

Annexe 1

Spécifications des matériaux décohésionnés et stabilisés au liant hydrocarboné

1. OBJET

Les présentes spécifications ont pour objet de fixer les exigences en ce qui a trait aux caractéristiques et aux critères d'évaluation des matériaux recyclés stabilisés au liant hydrocarboné.

2. RÉFÉRENCES

Les présentes spécifications renvoient à l'édition la plus récente des documents suivants:

NORMES :

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ)

NQ 2560–114 « Travaux de génie civil – Granulats ».

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ)

Tome VII – Matériaux

Norme 4101 « Bitumes ».

Norme 4105 « Émulsions de bitume ».

AUTRE DOCUMENT :

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, LABORATOIRE DES CHAUSSÉES (LC)

LC 26–002 « Méthode de formulation à froid des matériaux recyclés stabilisés à l'émulsion ».

3. DÉFINITIONS

Les définitions suivantes s'appliquent aux présentes spécifications :

Additif :

Le terme additif se limite à la chaux hydratée ou au ciment Portland.

Matériau décohésionné :

Mélange constitué dans des proportions variables de particules d'enrobé et de granulats provenant du revêtement bitumineux et de la couche de fondation de la chaussée existante. Le matériau décohésionné ainsi défini doit contenir des particules d'enrobé, et ce, dans une proportion maximale en volume de 50 % de granulats bitumineux.

4. CARACTÉRISTIQUES REQUISES

4.1 GRANULARITÉ

La granularité du matériau recyclé doit être déterminée selon les exigences stipulées à l'article 6.1.3 de la méthode d'essai LC 26–002 du Ministère et être conforme aux exigences du tableau 1 de la présente annexe.

4.2 CARACTÉRISTIQUES

PHYSIQUES ET MÉCANIQUES

Les caractéristiques physiques et mécaniques doivent être conformes aux exigences du tableau 2.

4.3 FORMULES THÉORIQUE ET FINALE DE MATÉRIAU DÉCOHÉSIONNÉ ET STABILISÉ AU LIANT HYDROCARBONÉ

La formule théorique de mélange doit être datée et signée par le responsable du contrôle de la qualité du laboratoire retenu par l'entrepreneur et être présentée avant les travaux de stabilisation. Les caractéristiques physiques qui y sont présentées doivent être représentatives du matériau décohésionné et stabilisé en place et conformes aux exigences du présent document.

La formule théorique doit comprendre l'information suivante :

- pour le matériau décohésionné et le combiné matériau décohésionné-granat d'apport : la granularité et la teneur en bitume;
- pour le granulat d'apport : la provenance, la classe granulaire, le type et le pourcentage du granulat d'apport selon le calcul fait conformément aux exigences stipulées à l'annexe 2, de même que les caractéristiques intrinsèques, de fabrication et complémentaires du granulat d'apport;
- le type de liant et sa classe;
- le type d'additif et sa provenance de même que le pourcentage ajouté;
- d'après la formulation faite selon la méthode d'essai LC 26–002 du Ministère, les informations suivantes :
 - le pourcentage d'eau « prémix »;
 - le pourcentage de bitume total, le pourcentage de bitume résiduel ajouté, la densité brute sèche du mélange, la stabilité Marshall modifiée et la déformation d'éprouvettes à l'état sec à 22 °C, la stabilité Marshall et la déformation après immersion et saturation sous vide à 22 °C, la densité maximale, le pourcentage de vides totaux maximaux et l'absorption en eau à la teneur en bitume proposée;
 - le pourcentage de stabilité retenue après immersion et saturation sous vide à 22 °C;

- le pourcentage d’eau optimal au compactage ainsi que la densité brute sèche maximale du mélange;
- les courbes des caractéristiques physiques du mélange en quatre points pour chacune des caractéristiques suivantes :
 - densité brute sèche;
 - stabilité Marshall modifiée à l’état sec à 22 °C;
 - stabilité Marshall après immersion et saturation sous vide à 22 °C;
 - pourcentage de stabilité retenue après immersion et saturation sous vide à 22 °C;
 - pourcentage des vides totaux maximaux;
 - pourcentage d’eau absorbée après immersion et saturation sous vide à 22 °C.

La formule finale de mélange est établie par l’entrepreneur après une évaluation en chantier de la formule théorique du matériau décohésoinné et stabilisé au liant hydrocarboné.

4.4 LIANT HYDROCARBONÉ

Le choix du liant hydrocarboné doit permettre la réalisation de tous les essais indiqués dans le présent document. L’émulsion de bitume utilisée pour la stabilisation doit être conforme à la norme 4105 du Ministère. Le bitume utilisé pour la fabrication du bitume moussé doit être conforme à la norme 4101 du Ministère.

4.5 GRANULAT D’APPORT

Le choix du granulats d’apport doit permettre la réalisation de tous les essais indiqués dans les présentes spécifications. Le granulats d’apport est choisi de façon à conférer au mélange une courbe bien graduée. Le granulats d’apport doit se prêter à l’enrobage avec le liant stabilisant. Le granulats d’apport doit être conforme aux caractéristiques intrinsèques et de fabrication de même qu’aux exigences des caractéristiques complémentaires des matériaux de fondation, tel qu’il est spécifié à la norme NQ 2560–114 « Travaux de génie civil – Granulats », « Partie II : Fondation, sous-fondation, couche de roulement et accotement »

4.6 ADDITIF

Le choix de l’additif doit permettre la réalisation de tous les essais indiqués dans le présent document.

Tableau 1
Fuseau granulométrique de spécification des matériaux décohésoinnés

Tamis en (mm)				Tamis en (µm)	
40	28	14	5	315	80
% passant					
100	80 – 100	50 – 90	25 – 55	5 – 20	3,0 – 10,0

Tableau 2
Caractéristiques des matériaux décohésoinnés et stabilisés au liant hydrocarboné

Caractéristiques	Minimum	Maximum	Méthode d’essai
Stabilité Marshall à sec, 22 °C (Newton)	7500 ⁽¹⁾		LC 26–002
Stabilité retenue (sous vide et immergée) à 22 °C (%)	75		LC 26–002
Bitume (résiduel) ajouté (%) ⁽²⁾	1,5		LC 26–002
Vides totaux (%)		15	LC 26–002
Enrobage (%)	80		LC 26–002
Humidité absorbée (%)		(3)	LC 26–002

- Notes :
1. Lorsque l’ajout d’un additif est requis dans une proportion en masse de 1,5 % de la masse totale du mélange, la valeur minimum est de 11 000 Newtons.
 2. L’ajout d’un additif est fait dans la proportion prescrite aux plans et devis.
 3. Le pourcentage d’humidité absorbée du mélange ne doit pas être excessif, afin de minimiser le risque de désenrobage ou l’affaissement du lien entre le bitume et les granulats décohésoinnés.

Annexe 2

Méthode de détermination du calibre et de la quantité de granulats d'apport nécessaires pour rendre un matériau décohesionné conforme aux exigences sur une épaisseur déterminée

1. OBJET

La présente méthode a pour but de déterminer le calibre de même que la quantité de granulat d'apport nécessaire pour corriger la granularité du matériau décohesionné sur une épaisseur déterminée.

2. PRINCIPE DE LA MÉTHODE

Le principe de la méthode consiste à évaluer la quantité de granulat d'apport qui, une fois incorporée au matériau décohesionné, permet d'obtenir, après stabilisation et compactage, une couche de matériau conforme aux exigences stipulées dans les spécifications sur les matériaux recyclés stabilisés au liant hydrocarboné (annexe 1 du présent devis).

3. CALCULS ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

3.1 PREMIÈRE MÉTHODE

3.1.1 Calculer, à l'aide des équations 1, 2 et 3, la proportion de granulat d'apport (P) et les épaisseurs de matériaux décohesionnés (Ep(A)) et de granulat d'apport (Ep(B)) en visant un % passant le tamis 5 mm se situant entre 30 % et 50 % et un % passant le tamis 80 µm conforme à l'exigence du tableau 1 (annexe 1 du présent devis).

S'il est impossible d'obtenir un mélange conforme de cette façon, suivre la deuxième méthode.

3.1.2 Calculer, à l'aide de l'équation 4 pour chacun des tamis du tableau 1

(annexe 1 du présent devis), le % passant de matériau décohesionné après correction.

3.1.3 Déterminer, à l'aide de l'équation 5, le taux d'application du granulat d'apport.

3.2 DEUXIÈME MÉTHODE

3.2.1 Calculer, à l'aide des équations 1, 2 et 3, la proportion de granulat d'apport (P) et les épaisseurs de matériaux décohesionnés (Ep(A)) et de granulat d'apport (Ep(B)) en visant un % passant le tamis 80 µm se situant entre 3 % et 9 % et un % passant le tamis 5 mm conforme à l'exigence du tableau 1 (annexe 1 du présent devis).

S'il est impossible d'obtenir un mélange conforme de cette façon, suivre la troisième méthode.

3.2.2 Calculer, à l'aide de l'équation 4 pour chacun des tamis du tableau 1 (annexe 1 du présent devis), le % passant de matériau décohesionné après correction.

3.2.3 Déterminer, à l'aide de l'équation 5, le taux d'application du granulat d'apport.

3.3 TROISIÈME MÉTHODE

3.3.1 Proposer par écrit au surveillant les mesures à prendre pour bonifier les matériaux décohesionnés et les rendre conforme aux exigences.

$$P = \frac{Ep(A)}{Ep(A) + Ep(B)} \quad \text{(équation 1)}$$

où

- P = proportion du granulat d'apport;
Ep (A) = épaisseur de matériaux décohesionnés (mm);
Ep (B) = épaisseur de granulat d'apport (mm).

Les valeurs Ep (A) et Ep (B) s'obtiennent par la résolution des équations 2 et 3.

$$Ep(A) + Ep(B) = E \text{ corr} \times 1,05 \quad \text{(équation 2)}$$

$$\% \text{ passant } X = \left[\frac{Ep(A)}{E \text{ corr} \times 1,05} \times \% \text{ passant } Xa \right] + \left[\frac{Ep(B)}{E \text{ corr} \times 1,05} \times \% \text{ passant } Xb \times \frac{(d) \text{ apport}}{(d) \text{ déco}} \right] \quad \text{(équation 3)}$$

où

- Ep (A) = épaisseur de matériaux décohesionnés (mm);
- Ep (B) = épaisseur de granulat d’apport (mm);
- E corr = épaisseur de la couche corrigée après compactage;
- % passant X = % passant pour le tamis 5 mm ou 80 µm du matériau décohesionné après correction;
- % passant Xa = % passant pour le tamis 5 mm ou 80 µm du matériau décohesionné;
- % passant Xb = % passant pour le tamis 5 mm ou 80 µm du matériau d’apport;
- (d) décoh = masse volumique du matériau décohesionné (kg/m³);
- (d) apport = masse volumique non tassée du matériau d’apport (kg/m³).

% passant X = [(1 – P) × % passant Xa] + [P × % passant Xb] (équation 4)

où

- % passant X = % passant pour un tamis du tableau 1 (annexe 1 du présent devis) du matériau décohesionné après correction;
- P = proportion du granulat d’apport;
- % passant Xa = % passant pour un tamis du tableau 1 (annexe 1 du présent devis) du matériau décohesionné;
- % passant Xb = % passant pour un tamis du tableau 1 (annexe 1 du présent devis) du matériau d’apport.

Tableau 1
Vérification de la conformité après correction

Suivant le calcul de la proportion du granulat d’apport selon l’équation 1 pour le tamis 5 mm ou le tamis 80 µm

	Tamis en mm			Tamis en µm		
	40	28	14	5	315	80
% passant	100	80-100	50-90	25-55	5-20	3,0-10,0
% passant visé 5 mm ou 80 µm						
Ep (A)						
Ep (B)						
Proportion du granulat d’apport (%) P						
Matériau après décohesionnement						
Granulat d’apport correction						
Matériau décohesionné après correction						
Conformité O : oui N : non						

Taux d’application = Ep (B) x (d) apport = (kg/m²) (équation 5)

où

- Ep (B) = épaisseur de granulat d’apport (mm) déterminé suivant l’option 1, 2 et 3;
- (d) apport = masse volumique du matériau d’apport (kg/m³) (il est recommandé d’utiliser la masse volumique non tassée).

Annexe 3

Détermination du facteur de correction de la mesure effectuée avec un nucléodensimètre de la teneur en eau (K) d'un matériau recyclé

1. PRINCIPE

Sur une surface d'une couche de matériau recyclé subdivisée en 6 sections de 1 m² représentatives du matériau recyclé, des mesures de la teneur en eau sont faites au moyen d'un nucléodensimètre et des échantillons sont prélevés pour en déterminer la teneur en eau, à l'aide d'essais faits en laboratoire, selon la méthode d'essai LC 21–200 du Ministère ou BNQ 2560–200. La comparaison des résultats obtenus permet de déterminer le facteur de correction de la teneur en eau. Il est propre à chaque matériau recyclé et à chaque nucléodensimètre.

2. RÉFÉRENCES

La présente méthode d'essai renvoie à l'édition la plus récente des documents suivants :

NORME :

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (BNQ)

2501–170 « Sols – Détermination de la teneur en eau »

AUTRE DOCUMENT :

MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, LABORATOIRE DES CHAUSSEES (LC)

LC 21–200 « Détermination de la teneur en eau au four à micro-ondes ».

3. MODE OPÉRATOIRE

Le nucléodensimètre doit avoir été étalonné et être utilisé selon les dernières recommandations formulées par le manufacturier.

- a) Sur une surface représentative de la couche de matériaux recyclés, localiser 6 sections;
- b) Dans chacune de ces sections, prendre 1 lecture d'une durée de 1 minute de la teneur en eau avec le nucléodensimètre;
- c) Dans chacune de ces sections, procéder au prélèvement d'un échantillon de matériau recyclé directement sous le centre de l'emplacement initial du nucléodensimètre, et ce, sur une profondeur de 150 mm ou équivalente à la moitié de l'épaisseur du matériau posé et sur un diamètre d'environ 200 mm en surface;
- d) Pour chacun des échantillons prélevés, déterminer la teneur en eau selon la méthode d'essai LC 21–200 ;
- e) Calculer la valeur moyenne de la teneur en eau suivant les six mesures prises avec le nucléodensimètre (étape B) et la valeur moyenne de la teneur en eau suivant les six essais faits en laboratoire selon la méthode d'essai LC 21–200 (étapes C et D);
- f) À partir de ces valeurs, déterminer le facteur de correction de la mesure de la teneur en eau faite avec le nucléodensimètre, et ce, à l'aide d'une équation spécifique à chaque type et marque d'appareil et en se référant au manuel de l'utilisateur fourni par le fabricant.

Pour les nucléodensimètres de marque Troxler, modèles 3411-B et 3440, le facteur K du nucléodensimètre est donné par l'équation suivante :

$$K = \frac{\omega_{MO} - \omega_{ND}}{\omega_{ND} + 100} \times 100$$

où

- | | | |
|---------------|---|---|
| K | = | facteur de correction à appliquer; |
| ω_{MO} | = | teneur en eau moyenne (six points d'essai) mesurée au micro-ondes ou à l'étuve; |
| ω_{ND} | = | teneur en eau moyenne (six points d'essai) mesurée au nucléodensimètre dont l'étalonnage a été vérifié. |

Annexe 4
Retraitement en place de la chaussée avec un liant hydrocarboné
Fiche de contrôle
1- Fenêtre d'exploration (article 8.2 du devis)

N° de fiche :

N° dossier :	Entrepreneur :		Date :
Localisation :	Lot :	Section :	Page : 1 de 1

Type d'intervention	Élément de contrôle	Effectué par	Cadence	Écart	C	NC	S/O	AC
Réalisation des fenêtres d'exploration	Matériel (unité de planage et unité de décohesionnement)	Personnel de chantier	En continu					
	Localisation	Personnel de chantier	1 vérification par fenêtre d'exploration					
	Superficie	Personnel de chantier	1 mesure par fenêtre d'exploration					
	Épaisseur d'enrobé		Minimum de 2 mesures par fenêtre d'exploration					
	Épaisseur résiduelle d'enrobé après planage (si nécessaire)	Personnel de chantier	Minimum de 2 mesures par fenêtre d'exploration	± 10 mm				
	Profondeur de décohesionnement	Personnel de chantier	Minimum de 2 mesures par fenêtre d'exploration	± 10 mm				
	Réparation des surfaces	Personnel de chantier	1 vérification par fenêtre d'exploration					
	Échantillonnage	Service qualité	1 échantillonnage minimum par 7500 m ²					
	Analyse granulométrique	Service qualité	1 analyse par échantillonnage					
Commentaires :								

	Date	Représentant (caractères d'imprimerie)	Signature
Représentant de l'entrepreneur			
Représentant du sous-traitant (si applicable)			

C = conformité NC = non-conformité S/O = sans objet AC = action corrective

Annexe 4
Retraitement en place de la chaussée avec un liant hydrocarboné
Fiche de contrôle
2- Préparation de la surface à décohesionner (article 10.0 du devis)

N° de fiche :

N° dossier :	Entrepreneur :		Date :
Localisation :	Lot :	Section :	Page : 1 de 1

Type d'intervention	Élément de contrôle	Effectué par	Cadence	Écart	C	NC	S/O	AC
Planage à froid de la surface pavée	Profilométrie et plan régulier	Personnel de chantier	En continu					
	Épaisseur résiduelle d'enrobé	Personnel de chantier	En continu					
	Disposition des granulats bitumineux récupérés	Personnel de chantier	1 mesure au 100 m et par bande	± 10 mm				
	Mise au rebut des matériaux impropres	Personnel de chantier	En continu					
	Matériel (unité de planage)	Personnel de chantier	En continu					
Accotement en matériaux granulaires	Enlèvement de la terre végétale et de tout autre matériau pollué	Personnel de chantier	En continu					
	Largeur de nettoyage	Personnel de chantier	En continu					
Commentaires :								

	Date	Représentant (caractères d'imprimerie)	Signature
Représentant de l'entrepreneur			
Représentant du sous-traitant (si applicable)			

C = conformité NC = non-conformité S/O = sans objet AC = action corrective

Annexe 4
Retraitement en place de la chaussée avec un liant hydrocarboné
Fiche de contrôle
3- Décohesionnement, malaxage, reprofilage et compactage (article 11.0 du devis)

N° de fiche :

N° dossier :	Entrepreneur :		Date :
Localisation :	Lot :	Section :	Page : 1 de 1

Type d'intervention	Élément de contrôle	Effectué par	Cadence	Écart	C	NC	S/O	AC
Décohesionnement et malaxage	Matériel (unité de décohesionnement)	Personnel de chantier	En continu					
	Conditions climatiques	Personnel de chantier	En continu					
	Épaisseur de décohesionnement	Personnel de chantier	1 mesure aux 100 m et par bande	± 10 mm				
	Proportion de granulats bitumineux	Personnel de chantier	1 mesure par secteur					
	Longueur de décohesionnement	Personnel de chantier	En continu					
	Chevauchement sur la bande adjacente décohesionnée	Personnel de chantier	En continu					
Reprofilage	Profil longitudinal et transversal	Personnel de chantier	En continu					
Compactage	Teneur en eau	Service qualité	1 mesure aux 100 m et par bande	± 0,5 %				
	Compactage	Service qualité	1 mesure aux 100 m et par bande					
Commentaires :								

	Date	Représentant (caractères d'imprimerie)	Signature
Représentant de l'entrepreneur			
Représentant du sous-traitant (si applicable)			

C = conformité NC = non-conformité S/O = sans objet AC = action corrective

Annexe 4
Retraitement en place de la chaussée avec un liant hydrocarboné
Fiche de contrôle
4- Planche de référence pour stabilisation (article 14.4 du devis)

N° de fiche :

N° dossier :	Entrepreneur :		Date :
Localisation :	Lot :	Section :	Page : 1 de 1

Type d'intervention	Élément de contrôle	Effectué par	Cadence	Écart	C	NC	S/O	AC
Réalisation de la planche de référence	Dimension	Personnel de chantier	1 mesure par planche de référence					
	Ajout des granulats d'apport si nécessaire	Service qualité	Minimum de 2 mesures par planche de référence	± 5 kg/m ²				
	Profondeur traitée	Personnel de chantier	Minimum de 2 mesures par planche de référence	± 10 mm				
	Humidité <i>in situ</i> (Teneur en eau = prémix)	Service qualité	Minimum de 2 mesures par planche de référence	± 0,5 %				
	Taux d'application du liant (quantité mesurée par le débitmètre ou le lecteur-totalisateur/superficie stabilisée)	Service qualité	Minimum de 2 mesures par planche de référence	± 5 %				
	Taux d'application de l'additif (quantité mesurée par le débitmètre ou le lecteur-totalisateur/superficie stabilisée)	Service qualité	Minimum de 2 mesures par planche de référence	± 5 %				
	Uniformité de stabilisation en profondeur	Service qualité	En continu					
	Uniformité de stabilisation transversale	Service qualité	En continu					
	Compacité	Service qualité	En continu					
Vérification de l'efficacité des équipements et des méthodes opérationnelles	Malaxage supplémentaire des joints si requis	Personnel de chantier	En continu					
	Séquence de compactage (éviter le compactage excessif et la remontée du liant)	Personnel de chantier	En continu					
	Marge d'erreur du débitmètre ou lecteur-totalisateur de la quantité du liant ajouté	Personnel de chantier	1 mesure par équipement	± 5 %				
	Marge d'erreur du débitmètre ou lecteur-totalisateur de la quantité d'additif ajouté	Personnel de chantier	1 mesure par équipement	± 5 %				
Commentaires :								

	Date	Représentant (caractères d'imprimerie)	Signature
Représentant de l'entrepreneur			
Représentant du sous-traitant (si applicable)			

C = conformité NC = non-conformité S/O = sans objet AC = action corrective

Annexe 4
Retraitement en place de la chaussée avec un liant hydrocarboné
Fiche de contrôle
5- Stabilisation (article 14.0 du devis)

N° de fiche :

N° dossier :	Entrepreneur :		Date :
Localisation :	Lot :	Section :	Page : 1 de 1

Type d'intervention	Élément de contrôle	Effectué par	Cadence	Écart	C	NC	S/O	AC
Stabilisation (matériel)	Unité de stabilisation	Personnel de chantier	En continu					
	Débitmètre ou lecteur-totalisateur	Service qualité	En continu					
Stabilisation (matériau)	Attestation de conformité du granulat d'apport	Service qualité	À chaque livraison					
	Attestation de conformité du liant	Service qualité	À chaque livraison					
Stabilisation (réalisation)	Taux de pose du granulat d'apport (si nécessaire)	Personnel de chantier	1 mesure par demi-journée de travail et par bande	± 5 kg/m ²				
	Humidité <i>in situ</i> (Teneur en eau = prémix)	Service qualité	1 mesure au 100 m et par bande	± 0,5 %				
	Taux d'application du liant (quantité mesurée par le débitmètre ou le lecteur-totalisateur/superficie stabilisée)	Service qualité	1 mesure par demi-journée de travail et par bande	± 5 %				
	Taux d'application des additifs (si nécessaire) (quantité mesurée par le débitmètre ou le lecteur-totalisateur/superficie stabilisée)	Service qualité	1 mesure par demi-journée de travail et par bande	± 5 %				
	Profondeur traitée	Personnel de chantier	1 mesure au 100 m et par bande	± 10 mm				
	Profilométrie	Personnel de chantier	En continu	± 10 mm				
	Uniformité de stabilisation en profondeur	Service qualité						
	Uniformité de stabilisation transversale	Service qualité						
	Compacité	Service qualité						
Commentaires :								

	Date	Représentant (caractères d'imprimerie)	Signature
Représentant de l'entrepreneur			
Représentant du sous-traitant (si applicable)			

C = conformité NC = non-conformité S/O = sans objet AC = action corrective