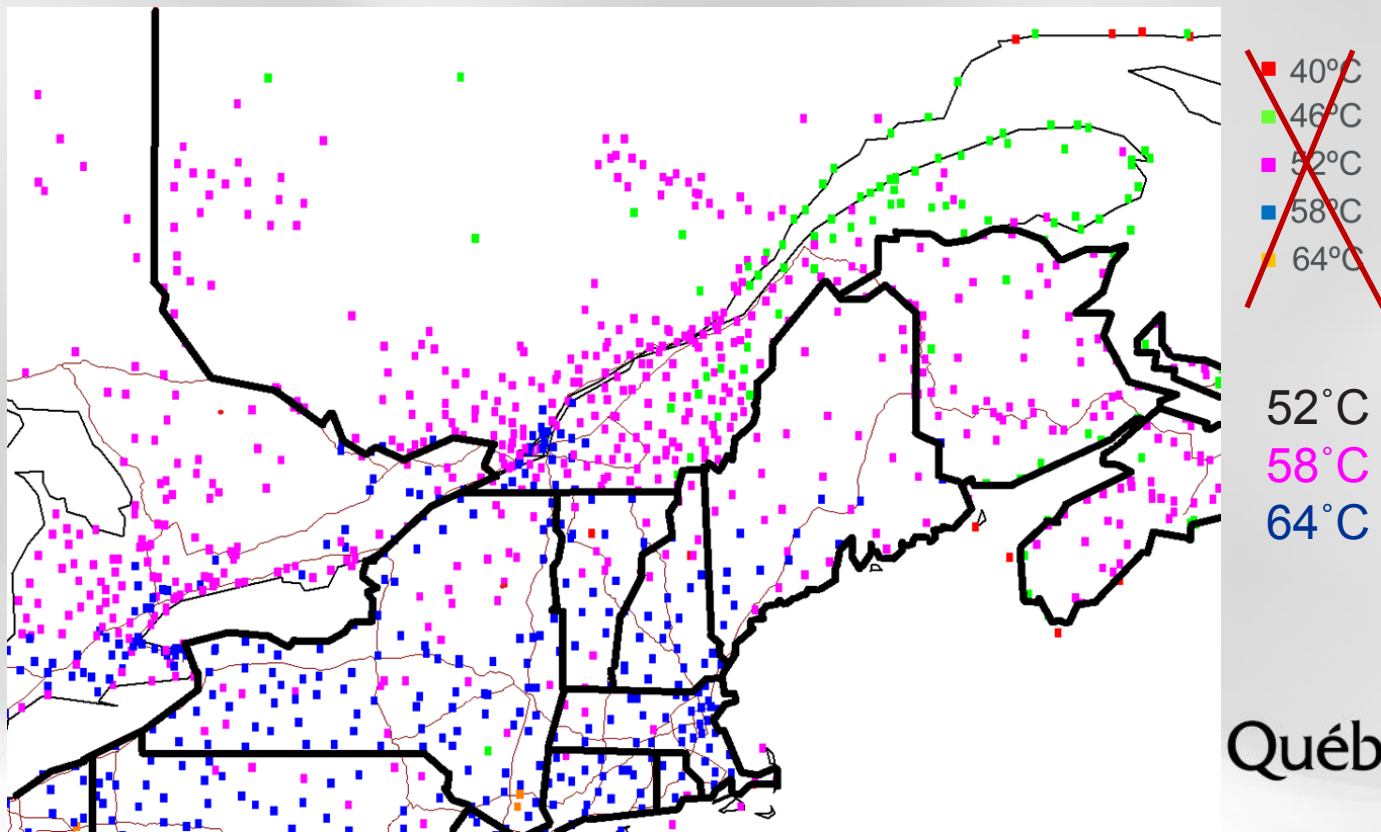
Le paramètre Jnr_{diff} évalue la sensibilité aux contraintes.



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

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



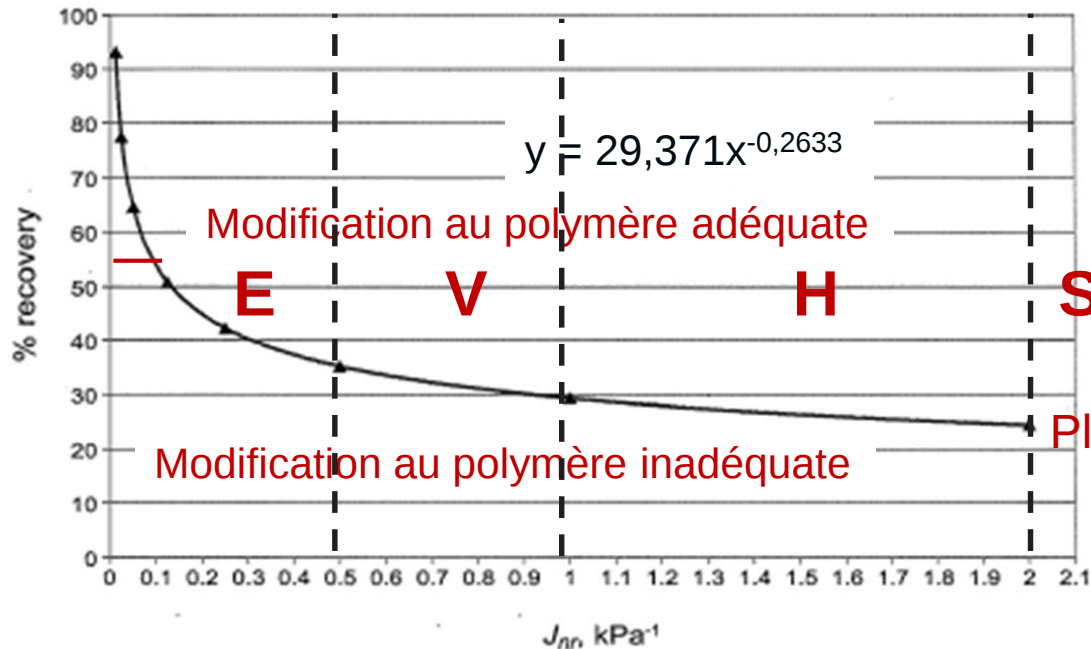
Projet de norme 4101 (extraits)

Paramètre	Classe de performance					Méthode d'essai
	PG 52N-34	PG 52N-40	PG 58N-28	PG 58N-34	PG 64N-28	
Bitume vieilli à court terme (RTFOT)						
Variation de masse ⁽¹⁾	< 1,00 %	< 1,00 %	< 1,00 %	< 1,00 %	< 0,60 %	AASHTO T240
MSCR à T °C		52 °C	52 °C	58 °C	58 °C	64 °C
Jnr _{3,2}	S	≤ 4,50 kPa ⁻¹				AASHTO T350
	H	≤ 2,00 kPa ⁻¹				
	V	≤ 1,00 kPa ⁻¹				
	E	≤ 0,50 kPa ⁻¹				
Jnr _{diff} ⁽²⁾	75 % max.					
R _{3,2} ⁽³⁾	≥ 29,371 Jnr _{3,2} ^{-0,263}					

1. La variation en masse peut être positive (gain de masse) ou négative (perte en masse).
2. Cette exigence est non applicable aux bitumes ayant un $Jnr_{3,2} < 0,10 \text{ kPa}^{-1}$.
3. 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 $Jnr_{3,2} < 0,10 \text{ kPa}^{-1}$.

Exigence de recouvrance d'élasticité (PG +)

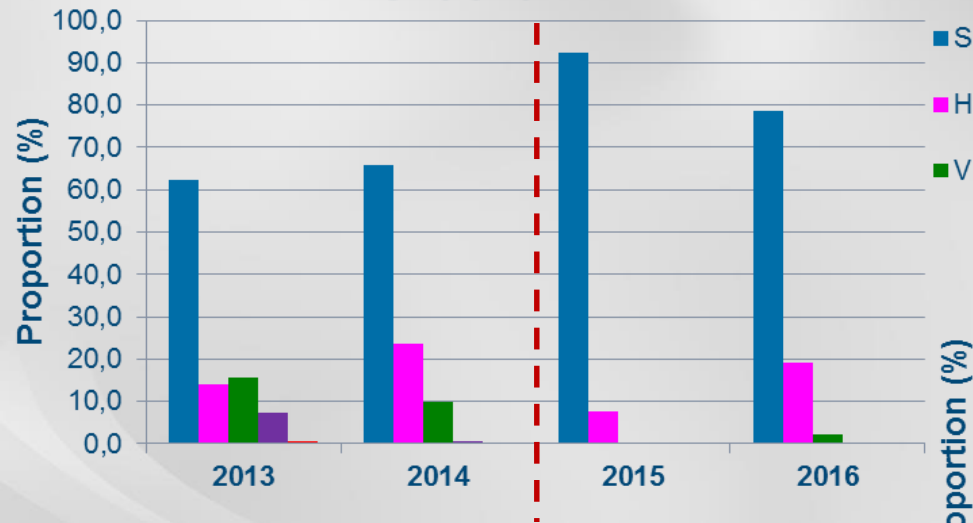
Avec l'adoption de l'essai MSCR, la recouvrance d'élasticité dans un bain à ductilité est remplacée par la recouvrance élastique mesurée au DSR ($R_{3,2}$ de l'essai MSCR).



Plusieurs PG58-34
*

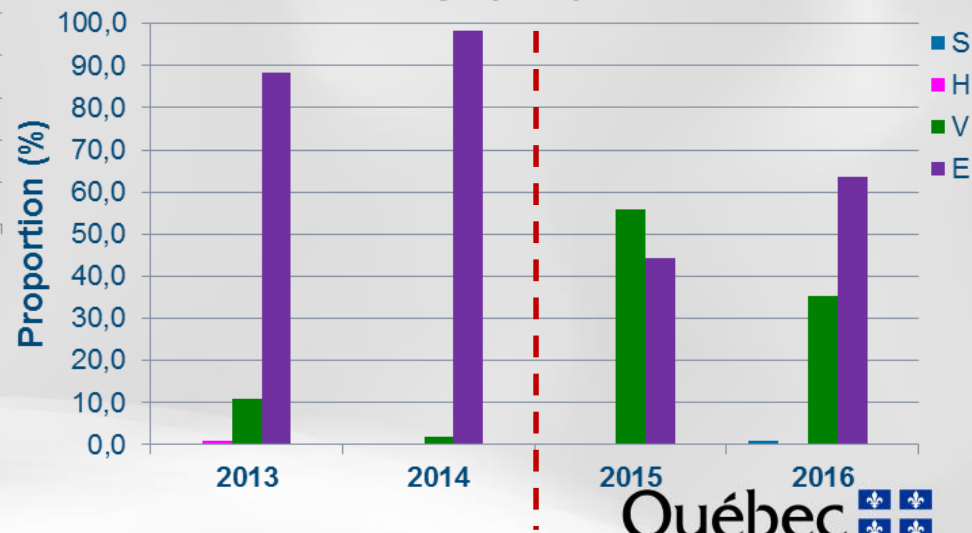
Évolution de la classification des bitumes selon la norme AASHTO M332 (MSCR à 58°C)

PG 58-34



Approvisionnement important en bruts asphaltiques canadiens à partir de 2015.

PG 64-34

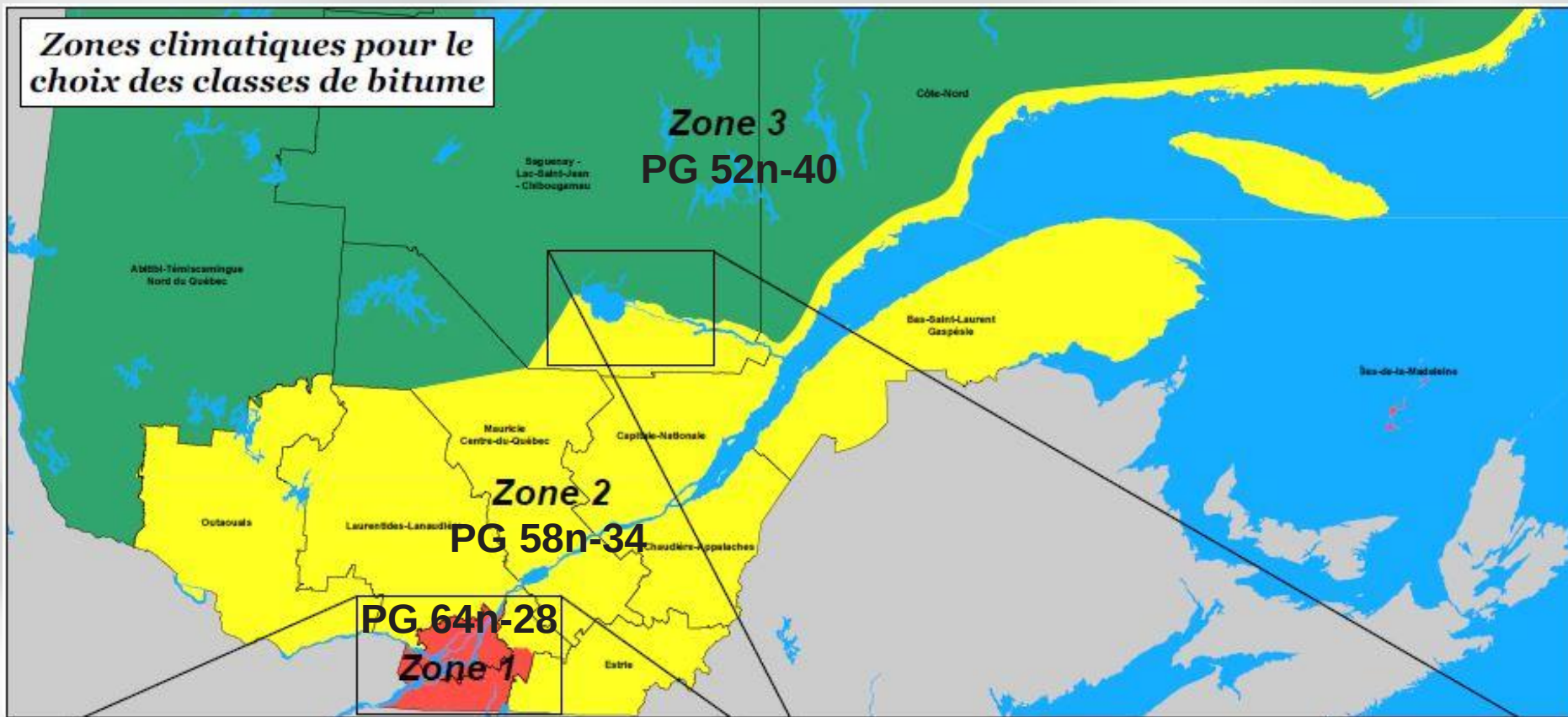


Bitumes de remplacement pour chacune des zones climatiques

Zone	Classification AASHTO M320 (actuel)	Classification AASHTO M332 (proposé)	Température d'essai MSCR
1	64-28 70-28	64 ^H -28 64 ^E -28	64°C
2	58-34 64-34	58 ^H -34 58 ^E -34	58°C
3	52-40 58-40	52 ^V -40	52°C
1 et 2	58-28	58 ^S -28	58°C

Maximum de 3 classes de performance par zone climatique.

Carte des zones climatiques (Province)



Carte des zones climatiques (Province)



Recommandations sur le choix des composants

CHOIX DES COMPOSANTS – ENROBÉS (norme 4202)

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

Recommandations pour construction neuve, reconstruction et resurfacement

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	

Bitumes pour usages spéciaux

Les exigences seront spécifiées dans le devis.

- **Recouvrement des chaussées en béton de la zone 1 :**
« Le bitume doit satisfaire aux exigences du PG 64E-28THRD et montrer une valeur de $Jnr_{3,2} \leq 0,XX \text{ kPa}^{-1}$ et une valeur de $R_{3,2} \geq YY,0\%$. La température de malaxage de l'enrobé fabriqué avec ce bitume doit se situer entre 156°C et 170°C. »
- **Chape d'étanchéité :** Des exigences seront élaborées si un besoin est exprimé.

À confirmer en cours d'année

Impact sur la formulation (Norme 4202)

Tableau 4202-6

Détermination des cas où un nouvel essai à l'orniéreux est requis

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

Impact sur les guides (2), les méthodes LC (13) et les devis ou clauses types

- ❑ Modifier les bitumes PG H-L par les bitumes PG Hn-L de remplacement.
- ❑ Prévoir dès maintenant l'implantation en 2019 des bitumes PG Hn-L pour les contrats de deux ans et plus débutant en 2018.

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.

Impacts sur les inventaires à la fin de 2018

Les entrepreneurs devront gérer les quantités de bitume dans leurs réservoirs à la fin de 2018 pour éviter les non-conformités en début de 2019.

- Connaître la quantité et les caractéristiques MSCR du bitume dans le réservoir. Les résultats de $Jnr_{3,2}$, $R_{3,2}$ et Jnr_{diff} sont inscrits sur les attestations de conformité à titre indicatif depuis 2013. Le MTMDDET acceptera les attestations 2018 au printemps 2019.
- Pas de problème envisagé pour les PG 58-40 (52V-40) et PG 58-28 (58S-28).

Conclusion

- ❑ Le système de classification basé sur l'essai MSCR réduira les disparités de performance pour une même classe de performance (exemple : PG 58-34 → S, H ou V).
- ❑ Les nouvelles recommandations sur le choix des composants amélioreront la résistance des chaussées aux déformations permanentes et indirectement, selon plusieurs, la résistance aux fissurations de retrait thermique.
- ❑ Le principe de 3 classes de bitume maximum par zone climatique est conservé.

- ❑ 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?

Merci!