

DOCUMENT TECHNIQUE NORMALISÉ
INFRASTRUCTURES
DTNI-10B

Enrobés à chaud

Date d'émission : 12 août 2024

Modificatif n°	Date	Description	Préparé par

AVIS

Le présent document doit être utilisé dans son intégralité. L'Entrepreneur doit tenir compte du fait que certaines clauses du présent document peuvent être complétées, modifiées ou annulées par d'autres documents du Cahier des charges. Une lecture diligente de tous les documents du Cahier des charges est nécessaire. Tout changement apporté au contenu du présent document est précisé dans un document distinct, soit dans les instructions aux Soumissionnaires, soit dans le cahier des clauses administratives spéciales, soit dans le devis technique spécial.

L'utilisateur ou l'utilisatrice du présent document technique normalisé est invité à faire part de ses commentaires en les envoyant à l'adresse courriel comiterevision@montreal.ca

AVANT-PROPOS

Le présent document a été révisé et approuvé par le comité formé des membres suivants :

Alain Gagné, SIRR, DRPIU, DEST	Said Gouriny, SIRR, DRPIU, DEST
Éric Drapeau, SIRR, DRPIU, DEST	Sylvie Dubé, SIRR, DRPIU, DEST (normalisatrice)

Le texte comportant une ligne verticale en marge est un nouveau texte ou un texte modifié par rapport au document de la précédente émission.

Tables des matières

1	OBJET.....	5
2	DOMAINE D'APPLICATION.....	6
3	LOIS, RÈGLEMENTS, NORMES ET RÉFÉRENCES.....	7
4	DÉFINITIONS.....	8
5	EXIGENCES GÉNÉRALES.....	9
5.1	CONSTITUANTS.....	9
5.1.1	<i>BITUME.....</i>	<i>9</i>
5.1.2	<i>GRANULATS.....</i>	<i>9</i>
5.1.3	<i>GRANULATS BITUMINEUX RÉCUPÉRÉS.....</i>	<i>11</i>
5.1.4	<i>BARDEAUX D'ASPHALTE.....</i>	<i>11</i>
5.1.5	<i>AUTRES CONSTITUANTS.....</i>	<i>12</i>
6	ENROBÉS À CHAUD.....	13
6.1	IDENTIFICATION.....	13
6.2	FORMULE THÉORIQUE ET ÉVALUATION À L'ÉTAPE DE LA PRODUCTION.....	13
6.2.1	<i>FORMULE THÉORIQUE.....</i>	<i>13</i>
6.2.2	<i>ÉVALUATION À L'ÉTAPE DE PRODUCTION.....</i>	<i>16</i>
7	ENROBÉ TIÈDE.....	18
8	ENROBÉ À MODULE ÉLEVÉ.....	19
9	ESSAIS DE CONTRÔLE ET CRITÈRES D'ACCEPTATION SUR LES ENROBÉS.....	21
9.1	ESSAIS DE CONTRÔLE SUR LES ÉCHANTILLONS D'UN LOT.....	21
9.2	CRITÈRES DE CONFORMITÉ D'UN LOT.....	21
10	ANNEXE A.....	23

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des granulats 11

Tableau 2 - Critères d'utilisation des bardeaux d'asphalte (BPC et BPF) 12

Tableau 3 - Cas où un nouvel essai à l'orniéreur est requis – PG H-L vs PG Hn-L..... 15

Tableau 4 - Cas où un nouvel essai à l'orniéreur est requis – PG Hn-L vs PG Hn-L 15

Tableau 5 - Essais de laboratoire aux fins d'évaluation à l'étape de production 16

Tableau 6 - Écart type maximal aux fins d'évaluation à l'étape de production 17

Tableau 7 - Exigences des enrobés à module élevé..... 19

Tableau 8 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des granulats pour un enrobé à module élevé... 20

Tableau 9 - Écarts tolérables pour l'évaluation d'un lot..... 21

DOCUMENT EXPLICATIF SUR LA CLASSIFICATION DES BITUMES 23

1 OBJET

Le présent document technique normalisé concerne les enrobés à chaud et tièdes préparés en centrale d'enrobage et destinés à être posés à chaud. Il traite des constituants, des caractéristiques et de la fabrication des enrobés.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Ce document technique normalisé s'applique aux enrobés à chaud et tièdes destinés à la construction et à l'entretien des chaussées.

3 LOIS, RÈGLEMENTS, NORMES ET RÉFÉRENCES

Lorsque le présent document réfère à une norme, à une méthode d'essai ou à une autre référence, la plus récente édition en vigueur en date de la publication de l'appel d'offres est applicable. De plus, lorsque le présent document réfère à une loi ou à un règlement, la plus récente édition en vigueur est applicable.

<u>AASHTO</u>	<u>American Association of State Highway and Transportation Officials</u>
AASHTO TP10-93	Standard Test Method for Thermal Stress Restrained Specimen Tensile Strength
<u>BNQ</u>	<u>Bureau de normalisation du Québec</u>
BNQ 2560-114 Partie I	Travaux en génie civil – Granulats : Définitions, classification des granulats et désignation
BNQ 2560-114 Partie V	Travaux en génie civil – Granulats : Granulats utilisés dans la préparation de produits à base de bitume
<u>MTMD</u>	<u>Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec</u>
LC 26-001	Tenue à l'eau (par trempage)
LC 26-003	Détermination de l'aptitude au compactage des enrobés à chaud à la presse à cisaillement giratoire
LC 26-006	Détermination de la teneur en bitume par ignition
LC 26-007	Analyse granulométrique
LC 26-045	Détermination de la densité maximale
LC 26-100	Détermination de la teneur en bitume
LC 26-110	Détermination de la masse du filler dans le produit de l'extraction
LC 26-410	Résistance à la déformation des enrobés à l'essai d'orniérage
LC 26-700	Détermination du module complexe des enrobés
Norme 4101	Bitumes
Norme 4202	Enrobés à chaud formulés selon la méthode de formulation du Laboratoire des chaussées

4 DÉFINITIONS

Dans le présent document, les termes suivants signifient :

- **Fournisseur** : L'entreprise, la société, la personne physique ou la personne morale responsable de la fabrication et de l'approvisionnement en granulats, bitume ou enrobés;
- **DEST** : Division de l'expertise et du soutien technique de la Direction de la réalisation des projets d'infrastructures urbaines (DRPIU) au Service des infrastructures du réseau routier (SIRR) de la Ville de Montréal (Ville);
- **Enrobé à chaud** : Mélange d'un ou de plusieurs granulats et d'un liant bitumineux. Il est fabriqué et appliqué à chaud;
- **Enrobé tiède** : Mélange de granulats et de bitume préparé selon un procédé qui permet de produire et de poser un enrobé à des températures de malaxage et de compactage inférieures d'au moins 20°C par rapport à un enrobé à chaud équivalent produit avec un bitume usuel de même classe de performance. Les enrobés tièdes peuvent être produits par l'ajout d'additifs dans le bitume chez le fabricant de bitume, par l'ajout d'additifs à la centrale d'enrobage ou par moussage du bitume avec de l'eau, selon un procédé reconnu et contrôlé à la centrale d'enrobage;
- **Bitume** : Produit viscoélastique provenant de la distillation du pétrole, constitué de molécules hydrocarbonées et utilisé comme liant dans la composition de matériaux routiers;
- **Liant bitumineux** : Bitume et produits dérivés utilisés pour lier des granulats en vue de constituer un matériau routier dont les propriétés mécaniques et la tenue à l'eau sont améliorées;
- **Liant d'accrochage** : Liant bitumineux destiné à solidariser deux couches de matériaux;
- **Enrobé d'entreprise** : Enrobé spécifiquement lié à un Fournisseur;
- **Type de bitume** : Le type de bitume est déterminé par la classe de performance demandée. Celle-ci est définie par l'expression PG Hn-L où :
 - **PG** : signifie la classe de performance (Performance Grade);
 - **H** : représente la température limite (°C) au-dessus de laquelle le bitume est susceptible de présenter des phénomènes de déformation irréversibles;
 - **n** : signifie le niveau de résistance à la sollicitation du trafic, soit standard (S), forte (H) ou extrême (E);
 - **L** : représente la température limite (°C) au-dessous de laquelle le bitume est susceptible de se fissurer par retrait thermique.

De plus, chacune des définitions présentes au Cahier des clauses administratives générales (CCAG) est applicable au présent document technique.

5 EXIGENCES GÉNÉRALES

5.1 CONSTITUANTS

5.1.1 BITUME

Le bitume entrant dans la composition de l'enrobé doit être conforme aux exigences des documents contractuels et à la norme 4101 du MTMD.

L'Entrepreneur doit s'assurer que le bitume utilisé dans la fabrication des enrobés soit produit par un fabricant dont l'usine détient un certificat d'enregistrement attestant que le système qualité satisfait aux exigences de la norme ISO 9001.

La Ville se réserve le droit de prélever des échantillons de bitume directement chez le Fournisseur de l'enrobé pour effectuer des essais de caractérisation. Si nécessaire, le prélèvement des échantillons de bitume peut être exigé directement à l'Entrepreneur. L'échantillonnage est effectué selon les prescriptions du MTMD. L'échantillon doit toujours être constitué de deux (2) prélèvements d'un (1) litre chacun. Le premier est destiné aux essais de contrôle du bitume par le Directeur et l'autre est conservé comme échantillon témoin dans le cas d'un éventuel recours de l'Entrepreneur.

L'Entrepreneur doit prendre les dispositions nécessaires afin que l'échantillon prélevé soit représentatif du produit contenu dans le réservoir de bitume. Dans le cas où l'échantillon est prélevé par l'Entrepreneur, les deux (2) prélèvements ainsi que l'attestation de conformité correspondante sont remis au Directeur. Dans le cas où le bitume ne satisfait pas les caractéristiques du type de bitume exigé aux documents contractuels, une non-conformité sera signalée à l'Entrepreneur. Ce dernier peut utiliser le droit de recours sur l'échantillon témoin pour réaliser une reprise des essais selon lesquels le bitume a été jugé non conforme. Tous les frais des essais additionnels seront à sa charge et ceux-ci doivent se faire sous la supervision du Directeur ou de son représentant.

5.1.1.1 Identification des types de bitume pour les enrobés à chaud

La classe de performance à utiliser est spécifiée dans les documents contractuels. Si elle est omise dans ces documents, la classe de bitume à utiliser devra être spécifiée par la DEST ou par le Concepteur associé au projet, selon le cas. **Les divers bitumes recommandés en fonction des usages projetés sont présentés à la section 10.**

5.1.1.2 Identification du bitume tiède

L'identification de ce type de bitume est la même que celle présentée à la section 4 « Définitions - Type de bitume », mais la mention de bitume tiède « T » est ajoutée de la façon suivante : PG Hn-L T.

5.1.2 GRANULATS

Le choix des granulats doit permettre de réaliser des enrobés conformes à la norme 4202 du MTMD.

5.1.2.1 Granularité

Les granularités individuelles des granulats entrant dans la fabrication des enrobés doivent respecter les classes granulaires définies à la norme BNQ 2560-114, Partie I.

5.1.2.2 Caractéristiques intrinsèques et de fabrication

Les caractéristiques intrinsèques et de fabrication doivent être conformes aux exigences de la norme BNQ 2560-114, Partie V.

5.1.2.3 Caractéristiques complémentaires

Les caractéristiques complémentaires doivent être conformes aux exigences de la norme BNQ 2560-114, Partie V, à l'exception du coefficient de polissage par projection qui est uniquement requis pour les gros granulats de caractéristiques intrinsèques de catégories 1 ou 2 des enrobés utilisés pour une couche de surface.

5.1.2.4 Fréquence de caractérisation des granulats

Pour une source d'approvisionnement en granulats dont l'historique d'exploitation est déjà connu, soit lorsque le Directeur, selon des vérifications antérieures, connaît les caractéristiques qui y sont produit, le Fournisseur doit fournir au minimum une (1) fois l'an, en assurant une rotation des classes granulaires, les caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires des granulats.

Les caractéristiques (intrinsèque, de fabrication et complémentaire) doivent être déterminées à partir d'au moins une (1) classe granulaire du gros granulat et à partir d'au moins une (1) classe granulaire du granulat fin. Cependant, pour ce faire, le fabricant doit transmettre une compilation des résultats d'essais des années antérieures (au moins deux (2) ans) démontrant que ceux-ci sont comparables d'une année à l'autre.

Dans le cas d'une nouvelle source ou lorsque le fabricant ne peut répondre aux exigences mentionnées précédemment, chaque classe granulaire des gros granulats et granulats fins doit être caractérisée au moins une (1) fois l'an.

5.1.2.5 Caractéristiques intrinsèques et de fabrication minimales des granulats pour enrobé à chaud

Si les caractéristiques intrinsèques et de fabrication sont omises dans les documents contractuels, les caractéristiques du tableau 1 s'appliquent :

Tableau 1 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des granulats

Type de chaussée	Couche	Grosueur du granulat	Caractéristiques intrinsèques (catégorie)	Caractéristiques de fabrication (catégorie)
Circulation locale sans autobus ni camionnage	Base ou surface	Gros	3	b
		Fin	2	---
Tous les autres types	Base ou intermédiaire	Gros	2	b
		Fin	2	---
	Surface	Gros	1	a
		Fin	1	---

5.1.3 GRANULATS BITUMINEUX RÉCUPÉRÉS

Les granulats bitumineux récupérés (GBR) doivent satisfaire aux exigences de la norme 4202 du MTMD et doivent être exempts de matières végétales, métalliques ou d'autres matières indésirables. Les GBR sont exemptés du contrôle de leurs qualités intrinsèques, de même que de la classe «PG» du bitume provenant desdits GBR. La Ville se réserve le droit de prélever des échantillons de GBR directement chez le Fournisseur de l'enrobé pour effectuer des essais de caractérisation.

L'utilisation des GBR dans la fabrication des enrobés est limitée à 20 % de la masse des granulats. Par contre, dans le cas des enrobés pour une couche de surface d'une rue dans laquelle la circulation de camions est permise en tout temps (<https://services.montreal.ca/camionnage> à l'aide du navigateur *Google Chrome*) et/ou lorsqu'il y a circulation d'autobus, ce pourcentage est limité à 10 %.

Un mélange bitumineux qui serait produit avec des proportions différentes que celles décrites précédemment devra faire l'objet d'une demande d'évaluation adressée par courriel à la DEST (DEST_chaussee@montreal.ca) avant son approbation pour une utilisation sur le réseau routier de la Ville dans le cadre d'un projet pilote.

5.1.4 BARDEAUX D'ASPHALTE

Les bardeaux d'asphalte post-fabrication (BPF) et post-consommation (BPC) peuvent être utilisés lorsque les critères d'utilisation du tableau 2 sont respectés :

Tableau 2 - Critères d'utilisation des bardeaux d'asphalte (BPC et BPF)

Critère	Enrobé de surface	Enrobé de base
Pourcentage autorisé dans l'enrobé	≤ 3,0 %	≤ 5,0 %
Dimension du bardeau	≤ 10 mm	≤ 10 mm
Conditions de circulation	Seul le BPF est autorisé et uniquement pour un enrobé fabriqué avec un bitume PG 58S-28 ou PG 64H-28	Aucune restriction

Le BPC et le BPF doivent être exempts de matières végétales, métalliques ou d'autres matières indésirables. Le granulat provenant des bardeaux est exempté du contrôle de leurs caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires, de même que la classe «PG» du bitume provenant des BPF ou des BPC qui n'est pas prise en considération. La présence de bardeaux d'asphalte doit être clairement identifiée sur le bon de livraison des enrobés en utilisant la notation BA (exemple ESG-14 BA). Si une combinaison des deux (2) types de bardeaux (BPF et BPC) est utilisée, le pourcentage total des deux (2) ne doit pas dépasser 3,0 % pour les enrobés de surface et 5,0 % pour les enrobés de base.

Il n'est pas permis d'utiliser une combinaison de GBR et de bardeaux d'asphalte pour la fabrication des enrobés.

5.1.5 AUTRES CONSTITUANTS

Tout autre mélange bitumineux à chaud, tiède ou froid qui serait produit à partir d'autres constituants (ou les mêmes que ceux mentionnés précédemment, mais dans des proportions différentes) devra faire l'objet d'une demande d'évaluation adressée par courriel à la DEST (DEST_chaussee@montreal.ca) avant son approbation pour une utilisation sur le réseau routier de la Ville.

6 ENROBÉS À CHAUD

Les caractéristiques physique, mécanique et granulométrique des enrobés à chaud (incluant les enrobés tièdes et ceux d'entreprise) doivent être conformes aux exigences du tableau 4202-1 de la norme 4202 du MTMD ou à celles du Fournisseur, selon le cas.

En centrale d'enrobage, les enrobés doivent être malaxés selon la température de malaxage inscrite sur l'attestation de conformité du bitume utilisé.

6.1 IDENTIFICATION

Les enrobés sont identifiés par leur type, les catégories des granulats et la classe de performance du bitume comme suit : type d'enrobé, catégorie du gros granulat, catégorie du granulat fin, classe de performance du bitume.

Une identification « **EC-10, 3b, 2, PG 58S-28** » désigne un enrobé à chaud de type **EC-10** dont le gros granulat a les caractéristiques intrinsèques de la catégorie **3** et les caractéristiques de fabrication de la catégorie **b**, dont le granulat fin a des caractéristiques intrinsèques et de fabrication de la catégorie **2** et finalement dont la classe de performance du bitume est **58S-28**.

6.2 FORMULE THÉORIQUE ET ÉVALUATION À L'ÉTAPE DE LA PRODUCTION

6.2.1 FORMULE THÉORIQUE

Une formule théorique par type d'enrobé doit être fournie pour chaque classe de bitume ou chaque fois qu'il y a un changement dans les sources d'approvisionnement en granulats. Les caractéristiques qui y sont présentées doivent être représentatives de l'enrobé qui sera mis en place et conformes aux exigences de la norme 4202 du MTMD ou à celles du Fournisseur, selon le cas. Si pour une formule théorique déjà approuvée, où il n'y a que la classe du bitume qui diffère, la réalisation d'un nouvel essai à l'ornièreur est obligatoire pour les cas mentionnés «R» ou «R*» aux tableaux 3 et 4 de la section 6.2.1.3.

Le tableau 3 présente le cas où, pour la formule théorique déjà produite, l'essai avait été réalisé à l'aide d'un bitume de type PG H-L, alors que le tableau 4 présente le cas où l'essai avait été réalisé avec un bitume de type PG Hn-L.

Une formule théorique demeure valide uniquement pour une durée maximale de trois (3) ans. Au-delà de cette période, le Fournisseur doit soumettre une nouvelle formule théorique.

6.2.1.1 Gros granulats

Les catégories des caractéristiques intrinsèques et de fabrication doivent être vérifiées en faisant la moyenne pondérée des résultats d'essais selon la proportion de chaque classe granulaire présentée dans la formule théorique. Les catégories issues des moyennes pondérées doivent respecter les exigences des documents contractuels concernant les catégories du gros granulat.

De plus, pour être acceptée, la catégorie de chaque classe granulaire issue des caractéristiques intrinsèques et de fabrication ne doit pas être inférieure qualitativement de plus d'une catégorie à celle demandée dans les documents contractuels.

6.2.1.2 Granulats fins

La catégorie des caractéristiques intrinsèques doit être vérifiée en faisant la moyenne pondérée des résultats d'essais selon la proportion de chaque classe granulaire présentée dans la formule théorique. Les catégories issues des moyennes pondérées doivent respecter les exigences des documents contractuels concernant la catégorie du granulats fin. Aucun granulats fin de catégorie 3 n'est accepté.

6.2.1.3 Résistance à l'orniérage

Le résultat de l'essai de résistance à l'orniérage (norme d'essai LC 26-410) devra être fourni sur la formule théorique pour tous les enrobés figurant au tableau 4202-1 de la norme 4202 du MTMD ou pour tout autre enrobé d'entreprise, à l'exception de ceux fabriqués avec un bitume de type PG 58S-28 et des enrobés de types EC-5, ESG-5 et EC-10 (peu importe le type de bitume).

Le résultat de l'essai de résistance à l'orniérage doit être conforme aux exigences du tableau 4202-1. Il est important de préciser que contrairement à ce qui est mentionné aux notes 8 et 9 du tableau 4202-1, l'essai de résistance à l'orniérage est toujours exigé, sauf pour les cas mentionnés au paragraphe précédent. Pour les enrobés fabriqués avec un bitume de grade PG 64E-28 ou PG 64U-28 ou pour un enrobé d'entreprise conçu pour être soumis à de fortes sollicitations, l'exigence est modifiée comme suit : maximum de 15 % de déformation sur plaques de 50 mm à 60 °C à 30 000 cycles.

Pour un enrobé d'entreprise répondant à la définition d'un enrobé à module élevé tel que spécifié à la section 8 du présent document normalisé, l'exigence de résistance à l'orniérage doit être d'un maximum de 10 % de déformation sur plaques de 50 mm à 60 °C à 30 000 cycles. Pour les enrobés à module élevé dont la grosseur nominale maximale du gros granulats est supérieure ou égale à 14 mm, ce résultat doit être d'un maximum de 5 % sur plaques de 100 mm à 60 °C à 30 000 cycles.

Si, pour une formule théorique déjà approuvée, il n'y a que la classe du bitume qui diffère, la réalisation d'un nouvel essai à l'orniéreur est obligatoire pour les cas identifiés «R» ou «R*» aux tableaux 3 et 4.

:

Tableau 3 - Cas où un nouvel essai à l'ornièreur est requis – PG H-L vs PG Hn-L

	Changement apporté au PG du bitume de la formule théorique déjà approuvée pour l'essai à l'ornièreur				
	PG du bitume ⁽¹⁾	58S-28	64H-28	64E-28	64U-28
Bitume utilisé pour la formule théorique déjà approuvée	58-28	NR	R ⁽²⁾	R*	R*
	64-28	NR	NR	R*	R*
	70-28	NR	R	NR	NR
	76-28	NR	R	R	NR

- Notes et explications:
- R: Essai à l'ornièreur requis.
 - R*: Essai à l'ornièreur requis si la résistance à l'ornièrage à 30 000 cycles n'a pas déjà été fournie sur la formule théorique approuvée.
 - NR: Essai à l'ornièreur non requis.
 - 1 : PG du bitume de la zone climatique du MTMD correspondant à la région montréalaise. Pour un PG non spécifié dans le tableau, se référer aux exigences du MTMD.
 - 2 : Essai à l'ornièreur requis s'il n'a pas été fourni avec le PG 58S-28.

Tableau 4 - Cas où un nouvel essai à l'ornièreur est requis – PG Hn-L vs PG Hn-L

	Changement apporté au PG du bitume de la formule théorique déjà approuvée pour l'essai à l'ornièreur				
	PG du bitume ⁽¹⁾	58S-28	64H-28	64E-28	64U-28
Bitume utilisé pour la formule théorique déjà approuvée	58S-28	NR	R ⁽²⁾	R*	R*
	64H-28	NR	NR	R*	R*
	64E-28	NR	R	NR	NR
	64U-28	NR	R	R	NR

Note et explications: Référer au tableau 3.

6.2.2 ÉVALUATION À L'ÉTAPE DE PRODUCTION

À la demande du Directeur, ou dans le cadre d'un projet particulier, une évaluation à l'étape de la production pourrait être demandée. À titre d'exemple, pour une formule théorique déjà connue, si le Fournisseur change sa source d'approvisionnement en granulat, cette évaluation à l'étape de production pourrait être requise. Dans le cas d'un nouveau Fournisseur, ou d'un Fournisseur existant produisant l'enrobé avec une nouvelle usine, cette évaluation à l'étape de la production pourrait aussi être exigée. Celle-ci est faite à partir des résultats d'analyses effectuées par le Fournisseur (à ses frais) sur cinq (5) échantillons prélevés sur une production-témoin en continu d'un minimum de cent (100) tonnes.

Les analyses à réaliser sur chacun des cinq (5) échantillons de la production-témoin sont spécifiées au tableau 5 :

Tableau 5 - Essais de laboratoire aux fins d'évaluation à l'étape de production

Description de l'essai ⁽¹⁾	Méthode d'essai
Analyse granulométrique	LC 26-007
Détermination de la masse de filler dans le produit de l'extraction	LC 26-110
Détermination de la teneur en bitume	LC 26-100
Détermination de la densité maximale	LC 26-045
Détermination de l'aptitude au compactage des enrobés à chaud à la presse à cisaillement giratoire (PCG)	LC 26-003

Note 1 : Ces essais correspondent à ceux réalisés pour une analyse complète d'un enrobé (type I – LC) du *Guide de rémunération de l'Association des firmes de Génie- Conseil - Québec (AFG)*.

Il est à noter que la production-témoin du Fournisseur pour l'évaluation à l'étape de la production peut avoir été réalisée dans le cadre d'un projet qui n'a pas été exécuté pour la Ville. Dans ce cas, les résultats des essais demandés précédemment devront être fournis au Directeur pour approbation.

Pour que l'évaluation à l'étape de la production soit considérée conforme et que la formule théorique soit acceptée, il faut que :

- Les exigences concernant la formule théorique soient satisfaites (section 6.2.1 et ses sous-sections);
- La moyenne des résultats des essais et des calculs des divers facteurs des analyses des cinq (5) échantillons provenant de l'évaluation à l'étape de la production soient conformes aux exigences du tableau 4202-1 du MTMD;
- L'écart entre la formule théorique soumise aux fins de l'évaluation à l'étape de la production et la moyenne des résultats des essais des cinq (5) échantillons concernant les caractéristiques du passant 80 µm, du total granulométrique et du pourcentage de bitume soit à l'intérieur des limites de $\pm 2\sigma/\sqrt{5}$;
- L'étendue mesurée entre les résultats des essais doit être inférieure au double de la valeur de $\pm 3\sigma/\sqrt{5}$. L'écart type maximal « σ » est indiqué dans le tableau 6 :

Tableau 6 - Écart type maximal aux fins d'évaluation à l'étape de production

Caractéristique	Type d'enrobé	Écart type maximal (σ)
Total granulométrique ⁽¹⁾	GB-20 et ESG-14	19,0
	ESG-10, EG-10, EC-10, MUN-10, EGM-10, EC-5 et ESG-5	14,0
Passant 80 µm	Tous les enrobés	0,80
Pourcentage de bitume corrigé	Tous les enrobés	0,22

Note 1 : Pour les enrobés d'entreprise, se référer à la grosseur nominale maximale du gros granulat des enrobés présentés au tableau.

Si les exigences décrites précédemment ne sont pas satisfaites, l'Entrepreneur pourra procéder à une nouvelle évaluation à l'étape de la production de la formule soumise, ou soumettre une nouvelle formule théorique qui devra être évaluée à l'étape de production.

7 ENROBÉ TIÈDE

L'enrobé tiède doit être conforme aux exigences du tableau 4202-1 de la norme 4202 du MTMD ou à celles du Fournisseur, selon le cas. La mention «enrobé tiède» doit apparaître sur la formule de mélange.

L'Entrepreneur doit fournir une attestation de conformité du bitume avec additifs et celui-ci doit être conforme aux exigences du tableau 4101-1 de la norme 4101 du MTMD. Pour un bitume moussé avec de l'eau, l'Entrepreneur n'est pas tenu de fournir une attestation de conformité du bitume moussé. Par contre, il doit fournir l'attestation du bitume avant qu'il subisse le moussage.

L'Entrepreneur ou le Fournisseur du bitume doit transmettre les instructions pour les essais en laboratoire sur les échantillons d'enrobé afin de préciser les températures de malaxage et autres informations pertinentes. L'approbation d'une formule théorique d'un enrobé tiède est soumise aux mêmes exigences que celles pour les enrobés à chaud (voir section 6.2).

Si pour une formule théorique d'enrobé à chaud déjà approuvée, le Fournisseur utilise le même grade de bitume mais avec un additif pour enrobé tiède, il n'est pas tenu de soumettre cette formule pour une évaluation à l'étape de la production et la formule théorique de cet enrobé tiède est alors approuvée.

8 ENROBÉ À MODULE ÉLEVÉ

Les enrobés à module élevé devront être fabriqués avec des granulats et un bitume modifié lui permettant de résister aux sollicitations intenses engendrées par la circulation de véhicules lourds à basse vitesse. Les enrobés à module élevé devront, au minimum respecter les exigences du tableau 7 :

Tableau 7 - Exigences des enrobés à module élevé

Caractéristique	Exigence				Norme d'essai
	10 mm ⁽¹⁾		14 mm ⁽²⁾		
Module complexe, 10°C, 10Hz	≥ 14 000 MPa				LC 26-700
Résistance au retrait thermique empêché	≤ - 28,0 °C				AASHTO TP10-93
Résistance à l'orniérage, à 60°C, à 30 000 cycles	Plaque 50 mm		Plaque 100 mm		LC 26-410
	≤ 10,0 %		≤ 5,0 %		
Pourcentage de vides à la PCG	à 10 girations	≥ 11,0 %	à 10 girations	≥ 11,0 %	LC 26-003
	à 80 girations	4,0 à 7,0 %	à 100 girations	4,0 à 7,0 %	
	à 200 girations	≥ 2,0 %	à 200 girations	≥ 2,0 %	
Tenue à l'eau	≥ 75 %				LC 26-001
Teneur en bitume	≥ 4,0 %		≥ 3,75 %		LC 26-006

Notes :

- 1: Enrobé à module élevé dont la grosseur nominale maximale du gros granulat est de 10 mm.
- 2: Enrobé à module élevé dont la grosseur nominale maximale du gros granulat est de 14 mm.

Les caractéristiques intrinsèques et de fabrication minimales des granulats entrant dans la fabrication de l'enrobé à module élevé doivent respecter les exigences du tableau 8 :

Tableau 8 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des granulats pour un enrobé à module élevé

Grosseur du granulat	Caractéristiques intrinsèques (catégorie)	Caractéristiques de fabrication (catégorie)
Gros	1	a
Fin	1	-

Les travaux de mise en œuvre de l'enrobé à module élevé doivent être effectués lorsque la température ambiante est supérieure ou égale à 15°C et un véhicule de transfert de matériaux (VTM) doit être utilisé pour la mise en place de ce type d'enrobé, si la géométrie de la rue ou le phasage des travaux le permet.

9 ESSAIS DE CONTRÔLE ET CRITÈRES D'ACCEPTATION SUR LES ENROBÉS

9.1 ESSAIS DE CONTRÔLE SUR LES ÉCHANTILLONS D'UN LOT

Les analyses à réaliser sur chacun des échantillons du lot sont les mêmes que celles spécifiées au tableau 5 de la section 6.2.2, sauf pour l'essai à la PCG qui doit être réalisé une (1) fois pour chaque 600 tonnes de production journalière. Si la production journalière est supérieure à 100 tonnes mais inférieure à 600 tonnes, un (1) essai à la PCG doit être réalisé.

Pour les enrobés de la couche de surface, lorsqu'un bitume de grade PG 64E-28 ou PG 64U-28 est utilisé ou dans le cas d'enrobés d'entreprise, un essai de résistance à l'orniérage pourrait être demandé par le Directeur. L'échantillon dédié à l'essai de résistance à l'orniérage doit être prélevé dans le même chargement et être constitué de cinq (5) prélèvements.

9.2 CRITÈRES DE CONFORMITÉ D'UN LOT

En plus de répondre aux exigences du présent document technique normalisé, pour qu'un lot soit considéré conforme, il faut que l'écart entre la moyenne des résultats des essais sur les échantillons du lot et la formule soit inférieur aux écarts tolérables (E_t) indiqués au tableau 9 :

Tableau 9 - Écarts tolérables pour l'évaluation d'un lot

Écarts tolérables (E_t) avec la formule					
Caractéristique		Nombre d'échantillon (N)			
		N ≤ 2	N = 3	N = 4	N = 5
% passant le tamis 80 µm		1,2	1,0	0,9	0,8
Total granulométrique	ESG-14, GB-20	30	24	21	19
	Autres	22	18	16	14
Teneur en bitume (%)		0,38	0,31	0,27	0,24

De plus, les pourcentages de vides moyens à la PCG, pour chacun des nombres de girations, doivent être conformes aux exigences du tableau 4202-1 de la norme 4202 du MTMD.

Dans le cas où l'enrobé ne respecte pas les critères cités précédemment, un avis de non-conformité est transmis à l'Entrepreneur, sauf dans le cas d'une production inférieure à 100 tonnes où le Directeur pourrait ne pas émettre d'avis de non-conformité tout dépendant du ou des écarts obtenus. Ce dernier peut demander au Directeur que les essais selon lesquels l'enrobé a été jugé non-conforme soient réalisés de nouveau sur l'échantillon témoin qui a été prélevé au moment de l'échantillonnage de l'enrobé. Cette demande doit être transmise au Directeur à l'intérieur d'un délai de quinze (15) jours suivant la réception par l'Entrepreneur de l'avis de non-conformité.

La reprise des essais selon lesquels l'enrobé a été jugé non conforme doit être faite par un laboratoire accepté par les deux (2) parties. Après la réception par le Directeur de la demande de reprise des essais, l'Entrepreneur dispose d'un délai de trente (30) jours pour réaliser les essais dans le laboratoire choisi. Les coûts inhérents à la reprise de chacun de ces essais sont aux frais de l'Entrepreneur, à moins que le résultat de chacun de ces essais ne révèle la conformité de l'échantillon. Ces coûts sont établis selon les taux en vigueur au *Guide de rémunération* de l'AFG de l'année en cours.

Les nouveaux résultats remplacent les résultats des essais originaux effectués par le Directeur. Les résultats des essais effectués sur l'échantillon témoin deviennent officiels et la procédure de recours prend fin. Advenant que les résultats des essais effectués sur l'échantillon témoin s'avèrent non-conformes, le Directeur se réserve le droit d'appliquer une retenue, de refuser les travaux de pavage ou d'appliquer une pénalité.

10 ANNEXE A

DOCUMENT EXPLICATIF SUR LA CLASSIFICATION DES BITUMES

Ancienne classification des bitumes	Classification ¹ des bitumes par le MTMD ² basée sur l'essai MSCR ³	Résistance à la sollicitation	Usage ⁷ des grades de bitume à la <i>Ville de Montréal</i>	Paramètre ⁹ Jnr _{3,2} (essai MSCR)
58-28	58S-28	Standard (S)	Ruelle et piste cyclable en site propre	≤ 4,5 kPa ⁻¹
64-28	64H-28	Forte (H)	Rue locale et piste cyclable ⁸ dans l'emprise de la chaussée séparée par un élément de béton	≤ 2,0 kPa ⁻¹
70-28	64E-28	Extrême (E)	Collectrice et artère sans circuit d'autobus	≤ 0,5 kPa ⁻¹
76-28 (Devis 4VM-10) ⁴	64U-28T⁽⁵⁾ (voir la note 6)	Ultime (U)	Collectrice et artère avec circuit(s) d'autobus ou autres chaussées très fortement sollicitées par des poids lourds	≤ 0,15 kPa ⁻¹

Notes :

1. Classification en zone 1 correspondant à la région montréalaise pour le choix des classes de bitume du MTMD.
2. MTMD : Ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec.
3. MSCR : *Multiple Stress Creep Recovery* (Déformation et recouvrance répétées). Cet essai est réalisé avec le rhéomètre à cisaillement dynamique (DSR).
4. Le devis technique 4VM-10 - *Enrobés à chaud* est l'ancien document normalisé de la *Ville de Montréal* utilisé avant 2019.
5. T : Identification pour un bitume tiède, afin de faciliter la mise en œuvre et ainsi permettre le prolongement de la fenêtre de réalisation des travaux de pavage avec ce type de bitume; l'enrobé doit être malaxé et posé à des températures d'un enrobé à chaud. Prévoir un bitume à haute résistance au désenrobage (HRD) si le type de granulat utilisé dans la composition du mélange le requiert (ex. : granulat de nature granitique).
6. Ajouter la mention que **la température de malaxage doit être ≤ 170°C**.
7. Usage recommandé en couche de surface. Il est proposé d'appliquer à la couche de correction (EC-10), le même grade de bitume que celui de la couche de surface.
8. Si la piste cyclable est partagée avec des véhicules, le grade de bitume de l'enrobé de la chaussée adjacente devra être utilisé.
9. Jnr : Complaisance non recouvrable mesurée à l'aide de l'essai MSCR qui permet de mieux prédire la résistance à l'orniérage de l'enrobé. Cette valeur est inscrite sur l'attestation de conformité du bitume et est une exigence normalisée par le MTMD.