

Les constituants des enrobés au Québec

Michel Paradis, ing. M.Sc.
Service des matériaux d'infrastructures

Formation sur les enrobés bitumineux
Montréal - novembre 2006



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Plan de la présentation

1. Introduction
2. Les granulats
 - Définitions;
 - Types de granulats pour le Québec;
 - Propriétés et caractéristiques;
 - Dimensions;
 - Norme NQ 2560-114;
 - Classes granulaires;
 - Exigences.
3. Les bitumes
 - Marché du bitume au Québec;
 - Classification Superpave;
 - Appareils de classification;
 - Essais complémentaires.
4. Les enrobés du Québec
 - Nomenclature;
 - Normes 4201 et 4202;
 - Répartition et Quantités 2005.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Plan de la présentation (fin)

5. Les Tableaux choix de composants
 - Nomenclature;
 - Constructions neuves et reconstruction;
 - Resurfacement;
 - Zones du Québec.
6. Les enrobés avec additifs
 - Enrobés avec amiante;
 - Enrobés recyclés;
 - Enrobés avec bardeau;
 - Enrobés avec scories d'acier;
 - Enrobés avec bitume caoutchouté.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Introduction

1995

- Nouveaux enrobés Marshall (4201) et PCG (4202)
- Majoration des teneurs en bitume (0,2 à 0,3 %)
- Classes granulaires et essais à l'ornièreur

1996

- Classification des bitume selon des essais rhéologiques aux températures de service (PG H-L)

1997

- Tableaux de recommandations
 - Choix des composants (construction neuve et reconstruction; resurfaçage; enrobés spéciaux)
 - Critères de sélection des enrobés
 - Facteurs d'influence de la performance des enrobés

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Introduction (fin)

2001

- L'usage du PG 52-34 n'est plus recommandé
- Majoration des épaisseurs des enrobés
- Normalisation du PG 64-28 et du PG 70-28 (MTQ 4101)

2002

- Introduction d'une méthode pour évaluer l'affinité d'un bitume à source granulaire donnée (LC 25-009)

2004

- Révision des tableaux de recommandations sur le choix des composants

2006

- Normalisation de nouveaux enrobés (PCG)

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Constituants des enrobés

Les granulats

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



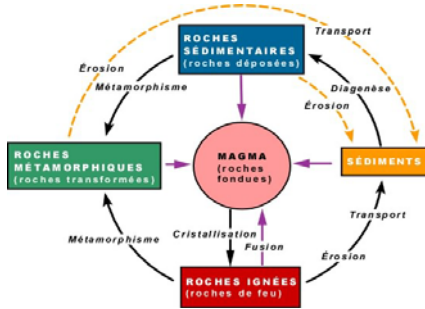
Définitions

- **Minéral**: espèce chimique naturelle se présentant sous forme de solide cristallin ex: quartz, feldspath, calcite ...
- **Roche**: matériau constitutif de l'écorce terrestre formé d'un assemblage de minéraux présentant une certaine homogénéité et généralement dure et cohérente

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Types de roches



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.





Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Propriétés des Granulats

- Caractéristiques intrinsèques

- Propriétés liées à la nature même du matériau tel que la résistance à l'usure, la résistance à la fragmentation et la sensibilité aux agents atmosphériques. ie. les propriétés mécaniques ainsi que les caractéristiques pétrographiques

- Caractéristiques de fabrication

- Propriétés liées aux conditions d'exploitation et au processus d'élaboration des matériaux tel que la forme et l'angularité des particules
- On peut exercer un certain contrôle sur ces propriétés

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Propriétés des Granulats

- Caractéristiques complémentaires

- Caractéristiques nécessaires pour s'assurer que les granulats répondent à des besoins particuliers selon l'usage

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Caractéristiques importantes pour les enrobés

Les granulats constituent un des éléments principaux. La qualité de l'enrobé sera tributaire du type de granulat utilisé et de sa qualité

- Bonne résistance mécanique: chocs, usure et intempéries (cycles de gel-dégel)
- Exigences sur la granulométrie, la forme, la texture et la propreté

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Granulats vs performance des enrobés

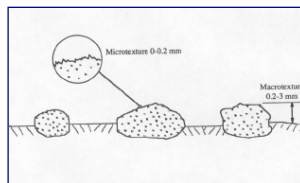
- 3 objectifs de performance pour l'enrobé:
 - Sécurité (adhérence, orniérage, uni)
 - Durabilité
 - Rendement (rapport qualité-prix)
- Critères établis selon:
 - Trafic
 - Environnement
 - Disponibilité des matériaux
 - Historique de la source

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Sécurité-adhérence

- Adhérence
 - Propriété de la surface assurant le contact pneu-chaussée
 - Liée à la qualité des granulats : la macrotexture et la microtexture



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Sécurité-orniérage

- Déformation ou usure de l'enrobé dans les traces de roues.
 - stabilité de l'enrobé.
 - la texture de surface des particules.
 - la forme des particules.
 - l'angularité des particules si l'angularité augmente, l'orniérage diminue.
 - Caractéristiques de fabrication.
 - Gros granulats : 100 % fragmenté.
 - Granulats fins : coefficient d'écoulement >80.
- résistance à l'usure des granulats.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Sécurité-uni

- **Uni:**
 - Traduit par l'indice de confort au roulement (IRI)
 - Influencé par la mise en œuvre (maniabilité)
 - La forme des granulats influence la maniabilité de l'enrobé :
 - Granulats ronds : facile à mettre en place et à compacter, mais facile à déformer
 - Granulats plats et allongés : difficiles à mettre en place et à compacter

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Durabilité

- **Arrachement – désenrobage**
 - Détérioration du granulat.
 - Faible résistance aux chocs et à l'usure
 - Faible résistance aux intempéries
 - Propreté des granulats.
 - Les granulats couverts de poussière offrent un lien bitume-granulat faible.
 - Rupture du lien bitume-granulat.
 - Affinité bitume-granulat faible.
- Ex.: calcaire vs silice.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Dimensions

Matériau sans cohésion, formé de particules de dimensions inférieures à 125 mm

- **Gros granulats:**
 - particules de dimension comprises entre 5 et 125mm
- **Granulats fins:**
 - particules de dimension comprises entre 0 et 5 mm
- **Particules fines:**
 - particules de dimension comprises entre 0 et 80µm

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



NORME NQ 2560-114

Travaux de génie civil - granulats

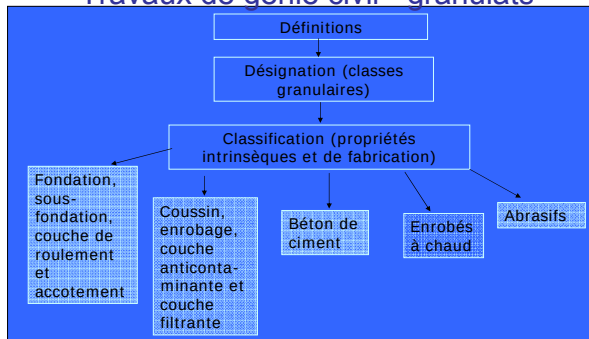
- Définitions et catégorisation des matériaux
 - Classes granulaires
 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication
 - Caractéristiques complémentaires
- Les normes sur les enrobés y réfèrent pour la sélection des granulats

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



NORME NQ 2560-114

Travaux de génie civil - granulats



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



NORME NQ 2560-114

Travaux de génie civil - granulats

- Fuseau de spécification
Fuseau granulométrique propre à chaque emploi
- Classes granulaires
Définissent un granulat selon sa plus petite dimension dite petit «d», sa plus grande dimension dite grand «D» et selon une distribution précise entre ces deux limites.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classes granulaires

- Facilite la dénomination des produits;
- Classifie les granulats sur la base des coupures granulométriques (d et D);
- Prend en compte l'efficacité des installations de concassage;
- Homogénéité des produits.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classes granulaires

Définies par 5 dimensions de tamis :

- 1,6D deux tamis au-dessus de la plus grande dimension D
- D la plus grande dimension de la classe
- d+D/2 le tamis intermédiaire entre celui de d et celui de D
- d la plus petite dimension
- 0,6 d deux tamis au-dessous de la plus petite dimension d

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Tableau 1
Exigences granulométriques pour les classes granulaires
généralement utilisées en enrobé
(selon la pratique courante *)

Tamis (mm)	0-2,5	0-5	0-10	0-14	2,5-5	2,5-10	5-10	5-14	10-14	10-20	14-20
25										100	100
20				100				100	100	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾
14			100	85-100 ⁽¹⁾	100	100	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾
10		100	85-100 ⁽¹⁾		100	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾
5	100	85-100 ⁽¹⁾			85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾
2,5	85-100 ⁽¹⁾				85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾
1,25					85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾	85-100 ⁽¹⁾

Modifications par rapport à la norme NG 2560-114

- (1) Au tamis D, la tolérance est de 100 % passant au lieu de 99 %.
- (2) Au tamis d, la tolérance est de 0 % passant au lieu de 1 %.
- (3) Au tamis 0,6 d, la tolérance est de 5 % au lieu de 3 %.

* Le présent tableau fixe les exigences granulométriques en fonction de la série de tamis couramment utilisée en laboratoire pour les enrobés et en tenant compte des tolérances acceptées par les entrepreneurs et le Ministère.

† Ces classes granulaires sont recommandées afin d'éviter les chevauchements (voir la note 1 des tableaux 4201-1 et 4202-1 des normes 4201 et 4202).

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classe granulaire recommandées par le MTQ

Gros granulats	14/20	
	10/14	
	5/10	
Granulats fins	2,5/5	0/5
	0/2,5	

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



CATÉGORIES DE GROS GRANULATS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES INTRINSÈQUES

Caractéristiques intrinsèques	Méthodes d'essais	CATÉGORIE DE GROS GRANULATS					
		1	2	3	4	5	6
micro Deval (m D)	LC 21-070	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Los Angeles (LA)	LC 21-400	≤ 35	≤ 45	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 50
Σ Md + LA		≤ 40	≤ 55	≤ 70	≤ 75	≤ 80	≤ 85

MTQ

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Caractérisation et classification des gros granulats

Essai micro Deval

- Sert à évaluer la dégradation des matériaux et la production de particules fines lors de la fabrication des granulats, leur transport, leur mise en œuvre et leur performance en service.

Essai Los Angeles

- Caractérise la résistance à la fragmentation des granulats.
- Évalue la dégradation des granulats soumis à des chocs répétés.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



CATÉGORIES DE GROS GRANULATS SELON LEURS CARACTÉRISTIQUES DE FABRICATION

Caractéristiques de fabrication	Méthodes d'essais	CATÉGORIE DE GROS GRANULATS				
		A	B	C	D	E
Fragmentation %	LC 21-100	100	≥ 75	≥ 60	≥ 60	≥ 50
Particules plates %	LC 21-265	≤ 25	≤ 25	≥ 25	≤ 30	
Particules allongées %	LC 21-265	≤ 40	≤ 40	≤ 45	≤ 50	

MTQ

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Caractéristiques complémentaires gros granulats

- **Propreté CSA-A23.2-5a**
 - Teneur en élément inférieur à 80 µm
 - Carrières % max = 1,5%
 - Gravières % max = 1,0%
- **Polissage par projection LC 21-102**
 - Résistance au polissage des granulats.
 - Projection d'un jet d'eau et d'abrasif sous pression

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



CATÉGORIES DE GRANULATS FINS

Caractéristiques intrinsèques	Méthodes d'essais	CATÉGORIE DE GRANULATS FINS		
		1	2	3
Micro deval	LC 21-101	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Friabilité	LC 21-080	≤ 40	≤ 40	s.o.

MTQ

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Coefficient de polissage par projection (CPP)

- Indice de la microtexture
- Exigence pour les autoroutes:
 - $\text{CPP} \geq 0,45$
- Exigence pour l'Île de Montréal:
 - $\text{CPP} \geq 0,50$

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Le CPP



L'appareil du coefficient de polissage par projection

Le pendule britannique

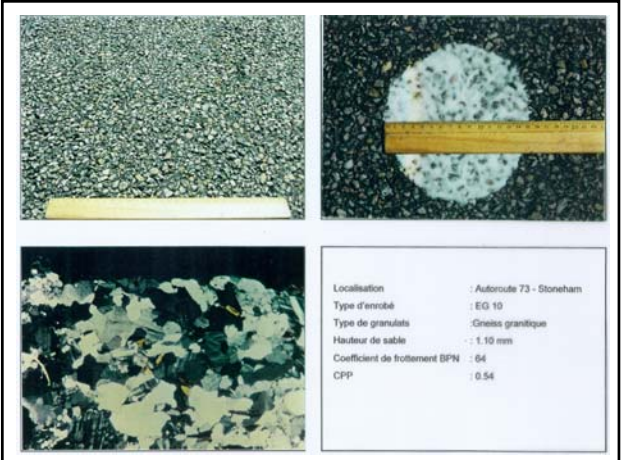
Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.





Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.





Constituants des enrobés

Les bitumes

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

Le marché du bitume au Québec

Tableau 6 – Quantité de bitume utilisé par classe de performance PG 2005

Classe de bitume (PG)	Quantité d'enrobés (tonnes)	Quantité de bitume (tonnes)	Proportion d'utilisation des classes de bitume (%)
52-34	0	0	0
52-40	0	0	0
58-28	151 626	8 784	6,2
58-34	1 453 693	74 101	52,0
58-40	20 690	1 026	0,7
64-28	214 492	11 264	7,9
64-34	611 734	32 438	22,8
70-28	279 458	14 900	10,4
70-34	0	0	0
Total	2 731 693	142 513	100

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

Producteurs québécois

- 2 entreprises qui raffinent le brut pour en faire du bitume:
 - Petro-Canada
 - Shell
- 5 entreprises spécialisées dans la modification du bitume:
 - Bitumar, Kildair, McAsphalt
 - STEB, Construction DJL

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classification SUPERPAVE...

- Simulation du vieillissement du bitume.
- Classification basée sur la performance à des températures de service.
- Permet de combattre à la fois l'orniérage et la fissuration thermique.
- Aucun essai pour mesurer l'adhésion et la cohésion du bitume.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



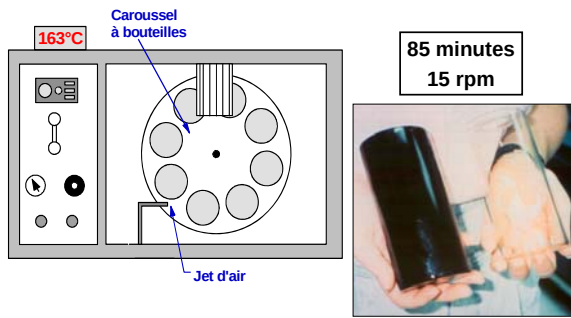
Classification CSGB 16.3 M90

- Les bitumes sont classifiés selon des critères de consistance à 25°C et à 135°C.
- Le bitume est analysé à l'état d'origine, soit avant le malaxage.
- Compromis entre:
 - lutte à l'orniérage (faible pénétration)
 - lutte contre la fissuration thermique (pénétration élevée)

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



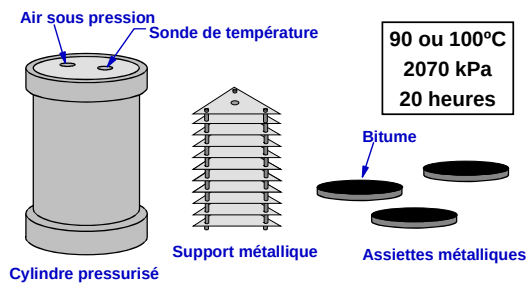
Appareil RTFOT



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



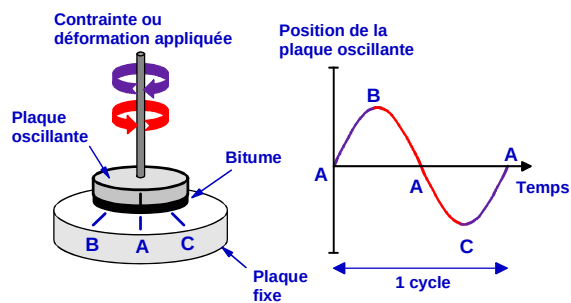
Appareil PAV



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



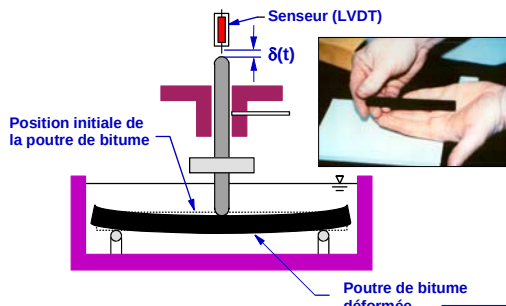
Rhéomètre à cisaillement dynamique (DSR)



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



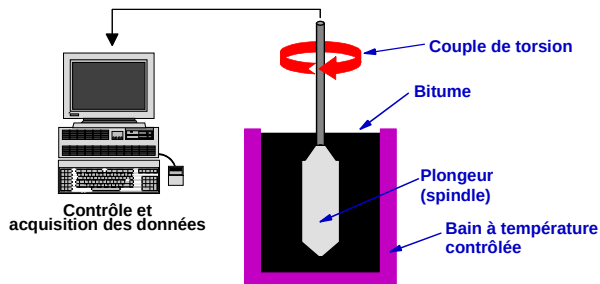
Essai au BBR



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



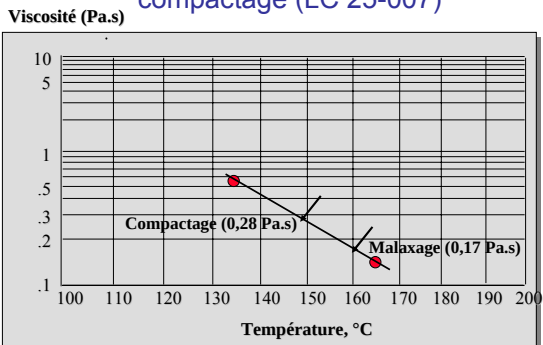
Viscosimètre rotationnel (RV) Brookfield



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



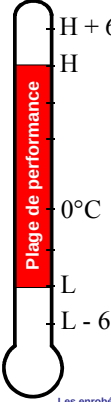
Température de malaxage et de compactage (LC 25-007)



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Définition d'une classe «PG H-L»



- **PG**: Performance Grade (Classe de performance).
- **H**: Température limite supérieure de la classe. Température à laquelle le bitume risque de subir des déformations permanentes (°C).
- **L**: Température limite inférieure de la classe. Température à laquelle le bitume risque de fissurer par retrait thermique (°C).

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006. 

Essais complémentaires

- Point d'éclair (ASTM D 92)
 - sécurité (**> 230 °C**)
- Viscosité rotationnelle Brookfield à 135°C (AASHTO T 316)
 - manutention et pompage (**< 3 Pa.s**)
- Variation de masse (ASTM D 2872)
 - limiter le vieillissement lors de l'enrobage
 - limiter la perte d'hydrocarbures volatils (**< 0,60 % ou < 1,00 %**)

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006. 

Essais additionnels du MTQ

- Stabilité au stockage (LC 25-003)
 - homogénéité des bitumes modifiés (**≤ 2 °C**)
- Recouvrance d'élasticité (LC 25-005)
 - vérification de la présence d'élastomères (**≥ 40 % ou ≥ 60 %**)
- Teneur en cendres (LC 25-008)
 - éviter les substances qui n'améliorent pas le comportement du bitume (basse T). (**≤ 1,00 %**)

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006. 

Classification Superpave PG H-L

- Exigences basées sur des essais de performance aux températures de services à différentes étapes de vieillissement visant à prévoir l'aptitude d'un bitume à rendre un enrobé résistant aux déformations permanentes et aux fissurations.
- Nous assure que les bitumes de même PG de fournisseurs différents auront des propriétés rhéologiques semblables peu importe le procédé de fabrication.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classification Superpave PG H-L (suite)

- Pas d'essais visant à évaluer l'aptitude d'un bitume à adhérer de façon durable à la surface d'un granulat. (Le brut utilisé et le procédé de fabrication employé influencent grandement l'adhésivité des bitumes).

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

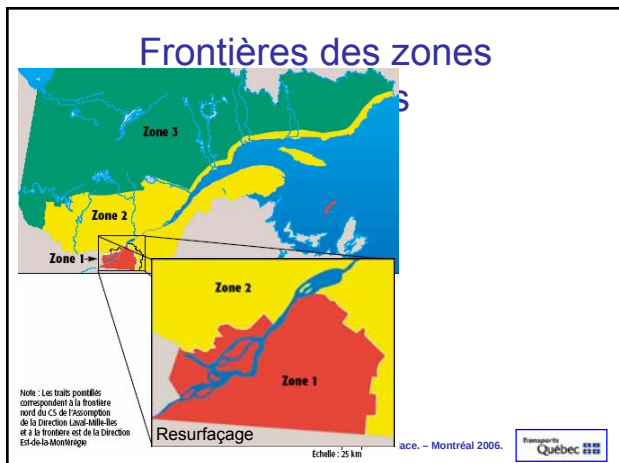


Facteurs à considérer pour la sélection d'un bitume PG H-L

- Conditions environnementales
 - T maximale et T minimale
- Sollicitations de la chaussée
 - DJMA, ÉCAS, vitesse, % véhicules lourds
- Catégories de travaux
 - Construction et reconstruction vs resurfaçage
- Types d'enrobés
 - Base vs surface; texture de surface ouverte vs fermée
- Prix des PG

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.





En résumé...

- Le choix d'un bitume n'est pas toujours simple car plusieurs facteurs doivent être pris en considération.
- Les cartes des zones climatiques et les tableaux de **recommandations** sur le choix des composants intègrent plusieurs facteurs et facilitent le travail des concepteurs.
- La construction ou la réfection de chaussées souples sécuritaires, durables et économiques est possible en s'inspirant de ces tableaux.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

Transport Québec

Les enrobés utilisés au Québec

Normes 4201 et 4202

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

Transport Québec

Nomenclature des enrobés

Formulation LC

- **Enrobés grenus (EG)**
EG-10, EGA-10, GB-20
- **Enrobés semi-grenus (ESG)**
ESG-10, ESG-14, ESG-5
- **Enrobé de correction**
EC-10
- **Enrobés à matrice de pierre**
SMA-10
- **Enrobé pour palliatif**
EGM-10

Formulation Marshall

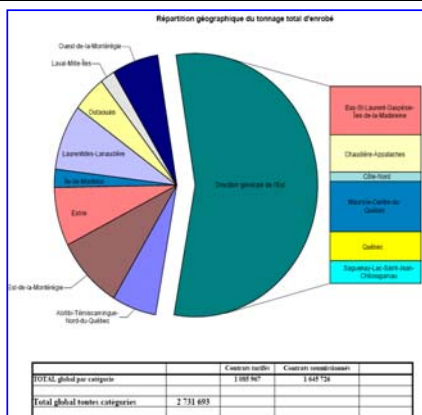
- **Enrobés bitumineux**
EB-20, EB-14, EB-10S, EB-10C, EB-5

Norme 4202

Norme 4201

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

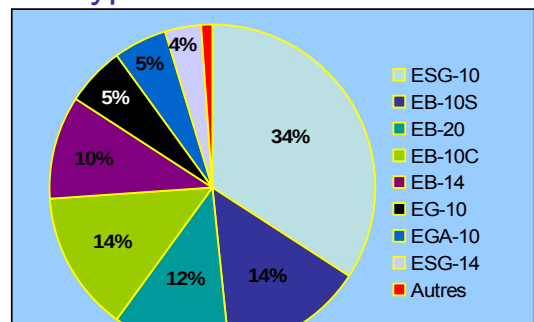




Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



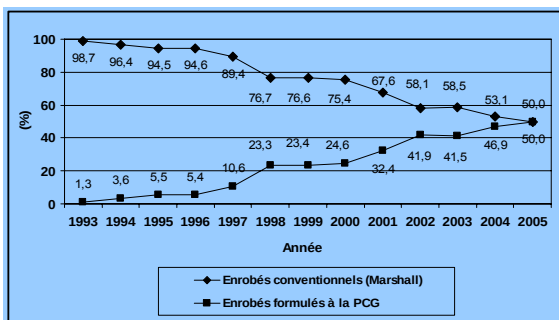
Types d'enrobés en 2005



Enrobés formulés à la PCG : 1 364 577 t (50,0%)

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.





Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

[illegible]

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

[illegible]

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Tableaux de sélection des enrobés

Nomenclature
Choix des composants
Usages

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Pourquoi modifier les tableaux existants?

- Dernières versions datent de 2000;
- Introduction des bitumes PG 64-28 et 70-28 en zone 1;
- Changements des limites des zones;
- Discrimination du PG en fonction des couches (coûts moindres);
- Mise à niveau des ECAS;
- Caractéristiques des granulats.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



CONSTRUCTION NEUVE - RECONSTRUCTION

EB-20 • EB-14 • EB-10S • EB-10C • ESG-10 • ESG-14 • EG-10* • EGA-10*

Choix des composants • Recommandations

Type de route	Valeur de circulation**	Couche de roulement						Couche de base								
		Mélange				Granulats		Travaux spéciaux	Mélange				Granulats		Travaux spéciaux	
		Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG	Zone 4 PG	Granulats Rég.	Granulats Spéc.		Zone 1 PG	Zone 2 PG	Zone 3 PG	Granulats Rég.	Granulats Spéc.			
Autoroutes	> 20 000	> 8 000 000	70-28	64-24	50-10	1	1	1	Omniseur, CFI	64-28	64-24	50-10	2	1	1	Omniseur
	< 20 000	> 8 000 000	70-28	64-24	50-10	1	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-10	50-10	3	1	1	Omniseur
	> 5 000	> 5 000 000	70-28	64-24	50-10	2	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-10	50-10	3	1	1	Omniseur
	< 5 000	< 5 000 000	70-28	64-24	50-10	2	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-10	50-10	3	1	2	Omniseur
Nationales	> 20 000	> 3 000 000	70-28	64-24	50-10	1	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-10	50-10	3	1	1	Omniseur
	< 20 000	> 3 000 000	70-28	64-24	50-10	1	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-10	50-10	3	1	1	Omniseur
	> 5 000	> 3 000 000	64-28	50-14	50-10	2	1	2	Omniseur*, CFI	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*
	< 5 000	< 3 000 000	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*
Régionales et collectives	> 20 000	> 3 000 000	70-28	64-24	50-10	2	1	1	Omniseur, CFI	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur
	< 20 000	> 3 000 000	70-28	64-24	50-10	3	1	2	Omniseur*	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*
	> 5 000	> 150 000	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*	50-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*
	< 5 000	< 150 000	64-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*	50-28	50-14	50-10	3	1	2	Omniseur*

* Réseau de cantonnage
** Lorsque les valeurs de ECAS et de TFCAS de la route ne correspondent pas à la même ligne dans le tableau, choisir celle-ci selon la valeur la plus élevée des deux par endroits.

Notes :
1. Seul les bitumes PG 70-28 et PG 64-24 peuvent être utilisés pour l'enduit EC-10.
2. Seul les bitumes PG 70-28 et PG 64-24 peuvent être utilisés pour l'enduit EGA-10.

Lorsque la présence d'enduits justifie une intervention sur la couche d'usure, l'essai de résistance à l'usure est recommandé.
L'usage d'un bitume différent en couche de base n'est pas recommandé si la quantité d'usure de cette couche est inférieure à 1000 tonnes.
ECAS : valeur 1 : ECAS calculé sur la base de la répartition des granulats par le nombre d'essais correspondant, de la voie la plus sollicitée.



RESURFAÇAGE
EB-14 • EB-105 • EB-10C • ESG-10 • ESG-14 • EG-10¹ • EGA-10¹
Choix des composants • Recommandations

Type de route	Valeurs de circulation ²	Choix de traitement						
		EB-14 EB-105	EB-10C	ESG-10	ESG-14	EG-10 ¹	EGA-10 ¹	Choix de traitement
Autoroutes	> 20 000	70-20	64-54	50-14	1	a	1	Omniseur, CFP
	< 20 000	70-20	64-54	50-14	1	a	1	Omniseur, CFP
	> 5 000	70-20	64-54	50-14	2	b	1	Omniseur, CFP
	< 5 000	70-20	64-54	50-14	2	b	1	Omniseur, CFP
Nationales	> 20 000	70-20	64-54	50-14	1	a	1	Omniseur, CFP
	< 20 000	70-20	64-54	50-14	2	b	2	Omniseur ³ , CFP
	> 5 000	64-20	50-14	50-14	3	c	2	
	< 5 000	64-20	50-14	50-14	3	c	2	
Régionales et collectives	> 20 000	70-20	64-54	50-14	2	b	1	Omniseur, CFP
	< 20 000	70-20	64-54	50-14	3	b	2	Omniseur ³
	> 5 000	64-20	50-14	50-14	3	c	2	
	< 5 000	64-20	50-20	50-14	3	c	2	

¹ Réseau de carottage
² Lorsque les valeurs de DMS et de TSCG de la route ne correspondent pas à la même ligne dans le tableau, choisir celle-ci selon le critère le plus sévère des deux paramètres.
Notes :
1. Seuls les bitumes PG 70-20 et PG 50-14 peuvent être utilisés pour l'enduit EG-10.
2. Seuls les bitumes PG 70-20 et PG 50-14 peuvent être utilisés pour l'enduit EGA-10.
Lorsque la présence d'arêtes jointes une intervention sur le coude d'œuvre, l'essai de résistance à l'arrachement est recommandé.
ESG-10 associé au revêtement : valeur moyenne annuelle de la route la plus sévère au moment de réaliser les travaux de resurfaçage.

Transports Québec

CONSTRUCTION NEUVE - RECONSTRUCTION

Tableau 1
Catégories de gros granulat selon leurs caractéristiques intrinsèques de résistance à l'usure et aux chocs

Caractéristiques	Méthode d'essai	Catégories de gros granulat				
		1	2	3	4	5
Micro-Deval (MD)	LC 21-070	≤ 15	≤ 30	≤ 25	≤ 30	≤ 35
Los Angeles (LA)	LC 21-080	≤ 35	≤ 45	≤ 50	≤ 50	≤ 50
(MD+LA)		≤ 40	≤ 55	≤ 70	≤ 75	≤ 80

Tableau 2
Catégories de gros granulat selon leurs caractéristiques de fabrication

Caractéristiques	Méthode d'essai	Catégories de gros granulat				
		A	B	C	D	E
Fragmentation (%)	LC 21-100	800	≥ 75	≥ 60	≥ 60	≥ 50
Particules plates (%)	LC 21-205	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 30	—
Particules allongées (%)	LC 21-205	≤ 40	≤ 40	≤ 45	≤ 50	—

Tableau 3
Catégories de granulat fins selon leurs caractéristiques intrinsèques de résistance à l'usure et de stabilité et selon leur caractéristique de fabrication

Caractéristiques	Méthode d'essai	Catégories de granulat fins		
		1	2	3
Micro-Deval (MD)	LC 21-101	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Stabilité (%)	LC 21-080	≤ 40	≤ 40	—

Tableau 4
Caractéristiques complémentaires des granulat pour revêtements à chaud selon les usages

Caractéristiques complémentaires	Méthode d'essai	Couche de base	Couche de roulement
Gros granulat			
Propriété (particules < 80 µm) (% max.) ¹ (gravier et sable)	CSA-A23.2-5A	≤ 1,0	≤ 1,0
Propriété (particules < 80 µm) (% max.) ² (cailloux)	CSA-A23.2-5A	≤ 1,5	≤ 1,5
Coefficient de polissage par projection (mm)	LC 21-102	—	≥ 0,45
Granulat fins			
Teneur en matières d'argile (% max.)	CSA-A23.2-3A	≤ 2,0	≤ 2,0
Coefficient d'écroulement ³	LC 21-075	≤ 80	≤ 80
Teneur en particules inférieures à 75 µm (% max.) ⁴	NQ 2500-025	≤ 4	≤ 4

Notes : 1. Cette caractéristique s'applique à chaque classe de granulat.
2. Intéressant pour les gros granulat de caractéristiques intrinsèques de catégorie 1 ou 2.
3. Pour des granulat fins de catégorie 1 uniquement.
4. Le pourcentage est établi par rapport au poids à l'état sec.
Les revêtements réalisés dans ces tableaux sont conformes à la norme NQ 2500-14(2002) - Revêtement de granulat - Granulat.

Transports Québec

**Différentiel de coûts
(Autoroute 73 DTCA)**

Enrobé PG	Tonnage Enrobé (t)	Bitume (%)	Tonnage Bitume (t)	Prix du bitume (\$)	Coût du bitume (\$)
ESG-10 (64-34)	8540	5,20	444,1	273	139447
EB-20 (58-34)	19330	4,20	811,9	314	254937
Coût du bitume selon les tableaux proposés					361096
Coût du bitume selon les tableaux 2000					394384

Économie de 33 288 \$

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. - Montréal 2006.

Transports Québec

Les enrobés avec additifs

Normes 4201 et 4202

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Enrobés à l'amiante



Enrobé avec recyclé

Il est permis d'utiliser jusqu'à 15% de granulats bitumineux récupérés, dans certains nouveaux enrobés, sauf pour les couches de roulement des autoroutes où seuls les matériaux neufs sont acceptés.

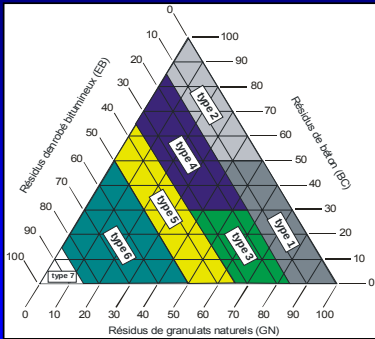
- Recyclage en usine
- Recyclage en place (en chantier)



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Classification des matériaux recyclés



NQ 2560-600/2002 Granulats – Matériaux recyclés fabriqués à partir de béton, d'enrobés bitumineux et de briques – Classification et caractéristiques.

Critères d'utilisation du bardeau par le MTQ

Critères	Enrobés de surface	Enrobés de base
% autorisé dans l'enrobé	≤ 3,0 %	≤ 5,0 %
Dimension du bardeau	≤ 10 mm	≤ 10 mm
Ajustement de la teneur en bitume par rapport à la teneur initiale	≤ 0,24 % (*)	≤ 0,40 % (*)
Conditions de circulation	DJMA < 10 000 Non autorisé sur les autoroutes	Aucune restriction

(*) Pour chaque 1% de bardeau ajouté dans l'enrobé, il est permis de diminuer la teneur en bitume d'ajout de 0,08%. Ceci correspond à une mobilisation du bitume du bardeau égale à 40%, sur la base d'une teneur en bitume de 20% pour le bardeau.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Bardeau neuf vs bardeau usagé



Bardeau post-consommation

- Contaminé avec des clous, du bois et autres matières nuisibles;
- Bitume plus dur et plus oxydé.

Bardeau post-fabrication

- Plus uniforme dans sa composition;
- Bitume plus mou et plus facile d'utilisation dans les enrobés.



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place.

Enrobé avec bardeau d'asphalte

Avantages

- Comportement similaire à un enrobé sans bardeau en laboratoire;
- Quantité de bitume recyclable;
- Quantité de granulats recyclables.

Inconvénients

- Agglomération de bardeaux possible si mauvais concassage du bardeau et si mauvais malaxage de l'enrobé;
- Bitume du bardeau plus susceptible à la fissuration thermique (oxydation).

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Enrobé avec bardeau d'asphalte



Enrobés avec scories d'acier

- Sous-produit d'aciérie;
- Granulats à haute densité, très durs;
- 400 000 t de scories sont produites annuellement au Québec (3 fabricants);
- Depuis 2000, plus de 100 000 t de scories ont été recyclées dans les structures de chaussées et dans les enrobés (pour le MTQ).



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Enrobés avec scories d'acier

Avantages

- Excellente résistance à l'orniérage;
- Granulats ne s'usent pas;
- Bonne adhérence entre liants et granulats;
- Résiste bien au trafic lourd.

Inconvénients

- plus difficile à compacter;
- Gonflement et magnétisme?
- Disponibilité de la ressource que dans certaines régions;
- Paiement à la tonnes d'enrobés.

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. - Montréal 2006.



Enrobés avec scories d'acier



Enrobé avec bitume caoutchouté

- Poudrette de caoutchouc, provenant de pneus, incorporée dans le bitume ;
- 5% de poudrette dans le bitume ;
- en 2000, environ 10% des bitumes achetés par le Ministère étaient des bitumes caoutchoutés.



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. - Montréal 2006.



Enrobé avec bitume caoutchouté

Avantages

- Comportement similaire à un enrobé avec bitume polymère en laboratoire et en chantier;
- Utilisable pour tous types d'enrobés;
- Pas d'opération supplémentaire pour la production d'enrobé.

Inconvénients

- Plus dispendieux pour produire ce type de bitume (pour le fournisseur).

Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.



Enrobé avec bitume caoutchouté



Remerciements

- Mme Danielle Fleury, ing.
Responsable du secteur granulats
- M. Gaétan Leclerc, M.Sc, Chimiste
Responsable du secteur chimie et liants



Les enrobés bitumineux : formulation, fabrication, mise en place. – Montréal 2006.

