

Rapport final

Revue et analyse comparative des enrobés

Préparé pour :

Ministère des Transports du Québec
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8

Préparé par :

Applied Research Associates inc.

25 mai 2020



Note au lecteur : Cette version est une traduction de la version originale anglaise.

Résumé

L'objectif de ce projet était de recueillir, d'étudier, d'évaluer, d'analyser et d'examiner de façon critique les pratiques et les procédés liés aux enrobés utilisés par des organisations comparables afin d'établir des comparaisons avec les pratiques actuellement utilisées par le MTQ. Cette étude a été réalisée grâce à des analyses de documents et à des entretiens avec le MTQ ainsi qu'avec cinq ministères des transports canadiens (Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario et Nouveau-Brunswick) et cinq départements de transports américains (Minnesota, New York, Vermont, New Hampshire et Maine). Des informations sur les politiques et les procédures relatives aux enrobés ont été recueillies, notamment :

- **Informations sur le réseau routier** : Longueur du réseau routier, classification des routes et stratégies d'entretien.
- **Climat** : Durée des saisons, saison d'asphaltage, températures moyennes et extrêmes, zones climatiques, précipitations de pluie et de neige, indice de gel, catégories de température et de précipitations de pluie.
- **Trafic** : Classification des routes, niveau de trafic typique, pourcentage de véhicules lourds et véhicules-kilomètres parcourus.
- **Types de chaussée** : Types de chaussée et configurations pour divers niveaux de trafic et conditions de sol support.
- **Formulation des enrobés et matériaux** : Types et sources principales de granulats et de bitume, additifs, procédures de formulation des enrobés ainsi que responsabilités et approbations.
- **Production et pose des enrobés** : Méthode de production, de transport et de pose.
- **Contrôle de la qualité** : Responsabilités et processus pour les inspections et les essais de contrôle de la qualité.
- **Assurance de la qualité** : Responsabilités et processus pour les inspections et les essais d'assurance de la qualité.
- **Défis et opportunités des organisations** : Défis et opportunités techniques auxquels font face les organisations lors de la mise en œuvre de leur programmation pour les chaussées en enrobé.

Une mise en garde importante pour toute étude comparative est de reconnaître qu'une variété de caractéristiques uniques peut empêcher la comparaison directe entre les organisations. Il doit être reconnu que les cultures opérationnelles, les structures organisationnelles, les disparités climatiques et météorologiques, les pressions du développement industriel, les activités de développement résidentiel, les environnements économiques (y compris les marchés des ressources naturelles), ainsi que les responsabilités et les priorités du gouvernement, sont autant d'éléments qui influencent la capacité d'une pratique bien définie de gestion des routes et des infrastructures. L'équipe d'ARA a recueilli des informations comparatives et les présente dans ce rapport sans juger si certaines pratiques ou certains investissements sont nécessairement bons ou mauvais, mais plutôt pour décrire les activités menées dans d'autres juridictions par rapport à celles réalisées au Québec.

Une tentative a été faite pour comparer les dépenses d'investissement et d'exploitation/entretien des routes entre les organisations. Cependant, en raison des différences entre les méthodes de travail, les responsabilités et les rapports financiers, il n'a pas été possible de faire des comparaisons directes entre les capitaux et les dépenses

opérationnelles.

La majorité des organisations effectuent l'entretien des routes à l'interne. L'Ontario et le Québec effectuent l'entretien des routes à la fois à l'interne et par contrat, tandis que l'Alberta indique que la majorité de l'entretien des routes est effectuée par des entrepreneurs dans le cadre de contrats pluriannuels.

Les zones climatiques vont du climat continental humide au climat subarctique froid dans le nord des provinces. La saison de construction a été rapportée est assez similaire pour la plupart des organisations, commençant de mars à mai et se terminant en octobre. Les restrictions en matière de température d'asphaltage varient substantiellement avec certaines basées sur des dates, d'autres sur la température de l'air ou de la surface et dans certains cas, sur l'épaisseur de la couche. Certains exigent seulement un enrobé tiède pour l'asphaltage « hors saison ». Toutes les organisations, à l'exception de New York, ont des restrictions régulières de charge au printemps.

La définition des autoroutes, des artères, des routes collectrices et locales varie substantiellement d'une organisation à l'autre. Bien que la plupart des organisations considèrent les autoroutes comme des routes à accès contrôlé, cette définition n'est pas systématique. Certaines classifient les types d'autoroutes en fonction de leurs caractéristiques de conception, tandis que d'autres utilisent le trafic. Les valeurs de trafic journalier moyen annuelles varient considérablement, de moins de 1 000 à plus de 410 000 véhicules par jour.

La philosophie pour le dimensionnement des chaussées des organisations diffère. En Alberta, le dimensionnement de la chaussée est échelonné avec la dernière couche d'enrobé différée une ou deux années après la construction initiale. L'Ontario a réalisé une étude d'étalonnage AASHTO afin d'établir des intrants spécifiques le dimensionnement des chaussées. Le Québec utilise une version modifiée de la procédure de dimensionnement AASHTO 93 appelée CHAUSSÉE 2. Ce programme évalue entre autres les répercussions potentielles de la profondeur du gel et du soulèvement par le gel sur la performance de la chaussée. Au Nouveau-Brunswick, la même structure de chaussée, incluant l'enrobé, la fondation et la sous-fondation, est utilisée pour toutes les chaussées souples des autoroutes de la province. L'État du Vermont considère la profondeur du gel ainsi qu'un facteur de modification pour déterminer l'épaisseur minimale des chaussées pour différentes classifications d'autoroutes.

Toutes les organisations, à l'exception de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba, utilisent Superpave comme principale procédure de formulation des enrobés. Le Québec a modifié la méthode de formulation Superpave en y ajoutant l'approche volumétrique française pour laquelle le nombre de girations à la presse à cisaillement giratoire sont les mêmes que pour une formulation Superpave conventionnelle, mais le volume de bitume effectif (VBE) est fixé et la granulométrie des granulats est ajustée pour obtenir des vides dans une plage déterminée (4 à 7 %) comme le précise la norme MTQ 4202. Toutes les organisations exigent que les entrepreneurs préparent leurs formules d'enrobés et demandent un lot d'essai pour vérifier la conformité avec les spécifications du projet.

Le Québec est la seule organisation qui exige l'utilisation de l'essai d'orniérage français avant d'accepter la production de l'enrobé. Le Minnesota et l'Ontario sont les seules organisations à avoir mis en place des essais de susceptibilité à la fissuration pour certains enrobés. Le Québec, l'Ontario et New York sont les seules organisations qui exigent des valeurs de

coefficients de polissage par projection pour les granulats d'enrobé.

Le Québec, l'Ontario, le Minnesota et New York exigent l'essai de déformation et de recouvrance répétées et la teneur maximale en cendres pour les bitumes. Le Québec est la seule organisation qui détermine le coefficient d'écoulement des granulats passant 5 mm pour limiter la quantité de sable naturel et assurer une bonne proportion de sable manufacturé dans le mélange pour une meilleure résistance à l'orniérage.

Toutes les organisations, à l'exception d'une seule, spécifient des exigences pour le contrôle de la qualité des entrepreneurs, incluant le type et la fréquence des essais minimaux. La fréquence des essais varie substantiellement entre les organisations. Les essais incluent la granulométrie des granulats, la teneur en bitume, les vides et la densité des enrobés. Le Québec exige généralement une fréquence plus élevée d'essais sur les matériaux que les autres organisations. Le Québec est la seule organisation qui exige à l'entrepreneur qu'il soit certifié ISO 9001.

Les exigences actuelles du Québec en matière d'assurance de la qualité et les procédures d'inspection des centrales d'enrobage sont similaires à celles utilisées par les autres organisations. Le Québec est la seule organisation qui exige que les centrales d'enrobage possèdent un plan de qualité ISO 9001 qui englobe toutes leurs activités. Toutes les organisations, sauf une, utilisent des spécifications sur le résultat final avec des facteurs de paiement basés sur les résultats des essais de l'entrepreneur. Les facteurs de paiement varient d'une organisation à l'autre, avec des valeurs typiques allant de 1,05 (bonis de 5 %) à un minimum de 0,6 (pénalité). Le Québec n'a pas de bonis de paiement, et l'Ontario a récemment modifié ses spécifications, passant d'une structure de bonis/pénalités à une exclusion de tout boni. Des inspections des centrales sont exigées par toutes les organisations.

La majorité des organisations utilisent des carottes pour contrôler l'épaisseur et pour vérifier le tonnage théorique placé afin de le comparer aux bons de livraison du tonnage d'enrobé. Huit des onze organisations spécifient des relevés d'uni, réalisés par le propriétaire, effectués à l'aide d'un profilomètre laser monté sur un véhicule pour mesurer l'indice de rugosité international (IRI) de la surface de la chaussée. L'intervalle de mesure pour déterminer la plage d'acceptation varie de 15 à 160 m, ce qui rend la comparaison impossible des limites de l'IRI. La plupart des spécifications comportent des primes, des pénalités et des limites de rejet pour l'uni. Le Québec est la seule organisation à disposer d'une spécification d'image infrarouge pour évaluer le potentiel de ségrégation thermique longitudinale.

La majorité des organisations ont adopté des spécifications sur le résultat final où la production et la pose de l'enrobé ainsi que les moyens pour le faire sont sous la responsabilité de l'entrepreneur. Toutes les organisations disposent de procédures d'essai et de vérification de l'assurance de la qualité pour s'assurer que les produits livrés sont conformes aux spécifications du projet. En cas de non-conformité, la plupart d'entre elles prévoient des sanctions financières qui sont appliquées jusqu'à ce que la qualité soit tel que le rejet est prononcé.

De nombreux défis sont similaires d'une organisation à l'autre. La capacité à trouver, à former et à retenir du personnel expérimenté avec la formulation des enrobés, la construction et l'entretien est un thème commun. La plupart des organisations ont fait des commentaires sur les activités d'asphaltage en fin de la saison et ont indiqué que bien qu'elles comportent des restrictions de date et de température, celles-ci sont souvent ignorées lors de la précipitation pour terminer les projets avant la fin de la saison de construction. Les opportunités comprennent l'utilisation d'essais de performance sur l'enrobé, l'amélioration de la surveillance

et la responsabilisation de l'entrepreneur pour son travail.

En général, les provinces du Québec et de l'Ontario, au Canada, et les états du Minnesota et de New York, aux États-Unis, ont des stratégies et des procédures plus complètes pour les pratiques et processus liés aux enrobés. Ceci est commensurable à la taille de leurs réseaux routiers et au volume de trafic.

Les résultats de cette revue par les pairs indiquent que le MTQ a mis en place des stratégies, des processus et des procédures qui sont très similaires à ceux des organisations homologues responsables de la formulation des enrobés, des matériaux, de la production et de la pose, ainsi que du contrôle et de l'assurance de la qualité des enrobés. Certains domaines pour lesquels les exigences du MTQ surpassent celles des organisations homologues sont :

- L'utilisation d'une procédure complète de dimensionnement des chaussées qui quantifie les répercussions potentielles du gel sur la performance de la chaussée et fournit des méthodes d'atténuation.
- L'utilisation d'une méthode de formulation volumétrique modifiée des enrobés.
- Les essais de performance à l'orniérage pour les enrobés.
- L'incorporation d'un coefficient d'écoulement pour les granulats fins lors de la formulation des enrobés pour améliorer la résistance à l'orniérage.
- Les exigences de la certification ISO 9001 pour les centrales d'enrobage et les laboratoires effectuant des essais sur les matériaux de construction.
- La spécification de coefficient de polissage par projection pour les propriétés d'adhérence des granulats.
- L'utilisation d'images infrarouges pour réduire la présence de ségrégation thermique.
- La fréquence généralement plus élevée des essais de contrôle et d'assurance de la qualité sur le bitume et les enrobés.
- L'obligation d'obtenir l'approbation du sous-ministre adjoint pour l'asphaltage en dehors des dates prévues pour les différentes régions.

Table des matières

1.	Introduction	1
2.	Réseau routier	3
2.1	Comparaison des dépenses d'investissement et d'entretien	4
2.2	Politique en matière de dépenses d'investissement	5
2.3	Politique en matière d'exploitation et d'entretien.....	5
3.	Climat.....	6
4.	Classification des routes et trafic	8
5.	Types de chaussée	10
6.	Formulation des enrobés et matériaux.....	13
6.1	Formulation des enrobés.....	13
6.2	Granulats et bitume	17
6.3	Additifs pour enrobés	21
7.	Production et pose des enrobés	24
7.1	Production et transport d'enrobé	24
7.2	Pose de l'enrobé	27
8.	Contrôle de la qualité.....	33
8.1	Processus et procédures de contrôle de la qualité	33
9.	Assurance de la qualité	38
9.1	Spécifications et inspection des centrales	38
9.2	Épaisseur et compactage	42
9.3	Caractéristiques de surface.....	48
10.	Défis et opportunités	51
10.1	Défis des organisations.....	51
10.2	Opportunités pour les organisations	54
11.	Discussion.....	57
12.	Mot de la fin	59
13.	Références du rapport.....	60
14.	Documents d'organisations examinés	61

Liste des tableaux

Tableau 2-1. Résumé du réseau routier	2
Tableau 3-1. Conditions climatiques typiques par agence	6
Tableau 4-1. Classification des routes en km-voie	8
Tableau 4-2. Données relatives au trafic	8
Tableau 5-1. Épaisseur de l'asphalte pour diverses classifications de route	10
Tableau 5-2. Épaisseur de la base pour diverses classifications de route	10
Tableau 5-3. Épaisseur de la sous-fondation pour diverses classifications de route	11
Tableau 6-1. Conception des enrobés	15
Tableau 6-2. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de conception des enrobés par rapport au Québec	16
Tableau 6-3. Granulats et bitume	18
Tableau 6-4. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de granulats et de bitume par rapport au Québec	20
Tableau 6-5. Additifs pour enrobés	22
Tableau 6-6. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière d'additifs pour enrobés par rapport au Québec	23
Tableau 7-1. Production et transport d'asphalte	25
Tableau 7-2. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de production et de transport d'asphalte par rapport au Québec	26
Tableau 7-3. Pose de l'asphalte	28
Tableau 7-4. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de pose de l'asphalte par rapport au Québec	31
Tableau 8-1. Processus et procédures de contrôle de la qualité	34
Tableau 8-2. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de contrôle de la qualité par rapport au Québec	36
Tableau 9-1. Spécifications et inspection des usines	39
Tableau 9-2. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de spécifications et d'inspection des usines par rapport à celles du Québec	37
Tableau 9-3. Épaisseur et compactage	39
Tableau 9-4. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière d'épaisseur et de compactage par rapport au Québec	46
Tableau 9-5. Caractéristiques de surface	48
Tableau 9-6. Comparaison des politiques et procédures des agences homologues en matière de caractéristiques de surface par rapport au Québec	49
Tableau 10-1. Les cinq principaux défis	50
Tableau 10-2. Les défis des organisations en matière d'amélioration des enrobés	51
Tableau 10-3. Les cinq meilleures possibilités d'amélioration de la performance des enrobés	53
Tableau 10-4. Identification par les agences de possibilités d'amélioration de la performance des enrobés	54

Liste des figures

Figure 6-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de conception des enrobés par rapport à celles du Québec.....	16
Figure 6-2. Comparaison des politiques et procédures en matière de granulats et de bitume par rapport à celles du Québec.....	20
Figure 6-3. Comparaison des politiques et procédures en matière d'additifs pour enrobés par rapport à celles du Québec.....	23
Figure 7-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de production et de transport d'asphalte par rapport à celles du Québec.....	26
Figure 7-2. Comparaison des politiques et procédures en matière de pose de l'asphalte par rapport à celles du Québec.....	31
Figure 8-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de contrôle de la qualité par rapport à celles du Québec.....	37
Figure 9-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de spécifications et d'inspection des usines par rapport à celles du Québec	41
Figure 9-2. Comparaison des politiques et procédures en matière d'épaisseur et de compactage par rapport à celles du Québec.....	46
Figure 9-3. Comparaison des politiques et procédures en matière de caractéristiques de surface par rapport à celles du Québec	49

GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS GÉNÉRALES

AASHTO	- American Association of State Highway and Transportation Officials
AQ	- Assurance de la qualité
ARA	- Applied Research Associates inc.
ASTM	- American Society for Testing and Materials
BPC	- Bardeaux d'asphalte post-consommation
BPF	- Bardeaux d'asphalte post-fabrication
CCDG	- Cahier des charges et devis généraux (spécifications générales)
CCIL	- Conseil canadien des laboratoires indépendants
CPP	- Coefficient de polissage par projection
CQ	- Contrôle de la qualité
CTOD	- Essai d'écartement de fissure
Db	- Densité brute
DCT	- Essai de tension compacte en forme de disque
DENT	- Essai de tension à double encoche
DGM	- Dimension de grosseur maximale
DGNM	- Dimension de grosseur nominale maximale
DJMA	- Débit journalier moyen annuel
DOT	- Department of Transportation
Dratch	- Centrale d'enrobage en continu et par lots
EBBR	- Rhéomètre à flexion de poutre étendue
ECAS	- Équivalent de charge axiale simple
GBR	- Granulats bitumineux récupérés
GCH	- Système de gestion des chaussées
Gmm	- Densité maximale
IRI	- Indice de rugosité international
ISO 55000	- Norme 55000 de l'Organisation internationale de normalisation
ISO 9001	- Norme 9001 de l'Organisation internationale de normalisation
km	- Kilomètres
MSCR	- Essai de déformation et de recouvrance répétées
NBUPG	- Groupe de producteurs utilisateurs du Nouveau-Brunswick
NETTCP	- Programme de certification des techniciens en transport de la Nouvelle-Angleterre
NOAA	- National Oceanic and Atmospheric Administration
PAGI	- Plan annuel de gestion des investissements publics en infrastructures
PCI	- Indice d'état de la chaussée
PCQ	- Plan de contrôle de la qualité
PG	- Classe de performance
PQI	- Plan québécois des infrastructures
REOB	- Correcteur à base d'huile usée recyclée
SCB	- Essai de flexion semi-circulaire
SMA	- Enrobé à matrice de pierre
SP	- Superpave
Spec	- Spécification
Superpave	- Superpave (marque de commerce)
UNB	- Université du Nouveau-Brunswick
VBE	- Volume de bitume effectif
VMA	- Vides dans le granulat minéral

GLOSSAIRE DES ACRONYMES DES ORGANISATION ROUTIÈRES

AT	- Alberta Department of Transportation
Maine DOT	- Maine Department of Transportation
MIT	- Manitoba Infrastructure and Transportation
MnDOT	- Minnesota Department of Transportation
MTO	- Ministry of Transportation Ontario
MTQ	- Ministère des Transports du Québec
NBDTI	- Ministère des Transports et de l'Infrastructure du Nouveau-Brunswick
NHDOT	- New Hampshire Department of Transportation
NYDOT	- New York Department of Transportation
SHI	- Saskatchewan Highways and Infrastructure
VTrans	- Vermont Agency of Transportation

GLOSSAIRE DE LA NOMENCLATURE SUR LES ENROBÉS

Alberta	- Application (Marshall)
H1	- Service très élevé, 16 mm
H2	- Service élevé, 12,5 mm
M1	- Service moyen, 12,5 mm
L1	- Service faible, 12,5 mm, vides de 3 à 3,5 %
S1	- Couche unique de 20 mm, amélioration du profil
S2	- Couche unique de 30 mm, couches minces
S3	- Couche de base de 80 à 100 mm, avec un total de > 140 mm
Superpave	- Expérimental ou autres exigences particulières
Saskatchewan	- Application (Marshall)
Type 1	- BaseBase, 16 mm, 75 coups
Type 2	- Surface, 12,5 mm, 75 coups
Type 3	- BaseBase, 16 mm, 75 coups
Type 4	- Surface, 12,5 mm, 75 coups
Type 5	- Surface, 12,5 mm, 75 coups, calibre fin
Manitoba	- Application (Marshall et Superpave)
Classe A	- Base, 16 mm, calibre fin
Classe B	- Base, 19 mm, calibre grossier
Classe C	- Surface, 19 mm, calibre grossier
Classe D	- Surface, 12,5 mm
Ontario	- Application (Superpave et SMA)
Superpave 37.5	- Base, 50 mm
Superpave 25	- Base, 37,5 mm
Superpave 19	- Base, 25 mm
Superpave 12.5 FC1	- Surface, 19 mm, calibre grossier et fin de la même source
Superpave 12.5 FC2	- Surface, 19 mm, calibre grossier et fin de différentes sources
Superpave 9.5	- Surface, 12,5 mm
Superpave 4.75	- Surface, 9,5 mm
SMA 19	- Base, 25 mm
SMA 12.5	- Surface, 19 mm
SMA 9.5	- Surface, 12,5 mm
Québec	- Application (Superpave modifié)
GB-20	- Base, 20 mm
ESG-14	- Base ou surface, 14 mm
ESG-10	- Surface, 10 mm, calibre fin
EG-10	- Surface, 10 mm, calibre grossier
EGM-10	- Surface, 10 mm, mince calibre grossier
MUN-10	- Surface, 10 mm, municipal
EC-10	- Couche de nivellement, 10 mm, correction
ESG-5	- Base antifatigue, 5 mm, riche en bitume
EC-5	- Couche de nivellement, 5 mm, correction mince

Nouveau-Brunswick- Application (Superpave)

B/HRB/WMA-B	- Base, 25 mm
C/WMA-C	- Base/Surface, 16 mm
D/HRD/WMA-D	- Surface, 12,5 mm

Minnesota

1 – 2 lettres	- SP = Formulation enrobé giratoire
2.1 – 2 lettres	- WE = Couche d'usure et d'accotement
2.2 – 2 lettres	- NW = Pas couche d'usure
3.1 – 1 lettre	- A = ½ po, SP 9.5
3.2 – 1 lettre	- B = ¾ po, SP 12.5
3.3 – 1 lettre	- C = 1 po, SP 19
3.4 – 1 lettre	- D = 3/8 po, SP 4.75
4.1 – 1 chiffre	- 2 = < 1 million, ECAS conception de 20 ans
4.2 – 1 chiffre	- 3 = 1-<3 millions, ECAS conception de 20 ans
4.3 – 1 chiffre	- 4 = 3-<10 millions, ECAS conception de 20 ans
4.4 – 1 chiffre	- 5 = 10-<30 millions, ECAS conception de 20 ans
4.5 – 1 chiffre	- 6 = >30 millions, ECAS conception de 20 ans (clause SMA)
5.1 – 2 chiffres	- 40 = 4 % de vide pour les couches d'usure
5.2 – 2 chiffres	- 30 = 3 % de vide pour les couches pas d'usure et d'accotement
6.1 – 1 lettre	- A = PG 52S-34
6.2 – 1 lettre	- B = PG 58S-28
6.3 – 1 lettre	- C = 58H-34
6.4 – 1 lettre	- E = PG 58H-28
6.5 – 1 lettre	- F = PG 58V-34
6.6 – 1 lettre	- H = PG 58V-28
6.7 – 1 lettre	- I = 58E-34
6.8 – 1 lettre	- L = 64S-22
6.9 – 1 lettre	- M = 49S-34
Ex. : SPWEB540E	- Type de formulation, couche, taille des granulats, niveau de trafic, vides, bitume

New York

1 – 3 chiffres	- Application (Superpave)
2.1 – 2 chiffres	- Référence au numéro de spécification standard
2.1 – 2 chiffres	- 01 = Base perméable, correction et nivelant
2.1 – 2 chiffres	- 05 = Correction
2.1 – 2 chiffres	- 06 = 6.3 Couche surface
2.1 – 2 chiffres	- 09 = 9.5 Couche surface
2.1 – 2 chiffres	- 12 = 12.5 Couche surface
2.1 – 2 chiffres	- 19 = 19 Couche intermédiaire
2.1 – 2 chiffres	- 25 = 25 Couche intermédiaire ou base
2.1 – 2 chiffres	- 37 = 37.6 Couche base
3.1 – 1 chiffre	- 5 = Carottage quotidien avec ajustements des paiements
3.2 – 1 chiffre	- 6 = Surveillance par jauge de densité avec vérification par carottage
3.3 – 1 chiffre	- 7 = Surveillance par jauge de densité uniquement
3.4 – 1 chiffre	- 8 = Méthode – Nombre de passes avec rouleau
4.1 – 1 chiffre	- 1 = F1 Adhérence des granulats grossiers – volume élevé en bas de l'État
4.2 – 1 chiffre	- 2 = F2 Adhérences des granulats grossiers – volume élevé en haut de l'État
4.3 – 1 chiffre	- 3 = F3 Adhérence des granulats grossiers – faible volume
4.4 – 1 chiffre	- 4 = F4 Adhérence des granulats grossiers – accotements et autres

5.1 – 1 chiffre	- 0 = Élément enrobé spécifié (éléments d'ajustement de la qualité)
5.2 – 1 chiffre	- 1 = Ajustement de la qualité de la production en centrale
5.3 – 1 chiffre	- 2 = Ajustement de la qualité de la densité de la chaussée
5.4 – 1 chiffre	- 3 = Ajustement de la qualité de la densité des joints longitudinaux
5.5 – 1 chiffre	- 4 = Ajustement de la qualité de roulement de la chaussée
5.6 – 1 chiffre	- 5 = Ajustement de la qualité de la section d'essai
6.1 – Chiffre	- Numéro de révision de la spécification
Ex. : 402.127143	- Spécification 402, couche supérieure de 12,5 mm, surveillance par jauge de densité uniquement, adhérence des granulats grossiers pour les routes à fort trafic en bas de l'État, ajustement de la qualité de roulement de la chaussée, révision 3

Vermont

Type I	- Application (Marshall et Superpave)
Type II	- Base, 31,5 mm – Marshall
Type III	- Base, 25 mm – Marshall
Type IV	- Base, 19 mm – Marshall
Type V	- Surface, 12,5 mm – Marshall
Type MS	- Surface, 9,5 mm – Marshall
Type IS	- Base, 50 mm – Superpave
Type IIS	- Base, 37,5 mm – Superpave
Type IIIS	- Base, 25 mm – Superpave
Type IVS	- Base, 19 mm – Superpave
Type VS	- Surface, 12,5 mm – Superpave
Type VIS	- Surface, 9,5 mm – Superpave, minimum de bitume = 6 %
	- Surface, 12,5 mm – Superpave

New Hampshire

	- Application (Superpave)
Enrobé de base (1,5 po)	- Base, 40 mm
Enrobé intermédiaire (3/4 po)	- Intermédiaire, 19 mm
Enrobé de surface (1/2 po)	- Surface, 12,5 mm
Enrobé de surface (3/8 po)	- Surface, 9,5 mm

Maine

	- Application (Superpave)
Type 25	- Base, 25 mm
Type 19	- Base, 19 mm
Type 12.5	- Surface, 12,5 mm
Type 9.5	- Surface, 9,5 mm
Type 4.75	- Surface, 4,75 mm

1. Introduction

L'objectif de ce projet était de recueillir, d'étudier, d'évaluer, d'analyser et d'examiner de façon critique les pratiques et les procédés liés aux enrobés utilisés par des organisations comparables afin d'établir des comparaisons avec les pratiques actuellement utilisées par le MTQ. Cette étude a été réalisée avec des recherches documentaires et des entretiens avec les organisations routières des provinces et États suivants :

Canada

Alberta (AT)
Saskatchewan (SHI)
Manitoba (MIT)
Ontario (MTO)
Québec (MTQ)
Nouveau-Brunswick (NBDTI)

États-Unis

Minnesota (MnDOT)
New York (NYDOT)
Vermont (VTrans)
New Hampshire (NHDOT)
Maine (MDOT)

Ces organisations ont été choisies, car elles représentent un groupe homologue au MTQ. Les provinces de la Colombie-Britannique, de Terre-Neuve-et-Labrador, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse n'ont pas été incluses, car on y trouve des régions côtières dont le climat diffère de celui du Québec. Dans le cadre du processus de démarrage de ce projet, Applied Research Associates inc. (ARA) a élaboré une matrice pour les informations recueillies auprès de chacune des organisations. Ceci inclut les éléments suivants :

- **Informations sur le réseau routier** : Longueur du réseau routier, classification des routes et stratégies d'entretien.
- **Climat** : Durée des saisons, saison d'asphaltage, températures moyennes et extrêmes, zones climatiques, précipitations de pluie et de neige, indice de gel, catégorie de températures et de précipitations de pluie.
- **Trafic** : Classification des routes, niveau de trafic typique, pourcentage de véhicules lourds et véhicules-kilomètres parcourus.
- **Types de chaussée** : Types de chaussée et configurations pour divers niveaux de trafic et conditions de sol support.
- **Formulation des enrobés et matériaux** : Types et sources principales de granulats et de bitume, additifs, procédures de formulation des enrobés ainsi que responsabilités et approbations.
- **Production et pose des enrobés** : Méthode de production, de transport et de pose.
- **Contrôle de la qualité** : Responsabilités et processus pour les inspections et les essais de contrôle de la qualité.
- **Assurance de la qualité** : Responsabilités et processus pour les inspections et les essais d'assurance de la qualité.
- **Défis et opportunités des organisations** : Défis techniques et opportunités auxquels font face les organisations dans la mise en œuvre de leur programmation pour les chaussées en enrobé.

ARA a commencé par remplir la matrice en utilisant les processus actuellement en place au Québec. Les informations recueillies ont été résumées sous forme de listes à puces, avec des liens vers des sources de données publiques et/ou une description des sources des données. Une grande partie des données recueillies étaient disponibles au public dans des rapports, des documents et des politiques publiés.

Une mise en garde importante pour toute étude comparative est qu'une variété de caractéristiques uniques peut empêcher la comparaison directe. Nous reconnaissons que les cultures opérationnelles, les structures organisationnelles, les disparités climatiques et météorologiques, les pressions du développement industriel, les activités de développement du logement, les environnements économiques (y compris les marchés des ressources naturelles), ainsi que les responsabilités et les priorités du gouvernement, sont autant d'éléments qui influencent la capacité d'une pratique bien définie pour la gestion des routes et des infrastructures. L'équipe d'ARA a recueilli des informations comparatives et les présente dans ce rapport sans juger si certaines pratiques ou certains investissements sont nécessairement bons ou mauvais, mais plutôt pour décrire les activités menées dans d'autres juridictions par rapport à celles réalisées au Québec.

2. Réseau routier

Les informations générales recueillies auprès des organisations comprenaient la longueur du réseau routier dont elles assurent la gestion, les types de revêtement des chaussées, le plus récent budget annuel d'investissement (construction, reconstruction et réhabilitation), le plus récent budget d'entretien et d'exploitation ainsi que leur processus d'exécution de l'entretien et de l'exploitation des routes (à l'interne, à contrat ou une combinaison des deux). Les sections ci-dessous donnent un résumé des informations obtenues.

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) est responsable de l'exploitation et de l'entretien de 61 468 km-voie de chaussées dans la province de Québec. Ceci comprend 55 509 km-voie qui ont été construits avec une surface en enrobé. Cela représente environ 90 % du nombre total de km-voie sous la gestion du MTQ et environ 15 % du réseau routier provincial canadien [1].

La longueur de chaussée gérée par les organisations varie considérablement en fonction de la taille de la province ou de l'État. Le tableau 2-1 présente un résumé du nombre total de km-voie par organisation. La catégorie des revêtements en enrobé comprend à la fois les chaussées souples et composites (enrobé sur béton). L'autre catégorie comprend le béton exposé, les traitements de surface et les routes en gravier, le cas échéant.

Tableau 2-1. Résumé du réseau routier

Organisation	Longueur (km-voie)	Surface en enrobé	Pourcentage Surface en enrobé	Autre
Alberta	63 115	56 444	89	6 671
Saskatchewan	54 422	23 186	43	32 236
Manitoba	18 754	8 331	44	10 423
Ontario	40 427	30 646	76	9 781
Québec	61 468	55 509	90	5 959
Nouveau-Brunswick	18 026	7 700	43	9 300
Minnesota	46 600	39 113	84	7 487
New York	39 445	38 637	98	808
Vermont	9 733	9 733	100	-
New Hampshire	14 190	14 190	100	-
Maine	17 746	17 746	100	-

L'Alberta et le Québec possèdent les plus grands réseaux routiers du groupe à l'étude. Le pourcentage de km-voie en enrobé du réseau routier des organisations varie de 43/44 pour le Nouveau-Brunswick, la Saskatchewan et le Manitoba à 100 pour le Maine, le New Hampshire et le Vermont. La raison principale de ces faibles pourcentages pour le Manitoba, le Nouveau-Brunswick et la Saskatchewan provient de l'important réseau de routes revêtues de traitements de surface à faible volume dans ces provinces. Il convient de noter que les chaussées composites ont été incluses dans les quantités de surface en enrobé.

2.1 Comparaison des dépenses d'investissement et d'entretien

Les dépenses d'investissement pour les routes sont généralement définies en tant que nouvelles constructions, améliorations de la capacité (élargissement), réhabilitations majeures ou améliorations au drainage, à l'éclairage et à la sécurité qui remettent l'actif dans un état « comme neuf ». Les dépenses d'exploitation et d'entretien comprennent généralement les activités de réparation et d'entretien de la surface des chaussées, comme le colmatage des fissures, la réparation des nids de poule, les réparations manuelles ou mécaniques localisées, la réparation des tassements et des déformations, etc. Certaines organisations incluent également les revêtements minces et ultraminces ainsi que le meulage et le remplissage pour l'amélioration des profils.

Bien que l'on ait tenté de comparer l'investissement routier et l'exploitation/entretien entre les organisations, cela s'est avéré insensé en raison de nombreux facteurs, notamment :

- La définition des coûts d'investissement et d'entretien par les organisations; en effet, certaines organisations utilisent un montant financier selon lequel le coût est classé comme un « investissement », tandis que d'autres définissent des activités précises comme étant de l'entretien ou de l'investissement.
- Certaines organisations incluent dans l'entretien des éléments de travail, comme le resurfage en enrobé mince.
- Certaines organisations incluent dans leurs coûts des éléments comme l'ingénierie et les frais généraux, alors que d'autres non; il est donc très difficile de séparer ces éléments.
- La variation et la complexité de la construction, en particulier dans les régions nordiques éloignées, faussent les budgets d'investissement.
- Les organisations qui doivent construire et entretenir des réseaux d'autoroutes à grand débit doivent déboursier des sommes beaucoup plus élevées que les organisations qui disposent de très peu de kilomètres d'autoroutes à grand débit.
- L'âge général des infrastructures a des conséquences sur les budgets des organisations, les infrastructures plus anciennes nécessitant des dépenses plus élevées pour maintenir leur bon fonctionnement.
- Les différences géographiques et climatiques entre les organisations ont des répercussions sur les coûts d'investissement et d'entretien.
- Dans certaines régions, la disponibilité de matériaux de revêtement de haute qualité est limitée.
- Les réparations d'entretien des chaussées en enrobé et en béton sont plus coûteuses que les réparations des chaussées à revêtement en traitements de surface et granulaires.
- Les différences entre les régions urbaines et rurales des provinces et des États auront des répercussions sur le financement, les infrastructures routières urbaines étant plus coûteuses à construire.

2.2 Politique en matière de dépenses d'investissement

Toutes les organisations préparent et lancent des appels d'offres à des entrepreneurs du secteur privé pour leurs dépenses d'investissement. Bien que la principale méthode d'exécution des contrats soit la conception-soumission-construction, toutes les organisations ont également utilisé des méthodes de construction d'autoroutes de type conception-construction ou partenariat public-privé. La majorité des organisations sous-traitent également la conception technique des projets de construction et de réhabilitation des autoroutes à des firmes de génie-conseil.

2.3 Politique en matière d'exploitation et d'entretien

La majorité des organisations (8 sur 11) effectuent l'entretien des routes à l'interne en utilisant leur matériel et leur personnel. L'Ontario et le Québec effectuent l'entretien des routes à la fois à l'interne et par contrat, tandis que l'Alberta et l'Ontario indiquent que la majorité de l'entretien des routes est effectuée par des entrepreneurs dans le cadre de contrats pluriannuels.

3. Climat

Les données climatiques de chaque organisation sont résumées dans le tableau 3-1. Les sources d'information sur le climat comprennent Environnement Canada [2], la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis [3], les sites Web de chaque organisation ainsi que des documents relatifs au climat.

Les zones climatiques vont du climat continental humide au climat subarctique froid dans les régions nordiques des provinces. En hiver, les températures diurnes minimales moyennes vont de -25 °C au Manitoba à -8 °C au New Hampshire et à New York. En été, les températures diurnes maximales moyennes sont plus similaires, allant de 21 °C au Minnesota à 27 °C dans plusieurs provinces et États.

La saison de construction des routes est assez similaire pour la plupart des organisations, commençant de mars à mai et se terminant en octobre. Chacune des organisations a des « règles » particulières sur le moment où l'enrobé peut ou ne peut pas être posé en fonction de la température de l'air ou de la surface. Ces questions sont abordées dans la section 7 du rapport.

Les précipitations de neige, les cycles de gel-dégel et les valeurs des indices de gel varient selon les provinces et les États. Toutes les organisations, à l'exception de celle de New York, ont des restrictions régulières de charge au printemps. L'État de New York a indiqué que des restrictions de charge peuvent être imposées au printemps si les conditions l'exigent. La complexité du calendrier des restrictions de charge varie; la plupart des organisations utilisent des dates précises, mais d'autres organisations basent l'application et le retrait des restrictions de charge sur les données de la chaussée. Le Québec a été la seule organisation à signaler l'utilisation régulière de sondes de gel pour déterminer le moment du retrait de la restriction de charge au printemps. L'Alberta et le Minnesota ont fait état d'une certaine utilisation des sondes de gel, mais ont signalé des limitations en matière d'acquisition et d'interprétation des données.

Tableau 3-1. Conditions climatiques typiques par agence

Organisation	Description générale du climat	Températures diurnes minimales et maximales moyennes (°C)	Précipitations de pluie annuelles (mm)	Saison de construction générale	Moyenne annuelle de précipitations de neige (cm)	Cycles de gel-dégel	Indice de gel (°C jours)	Restrictions de charge au printemps
Alberta	nord subarctique, froid, sud semi-aride	-15 à 27	300 à 600	Mai à octobre	70 à 240	80 à 90	500 à 5 500	À partir des sondes de gel jusqu'au 15 juin, variable
Saskatchewan	nord subarctique, sud humide continental	-22 à 25	325 à 529	Avril à octobre	73 à 208	50 à 90	2 400 à 3 100	Début mars à la mi-mai
Manitoba	nord subarctique, sud humide continental	-25 à 25	450 à 580	Mai à octobre	114 à 221	55 à 60	1 650 à 4 150	Début du 1 ^{er} au 12 mars et fin du 29 mai au 10 juin
Ontario	nord, froid à très froid, plus modéré et humide près des lacs Ontario et Érié	-18 à 25	710 à 1 115	Mars à octobre	80 à 330	60 à 70	750 à 3 245	Début mars au 30 juin
Québec	nord subarctique, froid à très froid, plus modéré au sud	-20 à 24	500 à 1 000	Fin de la restriction de charge de septembre à novembre	100 à 500	55 à 65	875 à 2 350	Sondes de gel de 40 à 70 jours/année avec une moyenne de 55 à 59 jours

Organisation	Description générale du climat	Températures diurnes minimales et maximales moyennes (°C)	Précipitations de pluie annuelles (mm)	Saison de construction générale	Moyenne annuelle de précipitations de neige (cm)	Cycles de gel-dégel	Indice de gel (°C jours)	Restrictions de charge au printemps
Nouveau-Brunswick	nord et côtier, froid à modéré	-15 à 24	975 à 1 265	Avril à octobre	230 à 635	65 à 70	550 à 950	Mi-mars à la mi-mai
Minnesota	froid à très froid, humide continental	-13 à 21	482 à 889	Avril à octobre	100 à 180	60 à 100	1 150-2 100	Indice de dégel cumulé de > -4 °C
New York	froid, humide continental	-8 à 28	870 à 1 274	Mars à octobre	58 à 450	80 à 100	375 à 750	Le NYSDOT peut émettre des restrictions lorsque les conditions l'exigent
Vermont	froid, humide continental	-13 à 27	854 à 2 065	Mai à octobre	122 à 245	90 à 100	650 à 950	Publié lorsque le gel commence à fondre
New Hampshire	froid, humide continental	-8 à 27	966 à 1 575	Mars à octobre	113 à 358	80 à 100	966 à 1 575	30 000 livres pour les routes affichées ou largeur cumulée des pneus sur la surface x 300, le moins élevé des deux
Maine	froid à très froid, humide continental	-12 à 26	910 à 1 440	Avril à novembre	125 à 280	90 à 100	500 à 1 300	Début mars à la mi-mai

4. Classification des routes et trafic

Les données recueillies au sujet du trafic selon la classification des routes comprennent le nombre de km-voie, le nombre total de véhicules-kilomètres parcourus annuellement (données disponibles les plus récentes), le débit journalier moyen annuel (DJMA) et le trafic des véhicules commerciaux. Ces données sont résumées dans les tableaux 4-1 et 4-2.

Tableau 4-1. Classification des routes en km-voie

Organisation	Classification des routes (km-voie)			
	Autoroute	Artère	Route collectrice	Route locale
Alberta	12 598	28 656	21 582	-
Saskatchewan	3 332	6 664	10 526	32 126
Manitoba	1 831	3 684	4 311	8 867
Ontario	8 604	12 530	10 218	7 966
Québec	10 733	18 978	11 236	20 522
Nouveau-Brunswick	258	1 840	2 989	11 913
Minnesota	7 683	12 842	26 074	-
New York	19 855	8 639	10 950	-
Vermont	2 134	2 303	5 297	-
New Hampshire	2 172	4 807	7 211	-
Maine	2 605	7 205	6 120	-

Tableau 4-2. Données relatives au trafic

Organisation	Déplacements Véhicules-kilomètres (milliards/an)	DJMA type (en milliers)			
		Autoroute	Artère	Route collectrice	Route locale
Alberta	0,49	0,3 à 169	0,5 à 34	0,05 à 5	-
Saskatchewan	-	0,3 à 39	0,03 à 13	0,02 à 7,1	0,05 à 2
Manitoba	-	2,9 à 21	2,9 à 17	2,9 à 17	-
Ontario	-	5 à 410	0,6 à 42	0,1 à 22	10 à 22
Québec	54,9	1 à 197	1 à 50	1 à 37	1 à 27
Nouveau-Brunswick	-	-	-	-	-
Minnesota	92	10 à 175	5 à 60	5 à 60	5 à 60
New York	204	10 à 175	5 à 60	5 à 60	5 à 60
Vermont	11,7	10 à 35	5 à 75	5 à 75	5 à 75
New Hampshire	21	10 à 175	5 à 60	5 à 60	-
Maine	0,15	1 à 175	1 à 35	1 à 35	-

La définition des autoroutes, des artères, des routes collectrices et des routes locales varie considérablement d'une organisation à l'autre. Bien que la plupart des organisations considèrent les autoroutes comme des routes à accès contrôlé, cette définition n'est pas systématique entre les organisations. Certaines classifient les types d'autoroutes en fonction de leurs caractéristiques de conception, tandis que d'autres utilisent le trafic. Les valeurs moyennes annuelles du trafic quotidien varient considérablement, de moins de 1 000 véhicules par jour à plus de 410 000 véhicules par jour.

5. Types de chaussée

Les informations recueillies sur les sections en coupe des chaussées comprennent l'épaisseur de la couche d'enrobé, de fondation et de sous-fondation. Toutes les organisations ont indiqué qu'elles utilisaient une procédure de dimensionnement des chaussées qui tient compte de la circulation des véhicules lourds, du type et de l'état de l'infrastructure ainsi que de plusieurs autres facteurs de conception. Les tableaux 5-1 à 5-3 présentent un résumé de l'épaisseur typique de la couche d'enrobé, de fondation et de sous-fondation.

Tableau 5-1. Épaisseur de l'enrobé pour diverses classifications de route

Organisation	Épaisseur typique de l'enrobé*			
	Autoroute	Artère	Route collectrice	Route locale
Alberta	240 à 280	180 à 250	160 à 200	140 à 180
Saskatchewan	50 à 100	50 à 100	50 à 100	50 à 100
Manitoba	100 à 450	100 à 200	50 à 150	50 à 100
Ontario	350	140	120	90
Québec	150 à 300	150 à 300	150	75
Nouveau-Brunswick	140	140	140	140
Minnesota	150	150	100	100
New York	250	225	200	165
Vermont	210	125	125	100
New Hampshire	225	125 à 150	100 à 150	75
Maine	125 à 150	125 à 150	100 à 150	-

* L'épaisseur varie dans chaque catégorie en fonction du trafic et du type d'infrastructure. Toutes les organisations ne classent pas leurs routes de la même manière.

Tableau 5-2. Épaisseur de la fondation pour diverses classifications de route

Organisation	Épaisseur typique de la fondation*			
	Autoroute	Artère	Route collectrice	Route locale
Alberta	350	330	300	280
Saskatchewan	100 à 180	100 à 180	100 à 180	100 à 180
Manitoba	150 à 300	150 à 300	100 à 200	0 à 150
Ontario	150	150	150	150
Québec	200 à 300	200 à 300	175 à 250	150 à 200
Nouveau-Brunswick	75	75	75	75
Minnesota	150	150	150	150
New York	150	150	150	125 à 150
Vermont	500	500	500	500
New Hampshire	300	300	300	30
Maine	150	150	150	-

* L'épaisseur varie dans chaque catégorie en fonction du trafic, de la zone climatique et de l'infrastructure.

Tableau 5-3. Épaisseur de la sous-fondation pour diverses classifications de route

Organisation	Épaisseur typique de la sous-fondation*			
	Autoroute	Artère	Route collectrice	Route locale
Alberta	-	-	-	-
Saskatchewan	50 à 250	50 à 250	50 à 250	50 à 250
Manitoba	300 à 700	100 à 500	100 à 200	0 à 150
Ontario	450	450	300	300
Québec	300 à 1 950	300 à 1 950	300 à 1 950	300 à 1 950
Nouveau-Brunswick	450	450	450	450
Minnesota	765	765	615	615
New York	450	300	150	300
Vermont**	300	300	300	300
New Hampshire	300	300	300	300
Maine	450 à 475	405 à 475	300 à 550	-

* L'épaisseur varie en fonction du trafic, de l'indice de gel et du type d'infrastructure.

** Comprend une sous-fondation (sable) minimale de 300 mm, mais en réalité basé sur la profondeur du gel.

Les épaisseurs d'enrobé varient généralement en fonction de la classification des routes, à l'exception de la Saskatchewan et du Nouveau-Brunswick. Le dimensionnement de l'épaisseur de la chaussée (enrobé, fondation et sous-fondation) utilisée au Nouveau-Brunswick est la même dans toute la province, quel que soit le type de sol de fondation.

La majorité des organisations exigent la même épaisseur de fondation pour toutes les classifications de route, à l'exception de l'Alberta, du Manitoba et du Québec. Au Québec et au Minnesota, la couche de fondation et de sous-fondation peut avoir une épaisseur importante pour protéger une infrastructure sensible au gel avec des matériaux granulaires non sensibles au gel.

La durée de vie initiale spécifiée pour les chaussées se situe généralement entre 20 et 30 ans. Le trafic de véhicules lourds pour le dimensionnement en termes d'équivalent de charge axiale simple (ECAS) se situe entre 1 et 200 millions.

La majorité des organisations incluses dans cette étude utilisent la procédure de dimensionnement des chaussées AASHTO 93, adaptée à leurs conditions et facteurs locaux. Saskatchewan Highways utilise une procédure développée à l'interne; de son côté, l'Ontario a commencé à exiger l'utilisation de la procédure de dimensionnement AASHTO Pavement ME pour les routes à fort trafic, les projets conception-construction et en partenariat public-privé. Le Québec utilise une procédure AASHTO 93 modifiée pour le dimensionnement des chaussées ainsi qu'un modèle mécaniste pour tenir compte de l'action du gel. De nombreuses organisations ont entrepris des travaux d'étalonnage locaux pour AASHTOWare Pavement ME. Le sous-comité sur le dimensionnement ME des chaussées de l'Association des transports du Canada (ATC) travaille sur un guide des paramètres par défaut à utiliser au Canada. Les provinces qui sont en tête de cet effort sont le Québec, l'Ontario, le Manitoba et l'Alberta. Le Québec est également membre du groupe de travail AASHTOWare Pavement ME Design.

La philosophie des organisations en matière de dimensionnement des chaussées diffère. En Alberta, le dimensionnement de la chaussée est échelonné, les dernières couches d'enrobé étant effectuées une ou deux années après la construction initiale. L'Ontario a réalisé une étude d'étalonnage d'AASHTO afin de mettre au point des intrants spécifiques pour le dimensionnement des chaussées, tandis que le Québec, le Manitoba et l'Alberta cherchent à faire de même. Étant donné le trafic très élevé de véhicules lourds sur les autoroutes de la région de Toronto, l'Ontario a également élaboré un guide des paramètres par défaut pour la procédure de dimensionnement des chaussées AASHTOWare Pavement ME Design [4]. Le Québec utilise une version modifiée de la procédure de dimensionnement AASHTO 93 appelée CHAUSSEE 2. Ce programme évalue en partie les répercussions potentielles de la profondeur du gel et du soulèvement par le gel sur la performance de la chaussée. Des couches de sous-fondation plus épaisses ou d'autres procédures d'atténuation du gel, comme l'utilisation de polystyrène expansé, peuvent être utilisées pour améliorer les performances de la chaussée. L'État du Vermont tient compte de la profondeur de gel prévue ainsi que d'un facteur de modification pour déterminer l'épaisseur minimale des chaussées pour les différentes classifications de route. Par exemple, la chaussée d'une autoroute interétatique doit comporter des matériaux non sensibles au gel équivalant à 90 % de la profondeur maximale de gel. Des cartes détaillées de la profondeur du gel sont fournies au concepteur. Une fois que la structure minimale de la chaussée correspondant au trafic prévu est déterminée, cette épaisseur est soustraite de la profondeur maximale de gel pondérée et l'épaisseur restante est constituée d'une couche de sable sous la sous-fondation. Le DOT du Minnesota a commencé à utiliser une couche de « sable » de 900 à 1 200 mm sous ses chaussées d'autoroutes interétatiques pour aider à atténuer les conséquences du gel sur la performance des chaussées.

6. Formulation des enrobés et matériaux

Des informations sur la formulation des enrobés et des matériaux se trouvaient dans les spécifications et les normes pour la construction des autoroutes de chaque organisation. Les versions les plus récentes des documents étaient généralement de 2017 ou 2018. Le type, le format et le niveau de détail des documents varient considérablement d'une organisation à l'autre.

Des informations détaillées tirées des spécifications de construction routière de chaque organisation sont fournies à l'annexe A, ainsi que des liens vers les documents pertinents. Certaines organisations comme le Québec et l'État de New York possèdent leurs propres manuels de formulation des enrobés, tandis que les autres organisations utilisent les manuels de l'Asphalt Institute. Les sections suivantes présentent un résumé des informations relatives à la formulation des enrobés et aux matériaux.

6.1 Formulation des enrobés

Toutes les organisations, à l'exception de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba, utilisent Superpave comme principale procédure de formulation des enrobés. Alors que l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba utilisent principalement l'ancienne méthode de formulation des enrobés Marshall, toutes ces provinces ont indiqué faire l'essai des enrobés Superpave. Le Québec a modifié la méthode de formulation Superpave en y ajoutant l'approche volumétrique française [5] pour laquelle le nombre de girations à la presse giratoire est le même que pour une formulation Superpave conventionnelle, mais le volume de bitume effectif est fixe et la granulométrie des granulats est ajustée pour obtenir des vides à l'intérieur d'une plage déterminée (4 à 7 %) comme le précise la norme MTQ 4202.

Toutes les organisations exigent que les entrepreneurs préparent des formules d'enrobés et demandent un lot d'essai pour vérifier la conformité avec les spécifications du projet. La majorité des organisations approuvent les formules d'enrobés en fonction de chaque projet. Le Québec est la seule organisation qui exige des essais d'orniérage sur les enrobés avant d'accepter la formule pour la production. Le Québec exige la validation de la formule d'enrobé à l'aide de l'essai d'orniérage français. Une fois que l'entrepreneur a préparé une formule d'enrobé, il doit la soumettre au MTQ avec les échantillons des granulats, du bitume et de tout autre additif. Les enrobés sont reconstitués dans le laboratoire du MTQ et soumis à des essais d'orniérage. Si la formule d'enrobé répond aux critères de profondeur d'ornièr, son utilisation est approuvée pendant une période de trois ans. Si l'enrobé ne répond pas aux critères d'orniérage, l'entrepreneur est tenu d'apporter des modifications à la formule d'enrobé et de le soumettre à nouveau à des essais supplémentaires. L'entrepreneur est tenu de payer le coût des essais supplémentaires.

Les désignations des mélanges d'enrobé utilisées par les organisations sont uniques. Le nombre de mélanges varie de 4 au Manitoba à plus de 20 au Minnesota et à New York. Les désignations comprennent généralement les couches de surface et de base, la fréquence du trafic et le type de bitume. L'Ontario et New York désignent spécifiquement certains types de granulats pour leurs propriétés d'adhérence élevées.

La majorité des organisations à l'étude divisent les granulats pour la formulation selon les fractions grossières ($> 4,75$ mm) et fines ($< 4,75$ mm) avec un sable pour mélanger. Le Québec exige que les granulats soient fournis selon des tailles de type européen, ce qui permet d'obtenir plus de fractions de granulats pour un mélange précis lors de la formulation. Ceci permet d'avoir un contrôle beaucoup plus précis des propriétés des enrobés.

Les détails des politiques et procédures des organisations concernant les exigences de formulation des enrobés sont fournis dans le tableau 6-1.

Tableau 6-1. Formulation des enrobés

Organisation	Procédure	Enrobés	Lot d'essai	Essais de performance	Désignations des enrobés	
					Surface	Base
Alberta	Marshall (une certaine proportion de Superpave)	Entrepreneur	Oui	Aucun	H1, H2, M1, L1 12,5 à 16 mm de taille maximale	M1, L1, S1, S2, S3 10 à 25 mm de taille maximale
Saskatchewan	Marshall	Entrepreneur	Oui	Aucun	Types 2, 4 et 5 : 12,5 mm DGNM Voir 4112.3 au tableau 1	Types 1 et 3 : 16 mm DGNM
Manitoba	Marshall (une certaine proportion de Superpave)	Entrepreneur	Oui	Aucun	Classes C et D : 12,5 à 19 mm DGNM	Classes A et B : 16 à 19 mm DGNM
Ontario	Superpave	Entrepreneur	Oui	Flexion semi-circulaire, tension compacte en forme de disque, suivi du roulement Hamburg en 2020	SP 4.75, SP 9.5, SP 12.5, SP 12.5FC1, SP 12.5 SP2, SMA 9.5, SMA 12.5	SP 19, SP 25, SP 37.5, SMA 19
Québec	Superpave modifié	Entrepreneur	Oui	Validation de la formule d'enrobé et essai d'orniérage par l'organisation	ESG-10, EG-10, EGM-10, EC-10, MUN-10, ESG-14	ESG-5, ESG -14, GB-20
Nouveau-Brunswick	Superpave	Entrepreneur	Oui	Aucun	Spec 261.1.1.2, B-NMAS 19 mm, C-NMAS 12,5 mm, D- NMAS 9,5 mm, B, C, D, HRD, WMA-C, WMA-D	B, C, HRB, WMA-B, WMA-C
Minnesota	Superpave	Entrepreneur	Oui	Essai de tension compacte en forme de disque utilisé à titre d'essai	Conforme à AASHTO M332, voir Spec 2360, SP 4.75, SP 9.5, SP 12,5	SP 19 et SP 25
New York	Superpave	Entrepreneur	Oui	Aucun	Description unique de l'élément 402.068ZQR-6.8 mm 402.09YZQR-9.5 mm 402.12YZQR-12.5 mm	402.19YZQR-19 mm 402.25YZQR-25 mm 402.37YZQE-37 mm
Vermont	Superpave (une certaine proportion de Marshall)	Entrepreneur	Oui	Aucun	Types IV, VI, IVS, VS et VIS	Types I, II, III, IIS et IIIS
New Hampshire	Superpave	Entrepreneur	Oui	Aucun	Enrobé d'usure 9,5 et 12,5 mm	Enrobé de base, 40 mm et Enrobé de base, 19 mm
Maine	Superpave	Entrepreneur	Oui	Aucun	Types 4.75, 9.5 et 12.5	Types 19 et 25

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour la formulation des enrobés, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 6-2.

La figure 6-1 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 6-2 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 6-2. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de formulation des enrobés par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Superpave	8	Oui	Le Québec utilise une procédure Superpave modifiée et deux autres organisations vont bientôt passer à Superpave.
Formulation par les entrepreneurs des enrobés	11	Oui	Le Québec exige que l'entrepreneur fournisse des échantillons de la formule d'enrobés pour reconstituer la formule et effectuer des essais d'orniérage sur l'enrobé. Une fois approuvés, ils peuvent être utilisés pendant trois ans avant de devoir être soumis à nouveau.
Lot d'essai	11	Oui	Toutes les organisations exigent des lots d'essai pour garantir que les enrobés répondent aux spécifications des projets.
Susceptibilité à l'humidité	11	Oui	La plupart des organisations effectuent des essais de ratio de résistance à la traction pour vérifier la susceptibilité à l'humidité du mélange; le rapport minimal de résistance à la traction varie de 70 % à 90 %.
Essais d'orniérage	1	Oui	Le Québec réalise des essais d'orniérage, et l'Ontario introduira l'essai d'orniérage Hamburg en 2020.
Résistance à la fissuration	2	Non	Le Minnesota a mis en place des essais de susceptibilité à la fissuration des enrobés, et l'Ontario a mis en place des essais similaires pour certains projets en 2020.

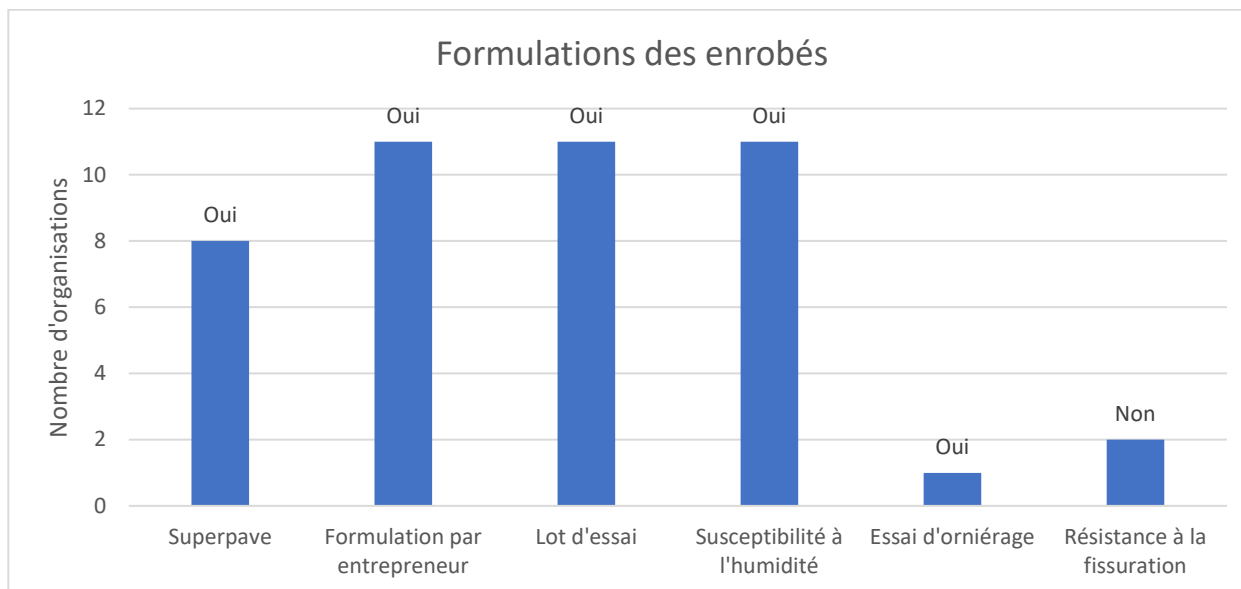


Figure 6-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de formulation des enrobés par rapport à celles du Québec

Le tableau 6-2 montre que la plupart des organisations exigent la procédure de formulation des enrobés Superpave, les formules d'enrobé étant élaborées par les entrepreneurs. Toutes les organisations exigent qu'un lot d'essai soit produit et que des essais de susceptibilité à l'humidité soient effectués. Le Québec est la seule organisation qui exige actuellement un essai de performance d'orniérage pour les enrobés. Le Minnesota et l'Ontario (2020) sont les seules organisations qui exigent un essai de fissuration à titre préliminaire.

6.2 Granulats et bitume

Les détails des spécifications et des procédures des organisations en matière de granulats et de bitume sont fournis au tableau 6-3. Les spécifications des granulats sont généralement similaires. La plupart des organisations exigent des essais d'abrasion Los Angeles et/ou micro-Deval, mais les valeurs de perte en pourcentage varient selon l'organisation et le type d'enrobé. D'autres essais sur les granulats portent sur le gel-dégel non confiné, le nombre pétrographique, les particules plates et allongées, la résistance au sulfate de magnésium et la teneur maximale en substances nuisibles. Le Québec et l'Ontario exigent un coefficient de polissage par projection pour les granulats des enrobés de surface afin d'assurer une adhérence durable.

Il est difficile de comparer les procédures d'essai entre les organisations. De nombreuses organisations ont adopté des procédures d'essai génériques, comme l'ASTM ou l'AASHTO, mais les ont modifiées en fonction de leur expérience ou pour s'adapter à l'évolution des technologies et des conditions. Par exemple, le Québec utilise les méthodes du Laboratoire des chaussées (LC) du MTQ et l'Ontario utilise les méthodes du Laboratory Testing Manual (LS) du MTO. La majorité des États américains utilisent les procédures d'essai de l'AASHTO, avec des modifications apportées pour répondre à leurs besoins locaux.

Toutes les organisations exigent l'utilisation de bitume classé selon un grade de performance (PG). La Saskatchewan exige encore le bitume selon un grade de pénétration, mais utilise le bitume PG à titre expérimental. Toutes les organisations, à l'exception du Vermont, exigent la haute température de la classe PG en fonction de l'environnement et du niveau de trafic. Le Vermont exige le PG 70-28 pour tous les enrobés utilisés dans l'État. Le classement selon la basse température est basé sur les zones géographiques en Alberta, en Ontario, au Québec, à New York et dans le Maine.

À l'heure actuelle, très peu d'organisations, à l'exception du Québec, de l'Ontario, du Minnesota et de New York, exigent des essais « spécialisés » sur les bitumes, comme l'essai MSCR (essai de déformation et de recouvrance répétées), l'essai prolongé au rhéomètre à flexion de poutre (EBBR) ou les spécifications relatives à la teneur maximale en cendres.

Tableau 6-3. Granulats et bitume

Organisation	Granulats	Bitume	
		Zone	Type
Alberta	Granulométrie des granulats selon la norme CGSB 8-GP-2M, métrique. Perte maximale par abrasion à l'essai Los Angeles de 40 pour tous les granulats. Fréquences minimales des essais de contrôle de la qualité.	1- Sud-Est 2- Centrale 3- Nord	PG 64-34 ¹ PG 64-34 PG 64-34/37
Saskatchewan	Le ministère possède et contrôle généralement les sources de granulats. Granulométrie des granulats en fonction de la taille des tamis canadiens en unités métriques.	Le ministère fournit et paie le bitume ainsi que les additifs d'adhésivité.	150-200A 200-300A 300-400A 400-500A PG 58-37P PG 65-37P
Manitoba	Granulométrie des granulats en fonction de la taille des tamis ASTM. Pourcentage minimal de fracturation de 50 %, perte maximale par abrasion à l'essai Los Angeles de 35 pour tous les granulats. La teneur maximale en schiste est de 3 % pour la couche finale et de 7 % pour les autres couches. Teneur maximale en roche ferrugineuse de 11 %. Exige un « additif VAM » pour augmenter ou diminuer le VAM du mélange.	Mélanges désignés en fonction du lieu, de l'environnement et du trafic.	PG 58-34 PG 58-34P PG 58-37P PG 58-40P PG 64-28P PG 64-34P
Ontario	Les exigences détaillées en matière de granulats sont décrites dans la norme OPSS.PROV 1003. Le MTO tient une liste des sources désignées pour les matériaux. L'essai d'abrasion micro-Deval est exigé pour des mélanges particuliers. Les particules plates et allongées sont basées sur un rapport de 5:1. Indice pétrographique, gel-dégel non confiné, substances nuisibles et absorption ainsi que coefficient de polissage par projection.	1 – Nord 2 – Sud Mélanges désignés en fonction du lieu, de l'environnement et du trafic.	PG 52-34 PG 58-34 PG 58-28 Passage en PG 64-28 et 70-28 pour les niveaux de trafic élevés.
Québec	Les exigences détaillées en matière de granulats sont décrites dans la norme BNQ 2560-114. Classes granulaires, essais d'abrasion micro-Deval et Los Angeles, particules fracturées, plates et allongées, substances nuisibles, coefficient de polissage par projection et coefficient d'écoulement.	Zone 1 (Sud) Zone 2 (Centre) Zone 3 (Nord)	PG 64E-28, PG 64H-28, PG 58S-28 PG 58E-34, PG58H-34 PG 52V-40
Nouveau-Brunswick	Les exigences détaillées en matière de granulats sont décrites dans la norme de spécification NBDTI, à l'article 261. Essai d'abrasion micro-Deval, particules plates et allongées, indice pétrographique, gel-dégel non confiné, particules fracturées et absorption exigée selon les enrobés.		PG 58S-28 et PG 58H-28, PG 52S-34 pour les mélanges à recycler

Organisation	Granulats	Bitume	
		Zone	Type
Minnesota	Les exigences détaillées en matière de granulats sont décrites dans la norme de spécification Minnesota 2018, à l'article 3139,2. Essai d'abrasion Los Angeles, résistance au sulfate de magnésium, éclats de pierre et exigences en matière de résidus insolubles en fonction du type de mélange.	Basé sur l'ÉCAS de conception	PG 52S-34 PG 58S-28 PG 58H-34 PG 58H-28 PG 58V-34 PG 58V-28 PG 58E-34 PG 64S-22 PG 49S-34
New York	Norme de spécification NYDOT, article 401 – Production en centrale. Essai d'abrasion Los Angeles, résistance au sulfate de magnésium, particules plates et allongées, particules fracturées, substances nuisibles et propriétés d'adhérence en fonction du type de mélange.	En haut de l'État En bas de l'État	PG 64V-22 PG 64E-22
Vermont	Norme de spécification VTrans, article 704 – Granulats pour chaussées en enrobés. Essai d'abrasion Los Angeles, résistance au sulfate de magnésium, particules plates et allongées, particules fracturées, substances nuisibles, teneur en argile et particules friables.	Aucune, PG 70-28 utilisé pour tous les mélanges dans l'État	PG 70-28 (SBS) PG 58-28 (travail manuel)
New Hampshire	Norme de spécification NHDOT, article 702 – Matériaux bitumineux. Essai d'abrasion Los Angeles, résistance au sulfate de magnésium, particules plates et allongées, particules fracturées, substances nuisibles, teneur en argile et particules friables.		PG 64-28 PG 64-22 PG 70-28
Maine	Norme de spécification DOT du Maine, article 703. Essai d'abrasion Los Angeles, résistance au sulfate de magnésium, particules plates et allongées, particules fracturées, substances nuisibles, teneur en argile et particules friables.	Zone 1 Zone 2	PG 58-28 PG 64-28

¹ Les grades inférieurs jusqu'à PG 58-28 et PG 46-34 sont utilisés pour les ECAS de conception inférieurs.

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour les granulats et le bitume, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 6-4.

La figure 6-2 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 6-4 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 6-4. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de granulats et de bitume par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Granulats	11	Oui	Tous les essais d'aptitude des granulats des organisations sont similaires. Les limites maximales des résultats des essais varient selon l'organisation.
Coefficient de polissage par projection	3	Oui	L'essai CPP est exigé par le Québec, l'Ontario et New York
Coefficient d'écoulement	1	Oui	Le Québec est la seule organisation qui exige le coefficient d'écoulement des granulats pour la formulation des enrobés.
Bitumes PG	10	Oui	La Saskatchewan continue à exiger le bitume conventionnel en fonction du degré de pénétration.
Essai MSCR (essai de déformation et de recouvrance répétées)	4	Oui	Essai MSCR pour le bitume actuellement exigé par le Québec, l'Ontario, le Minnesota et New York.
Teneur en cendres	4	Oui	Essai de teneur en cendres exigé par le Québec, l'Ontario, le Minnesota et New York.

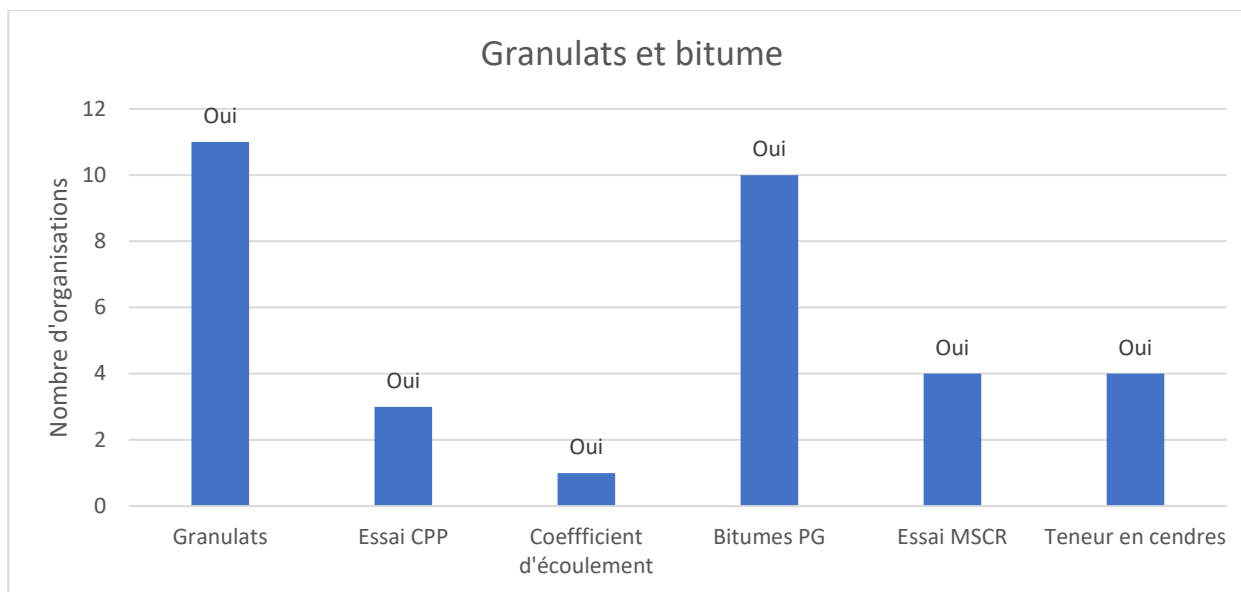


Figure 6-2. Comparaison des politiques et procédures en matière de granulats et de bitume par rapport à celles du Québec

Le tableau 6-4 indique que la sélection et la caractérisation actuelle des granulats et du bitume au Québec sont similaires à ceux des autres organisations. Le Québec, l'Ontario et New York sont les seules organisations qui exigent les coefficients de polissage par projection pour les granulats d'enrobé. Le Québec, l'Ontario, le Minnesota et New York exigent l'essai de déformation et de recouvrance répétées et la teneur maximale en cendres pour les bitumes. Le Québec est la seule organisation qui exige le coefficient d'écoulement des granulats passant 5 mm pour limiter la quantité de sable naturel et assurer une bonne proportion de sable manufacturé dans l'enrobé pour une meilleure résistance à l'orniérage.

6.3 Additifs pour enrobés

Les additifs pour enrobés sont généralement constitués de granulats bitumineux récupérés (GBR), de bardeaux d'asphalte recyclés, d'additifs d'adhésivité à base de chaux liquide ou hydratée, de polymères ou de divers types d'additifs pour enrobés tièdes. Toutes les organisations ont des spécifications concernant la quantité d'additifs autorisée. Certaines organisations interdisent l'utilisation de certains matériaux comme les bardeaux d'asphalte (BPF) et les correcteurs à base d'huile usée recyclée. Bien que le Québec autorise l'utilisation des bardeaux d'asphalte, les quantités utilisées (< 0,1 % de l'enrobé total posé) sont très faibles. L'Ontario et le Québec ont expérimenté l'utilisation de fibres ajoutées, dont les performances sont variables à ce jour. Les détails des spécifications et des procédures des organisations en matière d'additifs pour enrobés sont fournis au tableau 6-5.

Tableau 6-5. Additifs pour enrobés

Organisation	Granulats bitumineux récupérés (GBR)	Bardeaux d'asphalte (BPF)	Autres additifs
Alberta	Surface : 30 %, Base : 30 % Mélange rhéologique nécessaire pour > 10 % de GBR	Non autorisés	Additifs d'adhésivité (doivent se trouver sur la liste des produits de l'Alberta)
Saskatchewan	Contribution maximale de 20 % du bitume	Non exclus	Additifs d'adhésivité
Manitoba	Surface : 15 %, Base : 25 %	Non autorisés actuellement. Achèvement des essais en 2020.	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède
Ontario	SSP111F06, tableau 6. Non autorisée pour les couches de surface. Trafic élevé, 20 % à 150 mm de la surface, 40 % en dessous	Non autorisés	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède, polymères, fibres à l'essai
Québec	20 % autorisés, sauf sur les surfaces d'autoroute où elles sont limitées à 10 %	Surface : 3 %, base : 5 %, pas de BPF en surface lorsque le DJMA > 10 000	Additifs d'adhésivité, enrobé tiède autorisé sur tous les contrats au même prix, fibres à l'essai
Nouveau-Brunswick	Oui, GBR fournis par l'organisation	Non autorisés	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède
Minnesota	Autorisée, spécifications 3139 B.8 et B.11. Quantité basée sur le rapport entre le nouveau bitume et le bitume du RAP, 30 % de GBR autorisés dans la plupart des mélanges	Permis, spécifications 3139 B.8 et B.11, doit déterminer le contenu effectif en bitume. Quantité de 0 % à 5 % selon le type de mélange.	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède
New York	Autorisé, doit répondre aux exigences de MM5.16	Utilisation non exigée	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède
Vermont	Contenu effectif en bitume maximal autorisé du GBR = 1,2 %. Les mélanges de GBR sont autorisés jusqu'à 50 %, PG pour < 20 % = 70-28, 20 à 30 % = 70-34	Contenu effectif en bitume maximal autorisé du BPF = 1,2 %	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède
New Hampshire	Autorisée dans les couches de base et intermédiaire. Spec 401.2.10.1 Contenu effectif en bitume maximal du GBR = 1,5 %, grade PG par l'organisation, généralement de 15 à 20 %	Non autorisés	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède, polymères (pré-mélangés)
Maine	Varie selon le type d'enrobé de 10 % à 30 %. Les enrobés de plus de 20 % de GBR doivent être approuvés par l'organisation	Non autorisés	Additifs d'adhésivité, additifs d'enrobé tiède, Evotherm et Zycotherm

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour les additifs pour enrobés, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 6-6. La figure 6-3 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 6-6 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 6-6. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière d'additifs pour enrobés par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
GBR en surface	9	Oui	L'Ontario et le New Hampshire n'autorisent pas les GBR à la surface
GBR en base	11	Oui	Le Vermont exige que les GBR soient stockés sous un toit
Bardeaux d'asphalte autorisés	3	Oui	Six organisations n'autorisent pas les bardeaux; les autres organisations ne l'ont pas exclu ou n'en ont pas exigé l'utilisation
Additifs d'adhésivité	11	Oui	Toutes les organisations autorisent l'utilisation d'additifs d'adhésivité.
Additifs pour enrobés tièdes	9	Oui	Certaines organisations exigent un mélange à chaud pour le début ou la fin de la saison d'asphaltage.

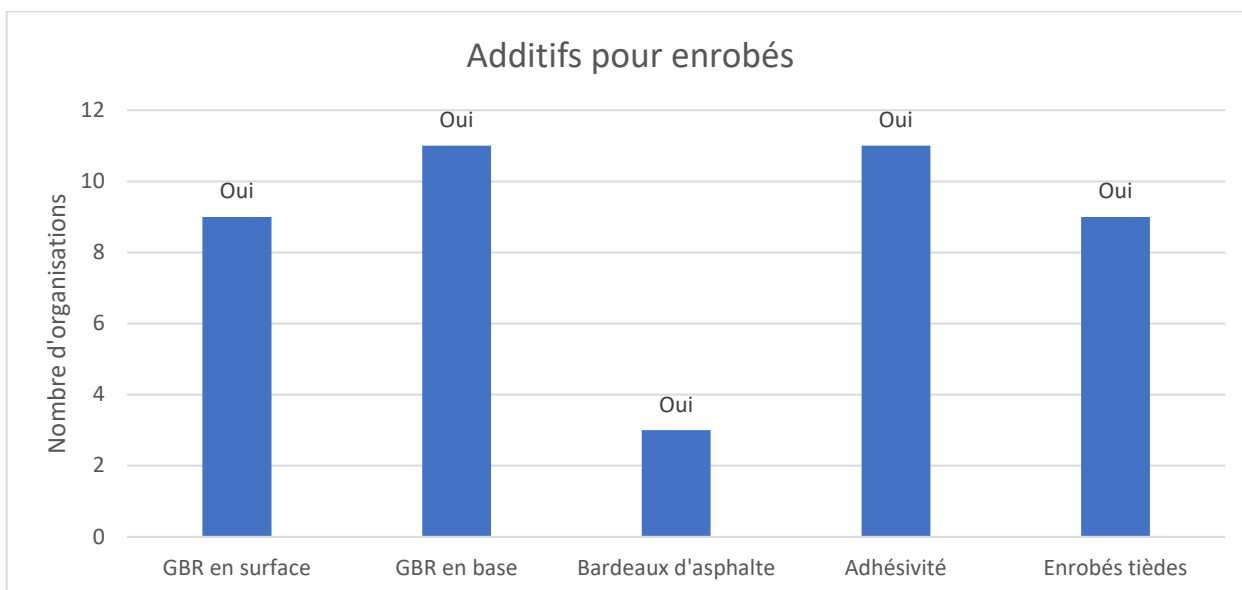


Figure 6-3. Comparaison des politiques et procédures en matière d'additifs pour enrobés par rapport à celles du Québec

Le tableau 6-6 indique que les procédures actuelles des additifs pour les enrobés au Québec sont conformes ou supérieures à celles utilisées par d'autres organisations. Le Québec n'est qu'une des trois organisations qui autorisent l'utilisation des BPF dans l'enrobé, bien que la quantité d'enrobé produite contenant du BPF soit très faible.

7. Production et pose des enrobés

La production et la pose de l'enrobé comprennent la fabrication des enrobés, l'entreposage en centrale d'enrobage, le chargement et le transport de l'enrobé vers le site du projet, la pose et le compactage pour produire la surface finale de la chaussée.

Des informations détaillées tirées des spécifications de construction routière de chaque organisation sont fournies à l'annexe A, ainsi que des liens vers les documents pertinents. Les sections suivantes présentent un résumé des informations relatives à la production et la pose des enrobés.

7.1 Production et transport d'enrobé

Selon des estimations récentes (2018) effectuées par les organisations incluses dans cette étude, les quantités d'enrobé à chaud utilisées pour la construction d'autoroutes variaient de 365 000 tonnes dans le Vermont à 3 182 000 tonnes dans l'État de New York. Le Québec s'est classé troisième parmi les 11 organisations avec 2 730 000 tonnes. Comme prévu, le nombre de centrales d'enrobage pour chaque organisation routière est proportionnel au tonnage posé. Les informations sur les types de centrale ne sont pas complètes, mais d'après ce qui a été rapporté, la majorité des centrales représente des centrales de type tambour. Toutes les organisations ont indiqué que les silos étaient autorisés pour l'entreposage temporaire de l'enrobé.

La Saskatchewan, le Minnesota, le New Hampshire et le Maine ont fait état de restrictions sur la durée d'entreposage de l'enrobé dans un silo, allant de 8 à 36 heures. Toutes les organisations ont indiqué que la méthode de transport la plus populaire était l'utilisation de camions à benne ouverte avec des bâches au-dessus de la benne pour ralentir le refroidissement du mélange.

En ce qui concerne la pose, seules cinq organisations, dont le Québec, exigent l'utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM) pour le remélange et la pose de l'enrobé. Le Québec utilise des véhicules de transfert des matériaux (VTM) dans plus de 80 % de ses contrats même si ce n'est pas toujours exigé, car il est presque nécessaire pour obtenir une température uniforme dans le tapis d'enrobé derrière le finisseur lorsque l'utilisation de la thermographie est exigée.

L'Ontario n'exige pas l'utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM), mais ceux-ci sont essentiellement nécessaires pour l'entrepreneur afin qu'il puisse respecter les spécifications en matière d'uni de la chaussée.

Toutes les organisations ont indiqué qu'elles utilisaient pour leurs projets des finisseurs standard sur chenilles ou sur pneus. Toutes les organisations ont signalé l'utilisation de rouleaux à tambour statique en acier, à tambour vibrant en acier et pneumatiques avec pneus en caoutchouc. Certaines organisations permettent aux entrepreneurs de décider quels rouleaux utiliser dans quelle séquence pour obtenir le compactage et l'uni désirés de la chaussée.

Les détails des politiques et procédures des organisations concernant la production et le transport des enrobés sont fournis dans le tableau 7-1.

Tableau 7-1. Production et transport d'enrobé

Organisation	Production annuelle (en tonnes)	Types d'usine/ Nombre	Silos	Modes de transport	Utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM)	Types de finisseur	Rouleaux
Alberta	3 074 000	Pas de suivi	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises	Non exigée	Standard	Non spécifiés
Saskatchewan	700 000	Tambour : 15 Par lot : 4	Pas d'entreposage jusqu'au lendemain	Camions à benne ouverte, bâches requises	Non exigée	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire; charges minimales en fonction de la taille des pneus
Manitoba	725 000	Par lot : 3 Tambour : 8	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises	Oui, pour la couche de surface	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire
Ontario	2 600 000 (estimation)	112	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises	Non exigée, mais encouragée pour se conformer à l'uni	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire
Québec	2 736 000	Par lot : 107 Tambour : 61 Dratch : 4	Autorisés	Camions à benne ouverte, qu'ils soient la propriété d'un entrepreneur ou d'un camionneur indépendant	Oui, requis pour les contrats de plus de 5 000 tonnes et pour obtenir une température uniforme	Standard	Acier statique, acier vibratoire, pneumatique statique ou vibratoire
Nouveau-Brunswick	578 679	Pas de suivi	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises	Obligatoire	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire
Minnesota		96, pour la plupart des tambours	Jusqu'à 18 heures	Camions à benne ouverte, bâches requises	Au choix de l'entrepreneur	Standard	Option de l'entrepreneur
New York	3 182 000	Par lot : 125 Tambour : 67	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises, camions à fond mobile	Non exigée	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire
Vermont	365 000	14	Autorisés	Camions à benne ouverte, bâches requises	Peut être exigée	Standard	Acier statique, pneumatique et statique ou vibratoire
New Hampshire	680 000	26	Jusqu'à 24 heures	Camions à benne ouverte, bâches requises	Obligatoire pour les voies et les rampes droites	Standard	Option de l'entrepreneur
Maine	900 000	Par lot et tambour : 28	Jusqu'à 36 heures	Camions à benne ouverte, bâches requises	Non exigée	Standard	Option de l'entrepreneur

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour le transport et la pose, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 7-2.

La figure 7-2 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 7-2 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 7-2. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de production et de transport d'enrobé par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Silos	11	Oui	Quatre organisations limitent la durée d'entreposage
Camions à benne ouverte	11	Oui	Tous nécessitent une bâche
Utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM)	5	Oui	Lorsque cela est indiqué, l'utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM) est obligatoire. Les entrepreneurs peuvent choisir d'utiliser des véhicules de transfert des matériaux (VTM) pour respecter l'exigence de température uniforme.
Finisseurs standards	11	Oui	Peut être à chenilles ou à pneus en caoutchouc
Exigences relatives aux rouleaux	8	Oui	Ceux qui n'exigent pas de rouleaux s'attendent à ce que l'entrepreneur satisfasse aux exigences en matière de qualité de surface et de compactage.

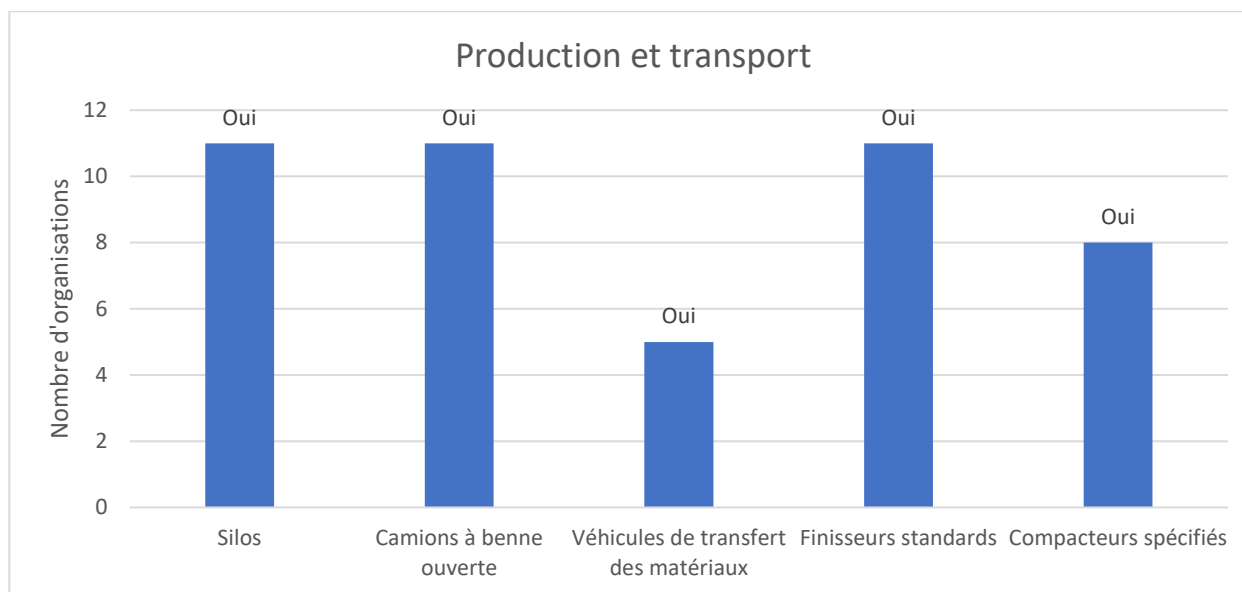


Figure 7-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de production et de transport d'enrobé par rapport à celles du Québec

Le tableau 7-2 indique que les procédures actuelles de production et de transport d'enrobé au Québec sont conformes ou supérieures à celles utilisées par d'autres organisations. Le Québec exige l'utilisation de véhicules de transfert des matériaux (VTM) pour tous les contrats de plus de 5 000 tonnes d'enrobé. La plupart des entrepreneurs utiliseront des véhicules de transfert des matériaux (VTM) pour s'assurer qu'ils respectent les exigences de température uniforme pour la pose de l'enrobé.

7.2 Pose de l'enrobé

La pose de l'enrobé comprend l'asphaltage en échelon, les restrictions en matière de basses températures ou de dates de fin de chantier concernant le moment où l'enrobé peut être posé, le contrôle du niveau du finisseur, le traitement des joints de construction et l'utilisation d'un liant d'accrochage entre les couches d'enrobé. Toutes les organisations indiquent que le fait de poser deux couches d'enrobé avec deux finisseurs en même temps est autorisé, mais pas nécessairement exigé. Toutes les organisations, à l'exception de l'Alberta, exigent une température minimale de l'air ou de la surface pour la pose de l'enrobé. L'Alberta exige une température minimale de livraison de l'enrobé. La température minimale varie considérablement d'une organisation à l'autre. Certaines utilisant l'air, d'autres la température de surface, d'autres encore exigent une température minimale en fonction de l'épaisseur de la couche d'enrobé. D'autres exigent également des dates de fin de chantier fixes pour une gestion plus facile et plus stricte de la fin de la saison d'asphaltage. Le Québec exige une autorisation du sous-ministre des Transports pour l'asphaltage après ces dates.

Toutes les organisations, à l'exception de l'Alberta, exigent des contrôles automatiques des profils lors du fonctionnement du finisseur. Les types de joints varient selon les organisations, la plupart exigeant un joint vertical, et certaines précisant des joints dentelés, coniques ou décalés. Toutes les organisations exigent l'utilisation d'un liant d'accrochage avec du bitume émulsifié ou non dilué pour tous les joints longitudinaux. Toutes les organisations exigent l'utilisation d'un liant d'accrochage de bitume émulsifié entre les couches d'enrobé. Les taux d'application exigés pour les liants d'accrochage varient considérablement.

Les détails des politiques et procédures des organisations concernant la pose de l'enrobé sont fournis dans le tableau 7-3.

Tableau 7-3. Pose de l'enrobé

Organisation	Asphaltage en échelon	Restrictions de température	Contrôle du profil	Traitement des joints	Liant d'accrochage
Alberta	Non exigé	Non exigées	Non exigé	Fine pellicule de bitume liquide à placer, si nécessaire	0,4 à 0,7 kg/m ² de SS-1 non diluée
Saskatchewan	Non exigé	Pose de la couche de base lorsque la température de l'air est de > 0 °C et devrait atteindre 5 °C ce jour-là, couche de surface uniquement si la température de l'air est de > 5 °C	Automatique	Face verticale	SS-1, CSS-1, SS-1h et CSS-1h non diluées aux taux suivants, basés sur la surface : Oxydée : 0,32 à 0,45 l/m ² Broyée : 0,45 à 0,60 l/m ² Nouvel enrobé : 0,34 à 0,32 l/m ²
Manitoba	Non exigé	6 °C ou 10 °C et en hausse, selon la distance de transport pour la couche de surface, et 0 °C à 150 mm au-dessus de la surface de la chaussée pour les couches autres que la surface. Pas d'asphaltage si la vitesse du vent est de > 10 km/h, sauf si la température de l'air est de > 10 °C.	Contrôles automatiques et manuels	Faces verticales, Spec 800.7.11, min. 97 % Densité selon Marshall	0,2 à 0,3 l/m ²
Ontario	Encouragé et généralement exigé dans les contrats	Pose de la couche de base lorsque la température de l'air est de > 2 °C, couche de surface de > 7 °C	Automatique	Joint pour chaque couche décalé de 150 mm par rapport au joint de la couche inférieure	Toutes les couches, SSP308F02, 0,35 kg/m ² pour les surfaces de > 1 an, 0,25 kg/m ² pour les surfaces pavées au cours de la même année
Québec	Utilisation non exigée, mais d'autres règles s'appliquent pour les joints de pavage à chaud. Asphaltage large à deux voies réalisé dans la mesure du possible.	Température minimale de l'air de 10 °C pour les couches de < 50 mm et de 2 °C pour les couches de > 50 mm; les dates de fin de saison d'asphaltage sont exigées et vont du 6 septembre pour < 50 mm en zone 3 (Nord) au 9 novembre pour > 50 mm en zone 1 (Sud)	Automatique	Liant d'accrochage pour toute température de joint de < 85 °C; une colle pour joints d'enrobé peut être exigée	0,1 à 0,3 l/m ² selon le type de surface, 1,2 l/m ² pour le liant d'imprégnation sur base granulaire
Nouveau-Brunswick	Non exigé	L'asphaltage se termine le 22 ou le 31 octobre en fonction de la région et des enrobés types, température minimale de la surface de pose de 5 °C	Automatique	Tous les joints longitudinaux doivent être recouverts d'un liant d'accrochage	RS-1 ou CRS-1 0,15 à 0,25 l/m ²

Organisation	Asphaltage en échelon	Restrictions de température	Contrôle du profil	Traitement des joints	Liant d'accrochage
Minnesota	Autorisé/utilisé, mais non explicitement exigé	Spec 2360-26, température de l'air de $> 0^{\circ}\text{C}$	Automatique	Tous les joints ont un liant d'accrochage sur la face verticale	Toutes les couches, sauf la surface CSS-1, CSS-1h non diluée aux taux suivants basés sur la surface : Oxydée : 0,18 à 0,27 l/m ² Broyée : 0,25 à 0,36 l/m ² Nouvel enrobé : 0,30 à 0,34 l/m ²
New York	Non exigé	Température minimale en fonction de l'épaisseur de la couche : < 25 mm : 10°C 25 à 75 mm : 7°C > 75 mm : 4°C La couche supérieure d'enrobé doit être posée du 1 ^{er} avril au 30 novembre pour certains comtés et du 15 avril au 31 octobre pour tous les autres. En dehors de ces dates, une garantie contre les défauts est requise.	Automatique	Colle pour joints d'enrobé à appliquer sur tous les bords de la chaussée pour la couche supérieure	Toutes les couches non diluées Broyée : 0,23 à 0,27 l/m ² Nouvel enrobé : 0,14 à 0,18 l/m ²
Vermont	Autorisé, chaque finisseur doit disposer d'un train de roulement indépendant	Température minimale en fonction de l'épaisseur de la couche : < 30 mm : 10°C > 30 mm : 7°C Possibilité de prolongation de la saison d'asphaltage entre le 2 novembre et le 30 avril grâce à la soumission d'un plan de prolongement de la saison d'asphaltage	Automatique	Joints longitudinaux à bords coniques ou coniques dentelés. Joints à froid revêtus de bitume émulsifié	Toutes les couches, RS-1, CRS-1, RS-1h ou CRS 1h Oxydée : 0,36 à 0,45 l/m ² Broyée : 0,36 à 0,45 l/m ² Nouvel enrobé : 0,18 à 0,22 l/m ²

Organisation	Asphaltage en échelon	Restrictions de température	Contrôle du profil	Traitement des joints	Liant d'accrochage
New Hampshire	Peut être exigé ou approuvé pour utilisation	Spécification 401.3.10.7.3, température de surface de > 12 °C et en augmentation. Tous les enrobés posés avant le 1 ^{er} mai ou après le 1 ^{er} octobre doivent être un mélange à chaud	Automatique	Tous les joints comportent un liant d'accrochage; un adhésif pour joints de chaussée en enrobé peut être exigé; des chauffe-joints ont été mis à l'essai	Toutes les couches non diluées aux taux suivants, basés sur la surface : Oxydée : 0,18 à 0,27 l/m ² Broyée : 0,18 à 0,36 l/m ² Nouvel enrobé : 0,09 à 0,18 l/m ²
Maine	Autorisé/utilisé, mais non explicitement exigé	Température de l'air fournie pour la base d'asphaltage de > 4 °C, surface de > 10 °C. Toutes les couches minces (< 25 mm) permises entre le 15 mai et le 15 septembre	Automatique	Tous les joints comportent un liant d'accrochage sur la face verticale et sur 75 mm de la chaussée adjacente	Toutes les couches; le taux d'application est exigé dans le contrat

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour la pose de l'enrobé, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 7-4. La figure 7-2 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 7-4 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 7-4. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de pose de l'enrobé par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Asphaltage en échelon	2	Non	Trois organisations encouragent l'asphaltage en échelon; le Québec ne l'exige pas, mais des règles différentes s'appliquent pour les joints d'asphaltage à chaud.
Restrictions de température d'asphaltage	10	Oui	Varient considérablement; certaines sont basées sur des dates, d'autres sur la température de l'air ou de la surface et, dans certains cas, sur l'épaisseur de la couche. Certaines organisations n'exigent qu'un mélange d'enrobé à chaud pour l'« asphaltage hors saison ».
Contrôle automatique du profil	10	Oui	Une organisation ne l'exige pas.
Traitement spécifique des joints	10	Oui	La plupart sont enduits d'un liant d'accrochage; certaines organisations, dont le Québec, peuvent exiger le joint adhésif.
Liant d'accrochage entre les couches	11	Oui	Le taux d'application du liant d'accrochage varie considérablement en fonction de la surface sous-jacente.

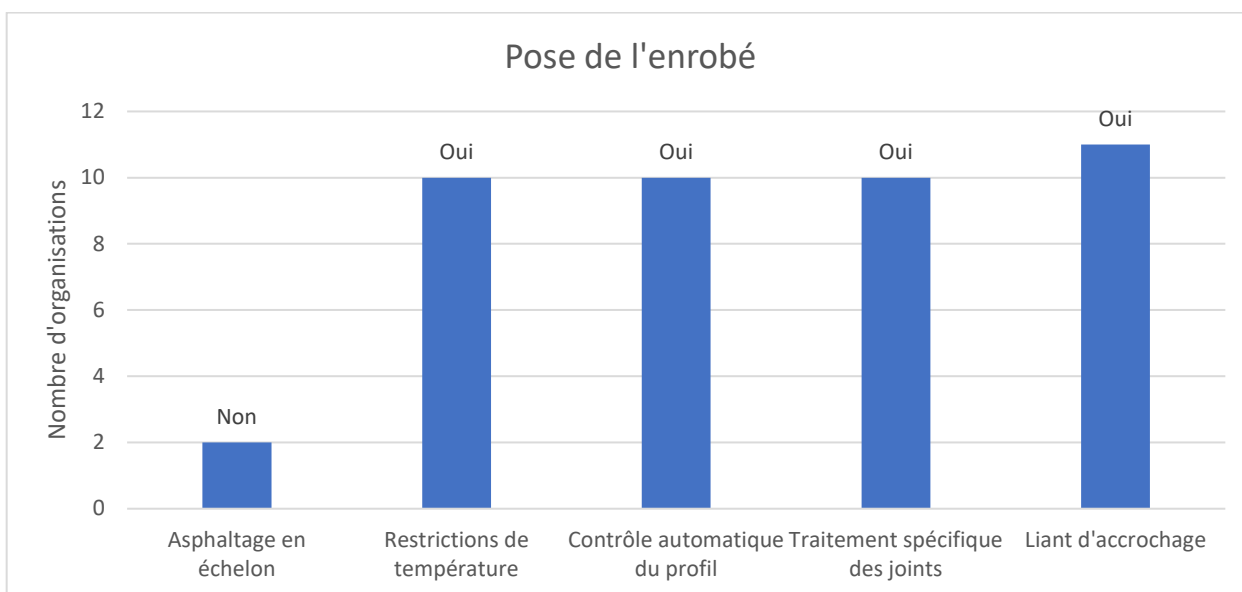


Figure 7-2. Comparaison des politiques et procédures en matière de pose de l'enrobé par rapport à celles du Québec.

Le tableau 7-4 indique que les procédures actuelles de pose d'enrobé au Québec sont conformes ou supérieures à celles utilisées par d'autres organisations. Les restrictions de température et de vitesse du vent sont généralement exigées pour les couches de surface et inférieures d'enrobé. Les organisations qui utilisent des dates précises pour le début et la fin de l'asphaltage autorisent généralement l'asphaltage en dehors de ces dates avec une autorisation spéciale et/ou une obligation de garantie pour rectifier les défauts éventuels. Le Québec exige les dates de début et de fin d'asphaltage en fonction des régions géographiques, l'approbation du sous-ministre des transports étant requise pour l'asphaltage en dehors de ces dates.

8. Contrôle de la qualité

Le contrôle de la qualité est le processus par lequel un entrepreneur ou une organisation surveille le processus de production et de pose de l'enrobé pour s'assurer qu'il satisfait ou dépasse les exigences du projet. Par le passé, les spécifications sur les méthodes étant la norme, l'organisation précisait les matériaux, les moyens et les processus pour mener à bien les activités de production et de pose des enrobés. L'entrepreneur suivait simplement les instructions du propriétaire. La majorité des organisations ont depuis adopté des spécifications sur le résultat final où la production et la mise en œuvre de l'enrobé ainsi que les moyens pour le faire sont sous la responsabilité de l'entrepreneur. Le propriétaire est uniquement responsable de la vérification du produit du travail de l'entrepreneur.

8.1 Processus et procédures de contrôle de la qualité

Toutes les organisations incluses dans cette étude exigent que l'entrepreneur suive des processus et des procédures de contrôle de la qualité pour ces activités, à l'exception du Manitoba, où ces services sont fournis par la province. Les essais de contrôle de la qualité pour les granulats, le bitume et les enrobés sont exigés par la plupart des organisations. Sept des organisations incluses dans cette étude exigent que le personnel et les laboratoires des entrepreneurs soient certifiés pour travailler sur des projets. Le Québec exige que les centrales d'enrobage aient un plan de qualité ISO 9001.

Un résumé des processus et procédures de contrôle de la qualité utilisés par les organisations est fourni dans le tableau 8-1.

Tableau 8-1. Processus et procédures de contrôle de la qualité

Organisation	Responsable	Granulats	Bitume	Fréquence des essais des enrobés	Certification et formation
Alberta	Entrepreneur	Spec 3.2, Tableau 3.2.3.1	Spec 5.7, un échantillon par cinq lots	Exigée dans le tableau 3.50.1.3, varie, quatre par jour pour une journée complète d'asphaltage. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	Le laboratoire responsable de la formulation des enrobés doit être certifié CCIL
Saskatchewan	L'entrepreneur doit présenter un plan de contrôle de la qualité STP 400, une préparation de la surface asphaltée et un cours de formation	Tableau 4112.8	Bitume pour tous les contrats achetés par le ministère	Spec 4100.4.2.2, trois densités par lot basées sur la densité nucléaire calibrée par carottage, vérification visuelle de l'état de la surface pour y déceler des défauts, un échantillon d'enrobé par trois heures de production caractérisé selon 4112.5.2.5. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	Le laboratoire et le personnel doivent être certifiés CCIL
Manitoba	Propriétaire	Spec 920	Spec 800.7.2. Bitume généralement acheté par le ministère	Non utilisée.	
Ontario	Entrepreneur	OPSS 1103	OPSS 1001	SSP103F01 Tableaux 4 et 5 et Manuel des tâches d'inspection. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	Le laboratoire responsable de la formulation des enrobés doit être certifié CCIL
Québec	Entrepreneur Plan de qualité ISO 9001 requis	MTQ Norme 4202, BNQ 2560-114	MTQ Norme 4101	MTQ Norme 4202 Granulométrie : 1/300 t Teneur en bitume : 1/300 t Densité : 1/300 t Vides : 3/1 500 t Fours à ignition exigés pour la teneur en bitume et la granulométrie. PCG exigée pour les vides.	Essais conjoints avec le MTQ pour valider la qualité des résultats. ISO 9001 exigée pour les laboratoires.
Nouveau-Brunswick	Entrepreneur, inspection et plan d'essai requis	Tableau des spécifications 261-1	Spec 261.4.3.3	Spec Tableau 261-5 et -6 Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	

Organisation	Responsable	Granulats	Bitume	Fréquence des essais des enrobés	Certification et formation
Minnesota	Entrepreneur. Techniciens de contrôle de la qualité certifiés selon la norme de gestion de la qualité des enrobés de niveau I du MnDOT	Tableau 3139-2	Essais d'assurance de la qualité	Bitume, vides, particules fines, granulométrie. Voir le tableau 2360-11, diviser le tonnage d'enrobé placé par 1 000, arrondir au nombre entier supérieur suivant. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	MnDOT Programme de certification technique pour techniciens
New York	Entrepreneur, plan de contrôle de la qualité requis Spec MP 401	Essai d'adhérence des granulats selon MM-28	Non exigé	Épaisseur de carotte/500 tonnes, bitume, densité, granulométrie, vides, VAM. MM5.16 Procédures de vérification des enrobés. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	
Vermont	Entrepreneur, plan de contrôle de la qualité requis Spec 406-03C(h)		Non exigé	Manuel d'échantillonnage des matériaux VTrans, tableau 1. Autorise les fours à ignition pour la teneur en bitume.	Certifié par le New England Transportation Technician Certification Program
New Hampshire	Entrepreneur, plan de contrôle de la qualité requis, Spec 401.3.17.1.1	Tableau 401-1 Points de contrôle de la formulation	Non exigé	Température : 6/jour Température du tapis : 4/jour Bitume, densité, particules fines, granulométrie : 1/700 tonnes	Certifié par le New England Transportation Technician Certification Program
Maine	Entrepreneur, plan formel de contrôle de la qualité requis	703.09 Tableau 1	Non exigé	Température : 6/jour Température du tapis : 4/jour Bitume, vides, particules fines, granulométrie : 1/450 tonnes, carottage pour la vérification de la densité au nucléodensimètre : 3/jour. Fours à ignition permis pour la teneur en bitume.	Certifié par le New England Transportation Technician Certification Program

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour le contrôle de la qualité, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 8-2.

La figure 8-1 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 8-2 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 8-2. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de contrôle de la qualité par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Contrôle de la qualité par les entrepreneurs	10	Oui	Une seule organisation n'exige pas de contrôle de la qualité de la part des entrepreneurs. Elle a établi des procédures de contrôle de la qualité pour les entrepreneurs et devrait les mettre en œuvre prochainement. Plusieurs organisations exigent des plans formels de contrôle de la qualité des entrepreneurs; le Québec est la seule organisation à exiger que les entrepreneurs soient certifiés ISO 9001.
Contrôle des granulats	11	Oui	Toutes les organisations ont des exigences en matière de contrôle de la qualité des granulats de l'enrobé.
Contrôle du bitume	5	Oui	Le Québec exige généralement une fréquence plus élevée d'essais sur les matériaux. Dans plusieurs cas, l'organisation est responsable de l'achat et de la fourniture du bitume à l'entrepreneur.
Essai au four à ignition	9	Oui	La plupart des organisations utilisent ou autorisent l'utilisation de fours à ignition pour contrôler la teneur en bitume et la granulométrie des granulats.
Essais sur les enrobés	11	Oui	La fréquence des essais varie considérablement d'une organisation à l'autre. Les essais portent sur la granulométrie des granulats, la teneur en bitume, les vides et la densité. Le Québec exige généralement une fréquence plus élevée d'essais sur les matériaux.
Certification et Formation	8	Oui	La certification et la formation sont destinées aux techniciens et aux laboratoires impliqués dans les activités de contrôle de la qualité.

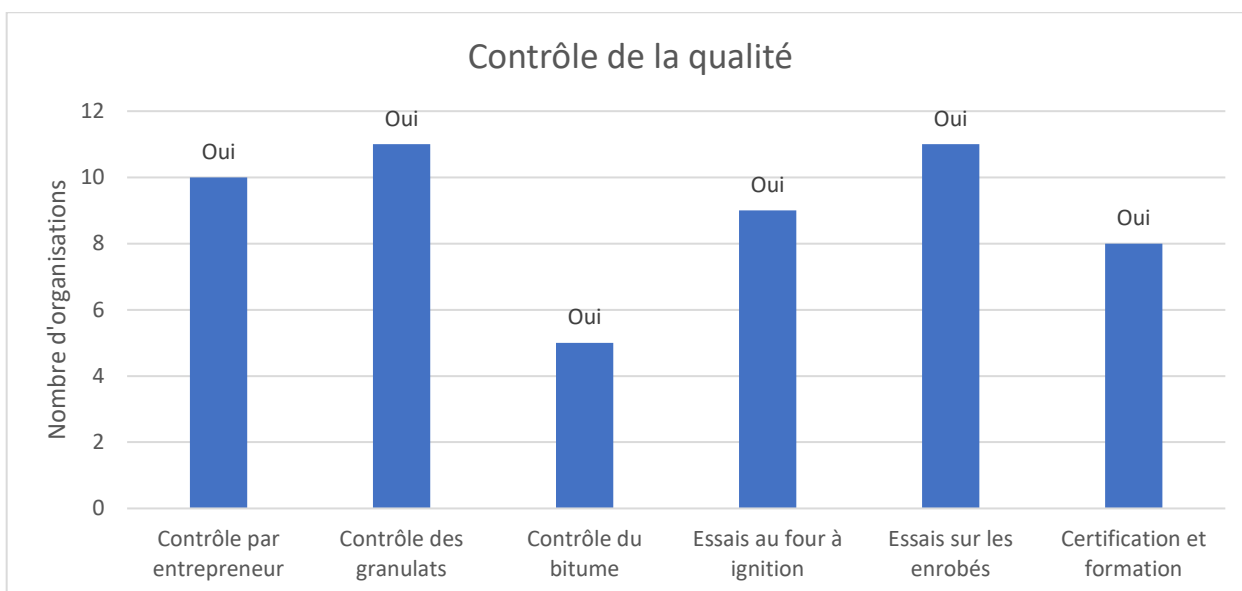


Figure 8-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de contrôle de la qualité par rapport à celles du Québec

Le tableau 8-2 indique que les procédures actuelles de contrôle de la qualité de l'enrobé au Québec sont conformes ou supérieures à celles utilisées par d'autres organisations. Le Québec exige que les centrales d'enrobage disposent d'un plan de qualité ISO 9001 qui englobe toutes leurs activités. Le MTQ effectue des essais conjoints avec les laboratoires pour valider la qualité de leurs résultats et exige que les laboratoires qui effectuent des essais sur les matériaux soient certifiés ISO 9001. La fréquence des essais de contrôle de la qualité du bitume et des enrobés est généralement plus élevée que celle exigée par les organisations homologues.

9. Assurance de la qualité

L'assurance de la qualité est le processus par lequel une organisation détermine si le produit final du processus de construction satisfait aux exigences du contrat. Il peut s'agir d'essais effectués par l'organisation, ou par un consultant au nom de l'organisation, pour valider les résultats du contrôle de la qualité, déterminer les fourchettes de valeurs acceptables comme spécifiées au contrat, calculer des facteurs de rémunération, des pénalités ou des primes pour la qualité qui dépasse ce qui est exigé par le contrat. Les données utilisées pour déterminer l'acceptabilité peuvent être le contrôle de la qualité, l'assurance de la qualité ou une combinaison des deux.

9.1 Spécifications et inspection des centrales

Toutes les organisations ont indiqué qu'elles étaient responsables des procédures d'assurance de la qualité. La majorité des organisations utilisent une spécification de type résultat final, qui inclut des facteurs de rémunération pour diverses propriétés des matériaux, comme la teneur en bitume, la granulométrie, la densité, les vides et l'uni. La plupart des organisations possèdent un système de pénalités et de primes.

Le Minnesota a des ajustements de facteurs de rémunération (pénalités) pour l'uni, la densité du tapis (y compris des composants pour la densité des bords confinés et des bords non supportés). Les facteurs de rémunération sont basés sur les moyennes mobiles de quatre essais pour la granulométrie des granulats, les vides intergranulaires, la teneur en bitume et les vides. Les facteurs de rémunération vont de 90 % pour la granulométrie à 70 % pour les vides. S'il y a plusieurs dépassements pour un seul essai, le facteur de rémunération le plus bas s'applique. L'État de New York utilise des facteurs d'ajustement de la qualité quotidiens pour l'uni, la densité du tapis (y compris des composants pour les joints et les bords non confinés sur la base d'essais de densité nucléaire ou de carottage), la granulométrie des granulats, les vides intergranulaires, la teneur en bitume et les vides. Les facteurs d'ajustement de la qualité vont de 1,05 (prime) à 0,6 (pénalité) avant que le retrait et le remplacement ne soient exigés. L'ingénieur régional des matériaux peut choisir de laisser en place les enrobés rejetés sans frais pour l'État.

Le Québec n'a pas de facteurs de prime et l'Ontario a récemment modifié ses spécifications, passant d'une structure de primes/pénalités à une exclusion de toute prime. Des inspections des centrales sont exigées par toutes les organisations.

Les spécifications, les processus et procédures d'assurance de la qualité, relatifs à l'inspection des centrales utilisés par le MTQ et les organisations homologues, inclus dans cette étude sont résumés au tableau 9-1.

Tableau 9-1. Spécifications et inspection des centrales

Organisation	Responsable	Type de spécification	Facteurs généraux de rémunération	Inspection des centrales
Alberta	Contrôles ponctuels par les consultants	Résultat final	Compactage, uni, ségrégation, facteurs pour l'enrobé, par exemple teneur en bitume	Une fois par année
Saskatchewan	Entrepreneur	Résultat final	Bitume, granulométrie, vides, densité, uni	Une inspection des centrales peut être effectuée
Manitoba	Organisation	Un cahier des charges basé sur la qualité, avec des critères d'acceptation et des facteurs de rémunération, a été élaboré, mais n'a pas encore été approuvé pour utilisation	Uni, teneur en bitume, vides, VAM	Spec 800.7.1 sur le démarrage du projet
Ontario	Organisation	Résultat final	Propriétés physiques du bitume, vides, teneur en bitume, granulométrie, épaisseur, densité, uni (IRI), pourcentage dans les limites, SSP103F03, Tableaux 6 et 9	Une inspection des centrales peut être effectuée
Québec	Organisation/Consultant	Résultat final	Bitume, vides, teneur en bitume, granulométrie, épaisseur, densité, uni et ségrégation thermique	Plan de qualité ISO 9001 exigé
Nouveau-Brunswick	Organisation; échantillons prélevés par l'entrepreneur en présence de l'ingénieur	Résultat final et méthode	Vides, teneur en bitume, granulométrie, IRI, tolérance d'acceptation établie entre le contrôle de la qualité et l'assurance de la qualité; si en dehors de la tolérance, seulement les résultats de l'assurance de la qualité utilisés. Tableau 261-6 à 261-9	Doit être conforme à la norme ASTM D995

Organisation	Responsable	Type de spécification	Facteurs généraux de rémunération	Inspection des centrales
Minnesota	Organisation	Résultat final	Bitume, granulométrie, vides, généralités, joints et densité des bords, uni	Certification des centrales requise, Spec 185
New York	Organisation	Résultat final	Bitume, granulométrie, vides, densité. Facteurs d'ajustement de la qualité	Une inspection des centrales peut être effectuée
Vermont	Organisation, lorsque cela est requis par les spécifications	Méthode pour les petits projets, résultat final pour les grands projets	Bitume, vides, densité, joint longitudinal, uni	Inspection annuelle des centrales
New Hampshire	Organisation	Résultat final	Bitume, granulométrie, densité, vides, uni et épaisseur, rémunération basée sur des facteurs de pondération	Obligatoire trois jours avant l'asphaltage
Maine	Organisation, prélèvement d'un échantillon par sous-lot et évaluation	Résultat final	Bitume, granulométrie, vides, densité, uni	Une inspection des centrales peut être effectuée

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour les spécifications et l'inspection des centrales, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 9-2.

La figure 9-1 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 9-2 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 9-2. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de spécifications et d'inspection des centrales par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Assurance de la qualité par le propriétaire	10	Oui	La plupart des organisations utilisent les résultats des essais des entrepreneurs pour appliquer des facteurs de prime ou de pénalité. Les essais de propriétaires sont effectués à une fréquence moindre et comparés aux résultats des entrepreneurs à des fins de vérification. Les entrepreneurs engagent généralement un laboratoire indépendant pour effectuer leurs essais de contrôle de la qualité.
Spécifications basées sur le résultat final	10	Oui	Le Manitoba utilise une spécification basée sur la méthode, mais a rédigé et prévoit utiliser bientôt des spécifications de résultats finaux. Certaines organisations utilisent des spécifications basées sur la méthode pour les petits projets.
Facteurs de rémunération	10	Oui	La plupart des organisations ont des facteurs de rémunération liés aux vides, à la teneur en bitume, à la granulométrie, à la densité et à l'uni. Le Québec est la seule organisation à disposer d'un facteur de rémunération pour la ségrégation thermique longitudinale.
Inspection des centrales d'enrobage	11	Oui	Les exigences comprennent des inspections annuelles ou obligatoires pour chaque projet, ou des inspections aléatoires pendant la saison d'asphaltage.

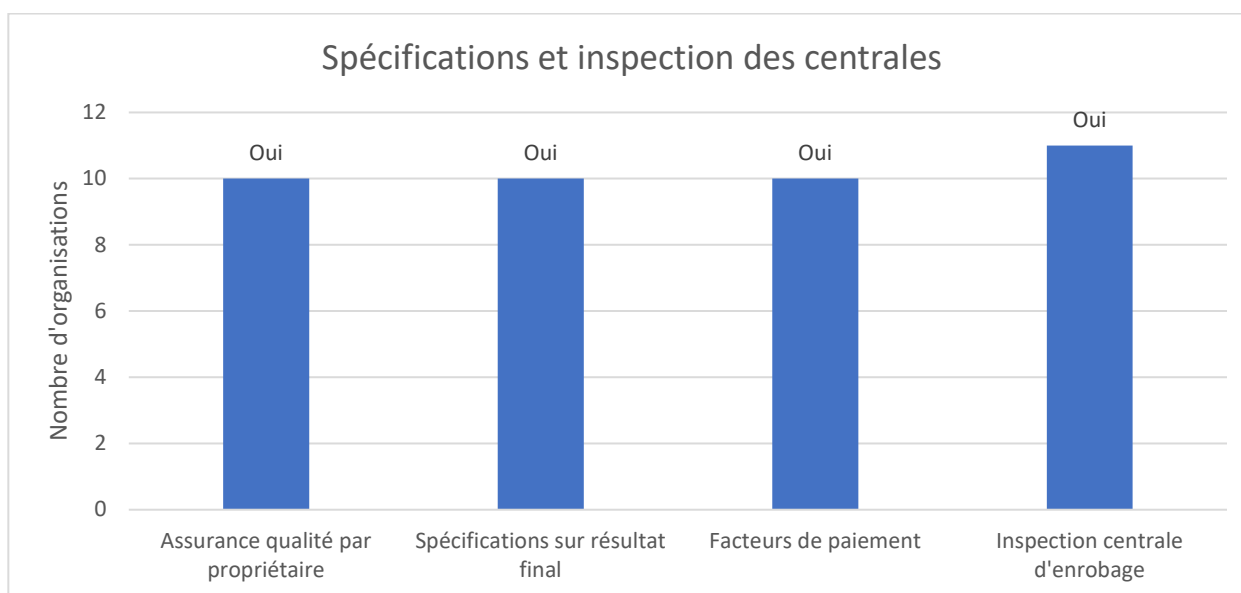


Figure 9-1. Comparaison des politiques et procédures en matière de spécifications et d'inspection des centrales par rapport à celles du Québec.

Le tableau 9-2 indique que les exigences actuelles du Québec en matière d'assurance de la qualité et les procédures d'inspection des centrales d'enrobage sont similaires à celles utilisées par d'autres organisations. Le Québec exige que les centrales d'enrobage disposent d'un plan de qualité ISO 9001 qui englobe toutes leurs activités. Toutes les organisations, sauf une, utilisent des spécifications de résultat final avec des facteurs de rémunération basés sur les résultats des essais des entrepreneurs.

9.2 Épaisseur et compactage

Toutes les organisations indiquent que des inspecteurs effectuent un contrôle visuel de l'épaisseur du tapis d'enrobé non compacté lors de la pose. Huit des onze organisations exigent le carottage pour vérifier l'épaisseur compactée de l'enrobé. Le Québec utilise également la quantité d'enrobé fournie ainsi que sa densité brute pour déterminer l'épaisseur théorique des couches d'enrobé. La spécification est que l'épaisseur de la couche d'enrobé ne peut s'écarter de plus de 6 mm de l'épaisseur de conception exigée.

Les exigences relatives à la température des enrobés pendant la pose varient selon les organisations. La plupart d'entre elles exigent une certaine vérification de la température pendant la pose, mais aucune n'exige d'actions à prendre en cas de mesures de température élevée ou basse. Le Minnesota et le Québec ont des exigences de température basées sur l'épaisseur des couches d'enrobé. Le Minnesota a complété les essais de finisseurs dotés d'équipements thermiques. Le Québec dispose de spécifications et de facteurs de rémunération en cas de non-uniformité de la température mesurée par une caméra infrarouge dans les enrobés non compactés derrière le finisseur. Des études sur la performance des chaussées ont montré l'apparition de fissures longitudinales dans la chaussée en relation avec la ségrégation thermique longitudinale dans les enrobés.

L'acceptation de la densité du tapis d'enrobé varie considérablement d'une organisation à l'autre. La majorité des organisations utilisent la densité maximale théorique, tandis que les provinces de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba utilisent la densité brute relative des enrobés. Cinq organisations utilisent des carottes pour déterminer la densité du tapis compacté, tandis que les autres utilisent des jauges de densité nucléaire et effectuent un certain étalonnage avec des carottes. Les limites inférieures d'acceptation varient de 91,5 % à 93 % de compactage, tandis que la plupart des limites supérieures sont de 97 % à 98 %. Seules cinq organisations indiquent des exigences de densité pour les joints longitudinaux.

Les spécifications et les processus et procédures d'assurance de la qualité relatifs à l'épaisseur et au compactage utilisés par le MTQ et les organisations homologues inclus dans cette étude sont résumés au tableau 9-3.

Tableau 9-3. Épaisseur et compactage

Organisation	Contrôle de l'épaisseur	Contrôle de la température	Compactage général	Densité	Compactage de joint
Alberta	Mesures physiques	Non exigé	Types et tailles des rouleaux exigés	Marshall Couche inférieure 35 mm et plus : > 97 % Db 20 à 35 mm : > 94 % Db 20 mm > 93 % Db Couche du haut 35 mm et plus > 97 % Db 20 à 35 mm : > 96 % Db Superpave Couche inférieure 35 mm et plus : > 93 % Dm 20 à 35 mm : > 90 % Dm 20 mm : > 89 % Dm Couche du haut 35 mm et plus : > 93 % Dm	Non exigé
Saskatchewan	Visuel	Sur le site	Types et dimensions des rouleaux exigés, schéma de roulement requis	Nucléaire, étalonnée par carottage, pleine rémunération pour une densité relative maximale de 92,5 %, rejeté si < 89 %	Dans les 300 mm du joint longitudinal, l'enrobé doit être compacté à 90 % de la densité maximale théorique
Manitoba	Mesures physiques	À l'usine et derrière le finisseur toutes les trois heures	Types et tailles des rouleaux précisés	Jauge nucléaire > 97 % Db	Non exigé
Ontario	Carottes	Non exigé	Types et dimensions des rouleaux exigés	Carottes, limite inférieure pour les mélanges de surface = 92 %, sauf pour SMA = 93 %. Limite supérieure = 98 %, sauf pour « autres enrobés Superpave » = 97 %	Aucune exigence de compactage des joints, exigence de compactage des voies, déterminé pour la Dm sur la base de carottage
Québec	Densité brute, ne peut pas varier de plus de 6 mm de la conception, carottage	MTQ 4101/4202 et Section des dispositions spéciales. Photos infrarouges utilisées pour la ségrégation thermique longitudinale et générale	Types et dimensions des rouleaux exigés	Jauge nucléaire, 93 % à 98 % pleine rémunération, après confirmation par carottage, 90 % à 93 % des facteurs de rémunération < 90 % > 98 % rejetés	SP 6.3.4 et 6.3.5, 3 mesures par jauge nucléaire à chaque joint transversal. Une mesure tous les 100 m pour les 300 premiers m, puis tous les 300 m aux joints longitudinaux. En cas de compactage de joint de < 90 % par des méthodes nucléaires, un carottage doit être effectué.

Organisation	Contrôle de l'épaisseur	Contrôle de la température	Compactage général	Densité	Compactage de joint
Nouveau-Brunswick	Spec Tableau 261-7, carottes	Sur le site	Types et dimensions des rouleaux exigés, schéma de roulement requis pour tous les enrobés	Basé sur le carottage : Prime : > 92,5 % Dm Facteurs de rémunération : 89,5 % à 92,4 % Dm Rejet : < 89,5 % Dm	Essai de densité par carottage
Minnesota	Carottes	Contrôlé en fonction de la température de l'air et de l'enrobé et de l'épaisseur, tableau de spécifications 2360-26. Profilage thermique monté sur finisseur utilisé à titre d'essai	Au choix de l'entrepreneur	Tableau de spécifications 261.4.5.4, carottes Enrobé en centrale (4 % de vides à la formulation) Prime : > 93,1 % Dm Rémunération complète : 92 % à 93 % Dm Facteurs de rémunération : 89 % à 91,9 % Dm Rejet : < 89,0 % Dm Enrobé en centrale (3 % de vides à la formulation) Prime : > 94,1 % Dm Rémunération complète : 93 % à 94 % Dm Facteurs de rémunération : 90 % à 92,9 % Dm Rejet : < 90 % Dm SMA (tableau 2365-15) Rémunération complète : 93 % à 97 % Dm Facteurs de rémunération : 89 % à 92,9 % Dm et > 97 % Dm Rejet : < 89 % Dm	Rémunération complète pour les bords non supportés ou les joints longitudinaux, dont la densité = 88,1 % à 90 %, prime pour des valeurs supérieures
New York	Carottage	Sur le site	Types et dimensions des rouleaux exigés	Autoroutes de la série 50 = carottage Série 60 (autres que les séries 50 et 70) = densité nucléaire	Non mesuré

Organisation	Contrôle de l'épaisseur	Contrôle de la température	Compactage général	Densité	Compactage de joint
				étalonné par des carottes tous les trois jours Série 70 (faible volume) = jauge nucléaire avec densité cible du projet Série 80 (réparations diverses, approches de ponts, accotements et tranchées) = bande d'essai (tableau 402-6) Rémunération complète pour > 92 % et < 97 % de la Gmm, facteurs de rémunération de la densité réduits à 0,6 à 88 % et supérieurs à 98 % à 0,8	
Vermont	Carottage	Sur le site	Types et dimensions des rouleaux exigés	Carottes, rémunération complète pour > 92,5 % et < 96,5 % de la Dm	Si la longueur de l'axe central est supérieure à 3 milles, 2 carottes/mille, le joint doit être > 90 % de la Dm par lot
New Hampshire	Carottes, 1/680 tonnes	Six par jour à l'usine et à la trémie du finisseur, quatre par jour au tapis d'enrobé	Types et dimensions des rouleaux exigés	Carottes, méthode Spec : rémunération complète pour > 91 % de la Dm Résultat final Spec pourcentage dans les limites, 91 % à 97,5 %	Non mesuré
Maine	Carottes	Non exigé	Types et dimensions des rouleaux exigés	Carottes, limite inférieure = 92,5 %, limite supérieure = 97,5 %, ajustement de prix en fonction de la densité = -10 %	Non mesuré

¹ CCDG = Cahier des charges et devis généraux (spécifications générales)

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour l'épaisseur et le compactage, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 9-4. La figure 9-2 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 9-4 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 9-4. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière d'épaisseur et de compactage par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Contrôle de l'épaisseur par carottage	7	Oui	D'autres organisations utilisent des mesures physiques pendant la pose. Le Québec utilise la surface de la chaussée et la densité brute relative pour s'assurer que l'épaisseur ne varie pas de plus de 6 mm par rapport à l'épaisseur de conception plus le carottage.
Contrôle de la température des enrobés sur le site	9	Oui	La plupart des organisations utilisent des mesures physiques sur le site. Le Québec utilise des images thermiques pour identifier la ségrégation thermique générale et longitudinale, avec des pénalités en cas d'occurrence. Le Minnesota utilise le profilage thermique monté sur finisseur à titre d'essai.
Densité des enrobés	11	Oui	La plupart des organisations utilisent des carottes pour déterminer la densité. Certaines organisations utilisent la Db relative et d'autres la Dm relative, ou théorique, avec une fourchette de rémunération complète allant de 91,5 % à 93 %. Le Québec exige un minimum de 93 % et un maximum de 98 %.
Compaction de joint	5	Oui	En général, la rémunération complète est exigée pour une densité de joint de 90 % de la densité maximale théorique.

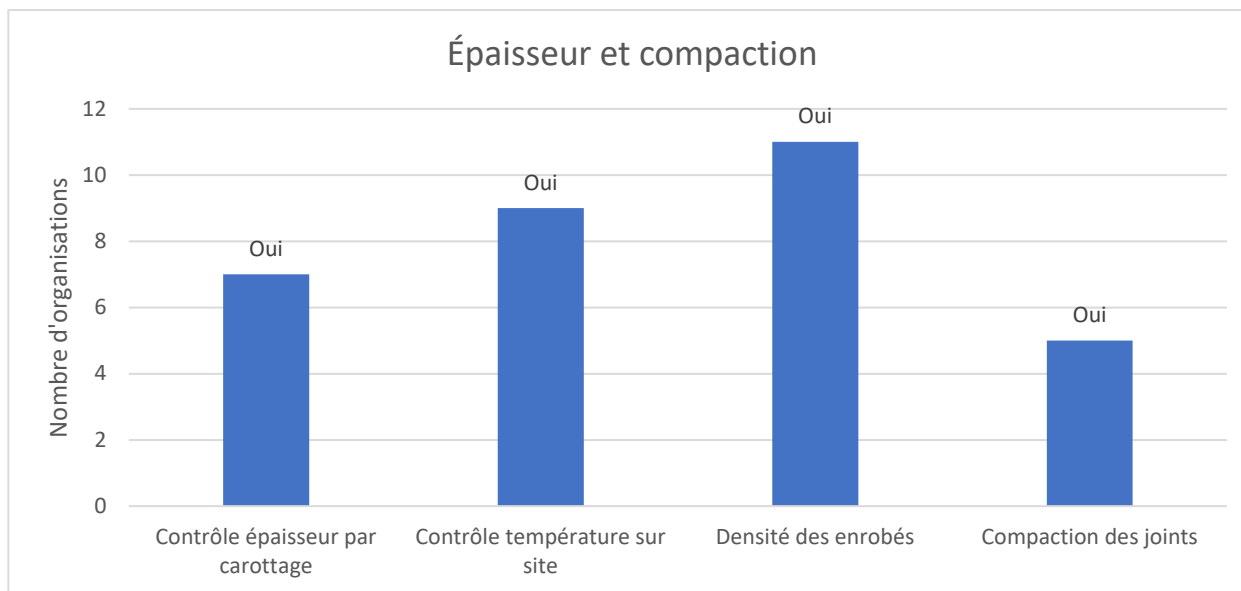


Figure 9-2. Comparaison des politiques et procédures en matière d'épaisseur et de compactage par rapport à celles du Québec.

La majorité des organisations utilisent des carottes pour contrôler l'épaisseur et pour vérifier le tonnage théorique placé afin de le comparer aux bons de livraison du tonnage d'enrobé. Le Québec est la seule organisation à disposer d'une spécification d'image infrarouge pour évaluer le potentiel de ségrégation thermique longitudinale.

9.3 Caractéristiques de surface

Les caractéristiques de surface comprennent la ségrégation, l'uni et l'adhérence de la surface de la chaussée. Toutes les organisations exigent une évaluation visuelle pour déterminer s'il y a présence de ségrégation excessive. L'Ontario est la seule organisation qui exige l'utilisation de la profondeur de la macrotexture si l'évaluation visuelle est contestée. L'Alberta et la Saskatchewan ont toutes deux une procédure ou un manuel qui dicte la méthode d'évaluation de la ségrégation.

Huit des onze organisations exigent que le propriétaire effectue un essai d'uni à l'aide d'un profileur laser monté sur un véhicule pour mesurer l'indice de rugosité international (IRI) de la surface de la chaussée. L'Alberta et la Saskatchewan exigent l'utilisation d'un profilographe californien, tandis que le New Hampshire demande l'utilisation d'un profileur GM fourni par le ministère. L'intervalle de mesure utilisé pour déterminer l'acceptation varie de 15 à 160 m, ce qui rend la comparaison des limites de l'IRI impossible. La plupart des spécifications comportent des primes, des pénalités et des limites de rejet.

Les spécifications et les processus et procédures d'assurance de la qualité relatifs à l'épaisseur et au compactage utilisés par le MTQ et les organisations homologues inclus dans cette étude sont résumés au tableau 9-5.

Tableau 9-5. Caractéristiques de surface

Organisation	Ségrégation	Uni	Adhérence
Alberta	En fonction de la fréquence des zones de ségrégation basée sur le manuel	Profilographe californien, rémunération complète pour PRI < 10, rejet à 24	Non exigée
Saskatchewan	Évaluation visuelle, les surfaces supérieures à 0,2 m ² et les stries de finisseur de > 1,0 m sont des défauts de surface; ajustement de rémunération de 3 \$ et de 6 \$/m ² pour les cas mineurs et graves	Profilographe californien du propriétaire, 100 m de longueur, route de catégorie 1, PRI < 10 rémunération complète, bosses de > 12 mm, 2 000 \$ de pénalité par bosse	Non exigée
Manitoba	Sur la base d'une évaluation visuelle	Propriétaire (IRI), 100 m de longueur, rémunération complète pour IRI de > 0,746 m/km, aucune rugosité localisée > 1,96 m/km sur 7,6 m de longueur	Non exigée
Ontario	Ségrégation moyenne ou sévère à retirer et à remplacer, évaluée visuellement; si elle est contestée, utilisation du ratio de macrotexture selon LS-317	Propriétaire IRI, 100 m de longueur, rémunération complète pour IRI de < 0,65 à 1,00 m/km, prime de 1,2 pour IRI < 0,5 m/km, rejet pour IRI de > 1,25 m/km	Granulats de surface à haut coefficient de frottement exigé, comme FC-1 et FC-2
Québec	CCDG 13.3.4.7; visuel Thermographie utilisée pour vérifier la pose uniforme des enrobés	SP 13. Propriétaire IRI, deux parcours par chemin de roulement, 100 m de longueur, refus si IRI de > 1,7 m/km, 10 m de longueur, refus si IRI de > 4,0 m/km	Coefficient de polissage par projection requis pour les autoroutes. Vérifications SCRIM, si nécessaire
Minnesota	Évaluation visuelle, sans ségrégation et espaces ouverts et d'autres défauts déterminés par un examen visuel	Propriétaire IRI, 160 m de longueur, rémunération complète pour IRI de < 0,79 m/km, correction requise pour IRI de > 1,2 m/km sur la base d'une longueur de 7,6 m	Non exigée
Nouveau-Brunswick		Propriétaire IRI, 100 m de longueur, rémunération complète pour IRI de > 1,1 m/km, pénalités pour les bosses de > 8,5 mm allant de 100 \$ à 2 000 \$.	Non exigée
New York	Visuellement	Propriétaire IRI, utilise les unités de qualité IRI (IRIQU) Tableau de spécifications 653-01 Lots de 0,1 mille, rémunération complète pour IRI de < 0,95 m/km, rejet à 1,2 m/km	Granulats exigés, comme F1, F2 ou F3 selon les besoins en matière d'adhérence
Vermont	Visuellement	Propriétaire IRI, moyenne sur le projet entier, rémunération complète IRI de < 0,8 m/km	Non exigée
New Hampshire	Visuellement	Profilomètre GM, fourni par le ministère, spécification (401.3.17.3.4.5), nombre de trajets calculé pour chaque 0,1 mille Le nombre de trajets ne doit pas être inférieur à 3,7, ou des réparations seront requises	Non exigée
Maine	Évaluation visuelle	Propriétaire IRI, lot de 1 km, sous-lot de 15 m, 4 trajets en moyenne, autoroute, rémunération complète à 0,95 m/km	Non exigée

Les points saillants des politiques et procédures des organisations pour les caractéristiques de surface, comparés à ceux du Québec, sont fournis avec des commentaires dans le tableau 9-6. La figure 9-3 montre une comparaison des éléments individuels du tableau 9-6 par rapport à ceux utilisés au Québec. L'étiquette « Oui » située en haut des barres indique que des procédures similaires sont actuellement utilisées au Québec.

Tableau 9-6. Comparaison des politiques et procédures des organisations homologues en matière de caractéristiques de surface par rapport à celles du Québec

Élément	Nombre	Québec	Commentaires
Ségrégation	11	Oui	La plupart des organisations mesurent visuellement la ségrégation avec différents critères d'acceptation. Le Québec utilise des caméras infrarouges pour identifier la ségrégation. L'Alberta dispose d'un manuel d'évaluation de la ségrégation, l'Ontario utilise des essais de macrotexture à la tache de sable pour déterminer le ratio de macrotexture pour l'acceptation.
IRI par propriétaire ou autres mesures haute vitesse	8	Oui	Deux organisations utilisent le profilographe californien et une autre utilise le profilomètre GM
Adhérence	3	Oui	Le Québec, l'Ontario et l'État de New York exigent un essai du coefficient de polissage par projection

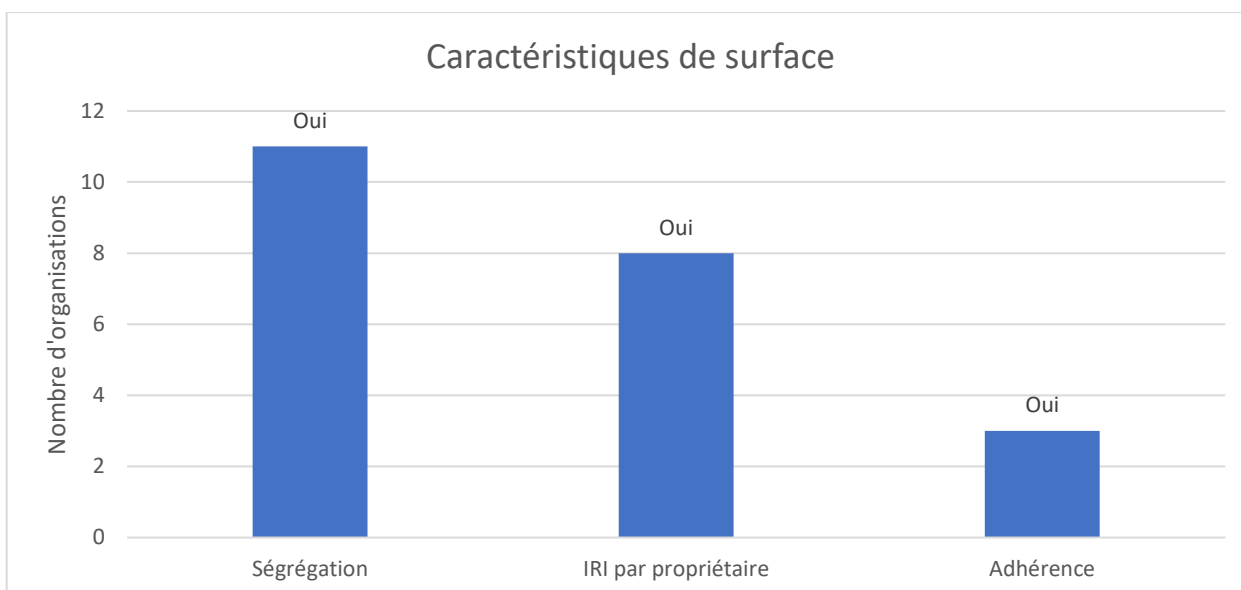


Figure 9-3. Comparaison des politiques et procédures en matière de caractéristiques de surface par rapport à celles du Québec.

Le tableau 9-6 indique que les procédures actuelles d'assurance de la qualité au Québec sont conformes ou supérieures à celles utilisées par d'autres organisations. Le Québec est la seule organisation à utiliser des images infrarouges des enrobés immédiatement derrière le finisseur pour évaluer la ségrégation thermique longitudinale et le potentiel de fissuration longitudinale future de la chaussée. En plus de déterminer le coefficient de polissage par projection des granulats, le Québec utilise un appareil SCRIM pour surveiller l'adhérence de la surface des chaussées au fil du temps. D'autres organisations, dont l'Ontario et New York utilisent l'ASTM Brakeforce Trailer pour surveiller l'adhérence de la surface des chaussées au fil du temps.

10. Défis et opportunités

Chacune des organisations contactées a été interrogée sur les défis et les opportunités liés à leurs programmes d'asphaltage. Bien que toutes les organisations n'aient pas fourni de réponses, celles qui l'ont fait ont donné un aperçu de leurs problèmes et des actions potentielles pour améliorer la performance de leurs chaussées en enrobé.

10.1 Défis des organisations

Le tableau 10-1 présente un résumé des cinq principaux défis que les organisations doivent relever pour améliorer la performance des enrobés. Les détails des réponses des organisations se trouvent dans le tableau 10-2. De nombreux défis sont similaires d'une organisation à l'autre. La capacité à trouver, à former et à retenir du personnel expérimenté pour la formulation des enrobés, la construction et l'entretien est un thème commun. La plupart des organisations ont commenté sur les activités en fin de saison d'asphaltage et ont indiqué que, bien qu'elles comportent des restrictions de date et de température, celles-ci sont souvent ignorées dans la précipitation pour terminer les projets avant la fin de la saison de construction. Le Québec exige l'approbation du sous-ministre pour tout asphaltage effectué après les dates indiquées.

Tableau 10-1. Les cinq principaux défis

Défis	
1	Pose lors de la fin de la saison d'asphaltage, tout en conservant la qualité de l'enrobé.
2	Problème d'expérience des employés pour l'organisation, l'entrepreneur et les consultants.
3	Élimination de la ségrégation.
4	Amélioration de l'uni.
5	Utilisation de qualité et homogène des granulats bitumineux récupérés dans les enrobés.

Tableau 10-2. Les défis des organisations en matière d'amélioration des enrobés

Organisation	Défis
Alberta	• Fin de la saison d'asphaltage • Ségrégation • Enrobés sous-dosés • Échantillons mal manipulés • Sources de granulats variables
Saskatchewan	• Fin de la saison d'asphaltage (les entrepreneurs veulent continuer à travailler de plus en plus longtemps, car la saison est courte). L'organisation a récemment autorisé des températures d'asphaltage plus basses malgré un risque plus élevé de mauvaise qualité de la surface et des joints. • La performance des liants d'imprégnation est un problème : l'utilisation de liants émulsifiés ne permet pas toujours d'obtenir une couche de base granulaire de bonne qualité. L'organisation évalue la possibilité d'abandonner la pratique consistant à appliquer un liant d'accrochage à émulsion sur un liant d'imprégnation, en raison de problèmes récents. Cette pratique a bien fonctionné pendant des décennies avec d'autres liants d'imprégnation. • Bien qu'il s'agisse d'un défaut de surface, la ségrégation entraîne des sanctions très faibles; rien n'incite à éviter ce problème, et les méthodes de réparation consistent simplement à la recouvrir d'un coulis bitumineux, car la plupart des cas sont des ségrégations mineures, et il est rare que l'on confirme par carottage qu'elle n'est qu'en surface. • La rémunération actuelle n'est faite que sur l'assurance de la qualité, bien que l'on envisage un mélange de contrôle et d'assurance de la qualité pour la rémunération, des essais ont été réalisés similaires à la spécification de l'Alberta. Les entrepreneurs disent toujours que les résultats de nos essais en laboratoire sont erronés et qu'ils doivent adapter leurs activités. • Les propriétés physiques des granulats ne sont pas clairement spécifiées parce qu'il était habituel de travailler les sources du ministère. Mais aujourd'hui, avec l'arrivée de nombreuses sources des entrepreneurs, on constate des problèmes de mauvaise qualité, comme la présence de débris et de particules molles ou schisteuses.
Manitoba	• Fin de la saison d'asphaltage • Pose correcte du liant d'accrochage • Contrôle de l'épaisseur • Ségrégation
Ontario	• Amélioration de la qualité du bitume • Maintien de la qualité lors de la fin de la saison d'asphaltage
Québec	• Utiliser efficacement les granulats bitumineux récupérés (GBR) dans les enrobés neufs sans nuire à leur performance. • Limiter les ornières d'usure dans les enrobés se produisant principalement en hiver, en relation avec la sélection des granulats, l'utilisation de pneus à clou et l'entretien hivernal.

Organisation	Défis
	- Obtenir un compactage adéquat (en particulier sur les tabliers de pont). - Maintenir un niveau de service équilibré et approprié sur l'ensemble du réseau routier. - Régler le problème d'embauche et de rétention du personnel, notamment des techniciens.
Nouveau-Brunswick	Problème d'expérience des employés pour l'organisation, l'entrepreneur et les consultants.
Minnesota	- D'autres problèmes communs (ségrégation, densité, fin de la saison d'asphaltage, essais, uni) surviennent au cas par cas. - Matériel contestable dans le GBR.
New York	Aucun n'a été donné.
Vermont	Quantifier les conséquences à long terme de matériau défaillant et la façon d'évaluer la valeur.
New Hampshire	- Fin de la saison d'asphaltage - Travail des entrepreneurs. - Performance du liant et des enrobés (choix de la bonne combinaison pour obtenir la durée de vie souhaitée).
Maine	- Réduction de la durée de vie en raison du désenrobage. Les chaussées semblent vieillir précocement et perdre de la matière en surface (principalement dans les pistes de roues). - Perte de connaissances techniques par l'industrie. - Réduction de la qualité de la pose de l'enrobé. - Niveau d'expérience globalement réduit (à la fois pour le DOT, les consultants et l'industrie). - Pénurie de main-d'œuvre, manque de contremaîtres et d'opérateurs expérimentés.

10.2 Opportunités pour les organisations

Le tableau 10-3 présente un résumé des opportunités qui s'offrent aux organisations. Les détails des réponses des organisations se trouvent dans le tableau 10-4. Les organisations sont intéressées par le développement et l'utilisation d'essais de performance répétables pour les enrobés, qui sont capables de prédire la performance en fissuration à long terme. Les organisations sont soumises à de fortes pressions pour augmenter la quantité de GBR autorisée dans les enrobés, car de nombreux entrepreneurs disposent d'importants stocks de GBR à leurs centrales d'enrobage.

Tableau 10-3. Les cinq meilleures opportunités d'amélioration de la performance des enrobés

Opportunités	
1	Utilisation d'essais de performance sur les enrobés.
2	Amélioration de la surveillance et de la responsabilisation des entrepreneurs.
3	Amélioration des joints longitudinaux.
4	Formulation des enrobés selon la méthode de régression.
5	Optimisation de la contribution du bitume des GBR.

Tableau 10-4. Identification par les organisations des opportunités d'amélioration de la performance des enrobés

Organisation	Opportunités
Alberta	• Compactage intelligent. • Densité maximale théorique pour mesurer le compactage. • Formulation des vides par régression. • Contribution optimisée du bitume du GBR.
Saskatchewan	• Utilisation de la technologie infrarouge pour favoriser l'uniformité de la densité de l'enrobé. • Utilisation du compactage intelligent, bien qu'il ne soit pas disponible actuellement. • Essais de performance au stade de la formulation des enrobés. • Contrôle de l'application de la spécification des joints longitudinaux. • Les essais de collage sont en cours d'examen en vue de leur mise en œuvre. • Recherche de meilleurs liants d'imprégnation pour les couches de base granulaires.
Manitoba	• Utilisation de granulats de haute qualité. • Utilisation de bitumes, d'enrobés et d'additifs appropriés. • Amélioration de la surveillance et de la responsabilisation des entrepreneurs.
Ontario	• Amélioration de la qualité des joints par une plus grande utilisation de l'asphaltage en échelon/tandem, l'amélioration de la constance du liant d'accrochage, le chauffage des joints, l'utilisation de bandes, l'emploi de matériau extrudé de liaison des joints et l'utilisation d'enrobés tièdes. • Utilisation d'enrobé renforcé de fibres. • Utilisation d'essais de performance sur les enrobés, comme l'essai de flexion semi-circulaire (SCB), l'essai de tension compacte en forme de disque (essai DCT) et l'essai d'orniérage Hamburg. • Utilisation de la méthode de formulation par régression, teneur en bitume à 3,5 % de vides. • Une approche par étape pour permettre l'utilisation de GBR dans les enrobés de surface avec les propriétés de bitume acceptées sur la base du grade du bitume récupéré et éventuellement des essais de performance sur les enrobés. • Utilisation accrue d'enrobés SMA, en envisageant leur utilisation comme couches de base.
Québec	• Mettre pleinement en œuvre les spécifications MSCR pour les bitumes. • Mener des recherches supplémentaires sur l'utilisation de GBR dans les enrobés. • Poursuivre les recherches pour améliorer les critères d'adhérence des enrobés de surface. • Poursuivre les recherches sur les ornières d'usure causées par l'utilisation de pneus à clou et mettre au point des procédures d'atténuation. • Ajouter un essai de fissuration à la méthode actuelle de formulation des enrobés.

Organisation	Opportunités
Nouveau-Brunswick	Atelier d'introduction à la procédure d'essai de déformation et de recouvrance répétées (MSCR). Parrainé par le département de génie civil de l'Université du Nouveau-Brunswick (UNB) et par le Groupe de producteurs utilisateurs du Nouveau-Brunswick.
Minnesota	- Densitomètre roulant (actuellement au stade de la recherche). - Mise en œuvre de la technologie infrarouge pour le compactage. - Contenu plus élevé en GBR. - Utilisation de produits régénérateurs. - Bitumes modifiés. - Mise en œuvre des enrobés de type Superpave5.
New York	Aucune n'a été donnée.
Vermont	Utilisation d'essais de performance à la suite du vieillissement prolongé pour déterminer la performance et la valeur futures de l'enrobé.
New Hampshire	- Amélioration des joints longitudinaux. - Étendre l'utilisation de grades modifiés avec polymères afin d'améliorer la résistance des enrobés à l'orniérage et à la fissuration. - Approfondissement des connaissances pour déterminer le moment optimal des traitements de conservation (la rentabilité de la conservation est à nouveau remise en question).
Maine	Amélioration de la constance et de la performance des enrobés.

11. Discussion

La plupart des organisations de transport sont confrontées aux défis que représentent l'entretien et la mise à jour de leurs infrastructures de chaussée, tout en subissant des réductions de personnel et des départs à la retraite, des pressions budgétaires, une augmentation du trafic, des conditions de travail difficiles, des avancées technologiques, les attentes du public, des changements de gestion et la lutte générale de devoir en faire plus avec moins de ressources.

La mise en œuvre d'un programme de chaussées nécessite des compétences en matière de planification et de conception, d'élaboration de spécifications, d'approvisionnement, de construction, de gestion de la construction et d'essai sur les matériaux. Pour mener à bien un projet, cela implique généralement un travail d'équipe de la part de nombreux membres du personnel de l'organisation, de consultants en ingénierie, d'entrepreneurs et de fournisseurs.

Cette revue du MTQ et des organisations homologues a révélé que la complexité, le contenu et le style des spécifications de construction en matière de travaux routiers varient considérablement d'une organisation à l'autre. Les spécifications sont les « règles » qui sont élaborées par une organisation pour s'assurer qu'elle obtient ce qu'elle a demandé. De nombreuses parties des spécifications sont liées à d'autres parties, ce qui complique parfois grandement leur compréhension, tant pour l'organisation que pour l'entrepreneur. Au Québec, le MTQ rencontre régulièrement les acteurs de l'industrie, à l'interne et à l'externe, pour passer en revue les spécifications et identifier les éléments d'amélioration potentiels.

En général, les provinces du Québec et de l'Ontario, au Canada, et les états du Minnesota et de New York, aux États-Unis, ont des politiques et des procédures plus complètes en matière de pratiques et de processus liés aux enrobés. Ceci est en rapport à la taille de leurs réseaux routiers et au niveau de trafic.

Les résultats de cet examen par les pairs ont permis de déterminer que le MTQ a mis en place des politiques, des processus et des procédures qui sont très similaires à ceux des organisations homologues responsables de la conception, de la production, du transport et de la pose des enrobés. Parmi les domaines pour lesquels les exigences du MTQ surpassent celles des organisations homologues, citons les suivantes :

- L'utilisation d'une procédure de conception des chaussées qui quantifie les répercussions potentielles du gel sur la performance de la chaussée et fournit des méthodes d'atténuation.
- L'utilisation d'une méthode de formulation volumétrique modifiée des enrobés.
- L'obligation d'obtenir l'approbation du sous-ministre pour l'asphaltage en dehors des dates prévues pour les différentes régions.
- L'exigence de la certification ISO 9001 pour les centrales d'enrobage et les laboratoires effectuant des essais sur les matériaux de construction.
- L'exigence du coefficient de polissage par projection pour les propriétés d'adhérence des granulats.
- L'essai de performance en orniérage pour les enrobés.
- L'incorporation d'un coefficient d'écoulement pour les granulats fins lors de la formulation des enrobés afin d'améliorer la résistance à l'orniérage.
- L'utilisation d'images infrarouges pour réduire la présence de ségrégation thermique.
- La fréquence généralement plus élevée des essais de contrôle et d'assurance de la qualité du bitume et des enrobés.

Comme indiqué précédemment, les politiques, processus et procédures actuels du MTQ sont conformes aux meilleures pratiques de l'industrie. Afin de continuer à améliorer la performance des chaussées en enrobé au Québec, les points suivants ont été identifiés comme étant des domaines d'amélioration potentielle :

- Examiner de manière critique l'utilisation et les quantités de GBR dans les enrobés.
- Examiner les avantages d'essais supplémentaires de performance sur le bitume et les enrobés.

12. Mot de la fin

Dans le cadre des travaux de ce projet, des discussions avec le MTQ ont permis de constater qu'un enrichissement de l'actuel sommaire annuel des quantités de construction, pour y inclure un sommaire annuel des indicateurs de qualité de construction à l'échelle de la province, serait utile pour identifier et suivre les meilleures pratiques visant à améliorer la performance des chaussées en enrobé au Québec. Il aiderait également à documenter et à classer par ordre de priorité les défis et les opportunités, avec un examen régulier par le MTQ en collaboration avec les entrepreneurs, les fournisseurs et les partenaires des établissements d'enseignement afin d'élaborer une stratégie d'amélioration continue. Enfin, l'examen des spécifications des organisations a révélé que beaucoup de ces spécifications étaient compliquées et difficiles à lire et à comprendre. Il est souhaitable de procéder régulièrement à des examens complets des spécifications de construction et de matériaux relativement au contenu, au suivi et à la direction, dans un but ultime de simplification, afin de garantir des exigences claires.

Les informations fournies dans ce rapport ont été compilées à partir de données publiées par les différentes organisations, les sites Web des États et des provinces, ainsi que les associations industrielles. Elles ont été examinées pour en déterminer le caractère raisonnable. Des éclaircissements supplémentaires ont été fournis par les personnes-ressources des différentes organisations. Bien que des efforts aient été faits pour garantir l'exactitude des informations, il convient de reconnaître que les spécifications, les politiques et les procédures évoluent continuellement pour répondre aux exigences en matière de propriété et d'exploitation des infrastructures de transport.



David K. Hein, ing.
Ingénieur principal



Lori Schaus, ing.
Ingénieure senior

13. Références du rapport

1. Transports Canada. 2007. *Estimation of the Representative Annualized Capital and Maintenance Costs of Roads by Functional Class. Final Report*, Ottawa, Canada.
2. Gouvernement du Canada. 2019. *Normales climatiques canadiennes*.
https://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html
3. Département du Commerce des États-Unis. National Oceanic and Atmospheric Administration. *Climate Data and Reports*. 2019. <https://www.noaa.gov/climate-data-and-reports>.
4. Ministère des Transports de l'Ontario. 2019. *Ontario's Default Parameters for AASHTOWare Pavement ME Design, Interim Report – 2019*. Ontario Ministry of Transportation, Pavements and Foundations Section, Material Engineering Research Office, Downsview, Ontario.
5. Québec. 2006. *Enrobé de mélange à chaud : Méthodes de formulation du Laboratoire des chaussées (LC) J*. Québec (Québec).
http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/guides/guide15.fr.html

14. Documents d'organisations examinés

Alberta

- ACP EPS Specification, <https://www.transportation.alberta.ca/2573.htm>
- Aggregate Production and Stockpiling, <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType245/Production/3-002-01.pdf>
- Construction Bulletins, <https://www.alberta.ca/construction-bulletins.aspx>
- Engineering Consultant Guidelines (Volume 1), <https://www.alberta.ca/engineering-consultant-guidelines-highway-bridge-water-vol-1-design-and-tender.aspx>
- Engineering Consultant Guidelines for Highway, Bridge and Water Projects, <https://www.alberta.ca/engineering-consultant-guidelines-highway-bridge-water-vol-2-construction-contract-administration.aspx>
- ESAL Reports and Statistics, <https://www.alberta.ca/equivalent-single-axle-loadings-for-pavement-design.aspx>
- Field Test Procedures, <https://www.alberta.ca/alberta-transportation-test-att-procedures.aspx>
- Guidelines for Pavement Preservation Treatments, <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/gappts.pdf>
- IRI and Rut Data, <https://www.alberta.ca/international-roughness-index-and-rut-data.aspx>
- Pavement Design Manual, <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/pavedm2.pdf>
- Segregation Rating Manual, <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/pavsegman.pdf>
- Transportation Annual Report 2018/2019, <https://open.alberta.ca/dataset/d24ecf3f-d15a-4e41-b090-9e1a4c85949a/resource/b5093790-a82a-433f-8d23-5ec671077596/download/transportation-annual-report-2018-2019-web.pdf>
- Transportation Laboratory Test Procedures, <https://www.alberta.ca/bridge-test-procedures-and-guidelines.aspx#toc-2>
- Validation of Alberta Asphalt Concrete Mix Type Selection, <http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType241/Production/TM0201.pdf>

Saskatchewan

- Annual Report, https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/112632/MHI%252BAnnual-Report_2018-19_9.4%252BFINAL_ONLINE%252B-%252B2019.07.15.pdf
- Construction Manual Volume 1, <http://publications.saskatchewan.ca/#/categories/850>
- Construction Manual Volume 2, <http://publications.saskatchewan.ca/#/categories/856>
- Plan for 2018/2019, <https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/106278/106278-HighwaysandInfrastructurePlan1819PRINT.pdf>
- End Product Specification for Asphalt Concrete, <http://www.highways.gov.sk.ca/Doing%20Business%20with%20MHI/Ministry%20Manuals/Standard%20Specifications%20Manual/Section%204000%20-%204999/4112%20-%20EPS%20for%20Asphalt%20Concrete.pdf>
- Highway Surface Types, https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/112632/MHI%252BAnnual-Report_2018-19_9.4%252BFINAL_ONLINE%252B-%252B2019.07.15.pdf
- Primary Weight for Highways and RM Roads, https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/112632/MHI%252BAnnual-Report_2018-19_9.4%252BFINAL_ONLINE%252B-%252B2019.07.15.pdf
- Test Procedures Manual, <http://www.highways.gov.sk.ca/stp-manual/>
- Vehicle Configuration Guide, <http://publications.saskatchewan.ca/#/products/89599>

Manitoba

- Annual Report, <http://www.pubmanitoba.ca/v1/about-pub/reports.html>
- MEB Standards, <https://www.gov.mb.ca/mit/mateng/meb.html>
https://www.gov.mb.ca/mit/reports/annual/pdf/2018_2019_annual.pdf
- Specifications, <https://www.gov.mb.ca/mit/contracts/manual.html>
- Specification 800 Bituminous Pavement, <https://www.gov.mb.ca/mit/contracts/pdf/manual/800i.pdf>
- Traffic, <http://umtig.eng.umanitoba.ca/mhtis/Index.htm>
- Specification 805 Prime and Tack Coat, <https://www.gov.mb.ca/mit/contracts/pdf/manual/805i.pdf>
- Specification 920, <https://www.gov.mb.ca/mit/contracts/pdf/manual/920i.pdf>
- Spring Load Restriction, <https://www.gov.mb.ca/mit/srr/>
- Superpave Standard, http://www.manitoba.ca/mit/mateng/meb/meb_p038.pdf
- Superpave in the Prairies, <https://www.ctaa.ca/wp-content/uploads/2016/06/3-PrairiesRegionalPresentation.pdf>

Ontario

- Asphalt Pavement Council Solvent Extraction Study,
http://www.onasphalt.org/files/3.AWakefield_PIQ_April%202019_Final_rev04-29-19.pdf
- Briefing Book 2017/2018, <http://www.mto.gov.on.ca/english/publications/estimates-briefing-book-2017-18.shtml>
- Detailed Budgets, Transportation, <https://www.ontario.ca/page/expenditure-estimates-ministry-transportation-2019-20#section-4>
- Ontario Default Parameters for AASHTOWare Pavement ME Design,
[https://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/login/raqs.nsf/363a61d9cd2584da85256c1d0073eb7a/b45d4dac4ea610da852584080064e33d/\\$FILE/Ontario%27s%20Default%20Parameters%20for%20AASHTOWare%20Pavement%20ME%20Design-Interim%20Report%202019.pdf](https://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/login/raqs.nsf/363a61d9cd2584da85256c1d0073eb7a/b45d4dac4ea610da852584080064e33d/$FILE/Ontario%27s%20Default%20Parameters%20for%20AASHTOWare%20Pavement%20ME%20Design-Interim%20Report%202019.pdf)
- MTO Bituminous Specification Updates & Other Initiatives,
<http://www.onasphalt.org/files/4.%20MERO%20Bituminous%20PIQ%202019%20nn%20part%201-wide%20screen.pdf>
- MTO What's Next,
<http://www.onasphalt.org/files/6a.MERO%20Bituminous%20PIQ%202019%20nn%20part%202-wide%20screen.pdf>
- OPSS 308 Tack Coat,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/OPS.nsf/0/618bd9f973aa696b8525808200628e0a/\\$FILE/OPSS.PROV%20308%20Apr12.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/OPS.nsf/0/618bd9f973aa696b8525808200628e0a/$FILE/OPSS.PROV%20308%20Apr12.pdf)
- OPSS 313 Hot Mix Asphalt,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/OPS.nsf/0/602507e4acfdccc38525808200628e11/\\$FILE/OPSS.PROV%20313%20Nov16.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/OPS.nsf/0/602507e4acfdccc38525808200628e11/$FILE/OPSS.PROV%20313%20Nov16.pdf)
- OPSS 1101 Amendment,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedsp.nsf/0/70b8b0049d9baaf9852580a30063fc3e/\\$FILE/SSP%20111F06%20-%20Aug%202019%20-%20WR.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedsp.nsf/0/70b8b0049d9baaf9852580a30063fc3e/$FILE/SSP%20111F06%20-%20Aug%202019%20-%20WR.pdf)
- OPSS 1103 Hot Mix Aggregates,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/opsa.nsf/0/b8d97aa7fcea936f85257fae006850ba/\\$FILE/OPSS.MUNI%201003%20Apr13.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/opsa.nsf/0/b8d97aa7fcea936f85257fae006850ba/$FILE/OPSS.MUNI%201003%20Apr13.pdf)
- PGAC, <http://www.onasphalt.org/files/Publications/ABCs%20of%20PGAC.pdf>
- SSP103F31 Smoothness,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedspa.nsf/222cc615f19d4ca185257081006823bc/0fe260137d766d085257db1005c255d/\\$FILE/SSP%20103F31%20-%20Jan%202014%20-%20WR.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedspa.nsf/222cc615f19d4ca185257081006823bc/0fe260137d766d085257db1005c255d/$FILE/SSP%20103F31%20-%20Jan%202014%20-%20WR.pdf)
- SSP111F01 Hot Mix Asphalt,
[http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedspa.nsf/0/9a7a50486572b64485257df6005c4dcc/\\$FILE/SSP%20103F01%20-%20Dec%202014%20-%20WR.pdf](http://www.raqsbs.mto.gov.on.ca/techpubs/cdedspa.nsf/0/9a7a50486572b64485257df6005c4dcc/$FILE/SSP%20103F01%20-%20Dec%202014%20-%20WR.pdf)

Québec

- Rapport annuel, <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/organisation/rapport-annuel/Pages/rapport-annuel-gestion.aspx>
- Cahier des Charges et Devis généraux (General Roadway Construction Specifications), http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/documents/document9_fr.html
- CHAUSSEE 2, <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/chaussees/Documents/CHAUSSEE2.pdf>
- Faire affaire avec le MTQ, <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/entreprises-partenaires/entreprises-reseaux-routier/Pages/entreprises-conception.aspx>
- Méthodes de formulation du Laboratoire des chaussées (LC) [en anglais seulement], http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/guides/guide15_fr.html
- Organigramme du MTQ, <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/transports/Organigramme.pdf?1605797088>
- Publications standard (accessibles uniquement à l'achat), http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier_fr.html
- Période de dégel – Dates officielles [en anglais seulement], <https://www.transports.gouv.qc.ca/en/camionnage/degel-periode-restrictions-charges/Pages/periode-degel.aspx>
- Tome VII (Matériaux), http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/normes/norme3_fr.html

Nouveau-Brunswick

- Aggregate Extraction Reports for Crown Land, <https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/erd/energy/content/minerals/content/Aggregate/IndustryActivity.html>
- Budget 2018/2019, <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/fin/pdf/Budget/2018-2019/MainEstimates2018-2019BudgetPrincipal.pdf>
- New Brunswick Road Builders, <https://www.rbanb.com/links/>
- New Brunswick User Producer Group, <https://www.nbupg.com/>
- Standard Specifications for Highway Construction, https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/trans/pdf/en/Publications/2019_Standard_Specs-e.pdf
- Spring Weight Restrictions, https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/dti/trucking/content/spring_weight_restrictions.html

Minnesota

- 2019 Budget, <https://mn.gov/mmb-stat/documents/budget/2018-19-biennial-budget-books/governors-recommendations-january-2017/transportation-department.pdf>
- Capital Highway Improvement Plan, <http://www.dot.state.mn.us/planning/10yearplan/pdf/2019/statewide.pdf>
- Minnesota Asphalt Paving Association, <https://www.asphaltisbest.com/>
- MnDOT Bituminous, <http://www.dot.state.mn.us/materials/bituminous.html>
- MnRoad, <http://www.dot.state.mn.us/mnroad/>
- Pavement Design, <http://www.dot.state.mn.us/materials/pvmtdesign/manual.html>
- Specifications – Standard, <http://www.dot.state.mn.us/pre-letting/spec/>
- Specifications – Road Design, <https://roaddesign.dot.state.mn.us/roaddesign.aspx>
- Specifications – Design/Build, <http://www.dot.state.mn.us/designbuild/>

New York

- Asset Management Plan, <https://www.dot.ny.gov/programs/capital-plan/repository/Final%20TAMP%20June%2028%202019.pdf>
- NYDOT Engineering Division – Design, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/design/dgab/hdm>
- NYDOT Engineering Division Materials Bureau 1, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/materials-bureau>
- NYDOT Engineering Division Materials Bureau 2, http://www.nymaterials.com/page.php?page_id=1
- NYDOT Materials Method MM 5.16-Hot Mix Asphalt Verification, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/materials-bureau-repository/mm516.pdf>
- NYDOT Quality Control and Quality Assurance Procedure for Hot Mix Asphalt Production, MP 401, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/technical-services/materials-bureau-repository/mp401.pdf>
- NYDOT Pavement Design Manual, <https://www.dot.ny.gov/divisions/engineering/design/dgab/cpdm/repository/chapter4.pdf>
- Specifications, See Sections 400 (asphalt pavement), 401 (asphalt quality control and assurance) and 516 (Superpave hot mix asphalt mix design), https://www.dot.ny.gov/main/business-center/engineering/specifications/busi-e-standards-metric/metric-repository/2017_5_specs_met_Final.pdf

Vermont

- Materials Sampling Manual, <https://outside.vermont.gov/agency/vtrans/external/docs/construction/04MatTestCert/VTrans%20Materials%20Sampling%20Manual.pdf?1>
- Pavement Design, <https://vtrans.vermont.gov/sites/aot/files/highway/documents/publications/VTrans%20Pavement%20Management%20Manual.pdf>
- Vermont Research, <https://vtrans.vermont.gov/planning/research>
- Specifications, Services, <https://vtrans.vermont.gov/highway/construct-material/construct-services/pre-contractspecifications/2018>
- Specifications, Materials, <https://vtrans.vermont.gov/highway/construct-material>

New Hampshire

- Annual Report, <https://www.nh.gov/dot/media/documents/2017-annual-report.pdf>
- Binder Suppliers, https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/documents/Qualified_Aspphalt_Binder_Suppliers_Published_20190917.pdf
- Binder and Mix Review, https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/research/projects/documents/FHW_A-NH-RD-14282B-2.pdf
- Flexible Pavement Analysis, https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/highwaydesign/designmanual/documents/ch07_01_appendix1_2014.pdf
- Highway Design Manual, <https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/highwaydesign/designmanual/index.htm>
- High RAP Pavement Performance, <https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/research/projects/documents/15680B-FINALREPORT.pdf>
- Infrared Joint Heating, https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/research/projects/documents/13733a_poster.pdf
- Layer Coefficients, https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/research/projects/documents/26962n_report.pdf
- New Hampshire DOT Annual Report, <https://www.nh.gov/dot/media/documents/nhdot-annual-report-fy2018-w.pdf>
- New Hampshire DOT Maintenance, <https://www.nh.gov/dot/org/operations/highwaymaintenance/>
- New Hampshire Good Roads, <http://www.nhgoodroads.org/Membership-Directory>

- Quality Assurance, <https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/materials/documents/2009QualityAssuranceProgram.signed.pdf>
- Specifications, <https://www.nh.gov/dot/org/projectdevelopment/highwaydesign/specifications/index.htm>

Maine

- Annual Report, <https://www.maine.gov/mdot/docs/2016/roadsreport2016.pdf>
- FHWA Lane Miles by State, <https://www.fhwa.dot.gov/ohim/hs00/hm81r.htm>
- Maine Asphalt Pavement Association, <https://maine-apa.org/>
- Specifications, Standard, <https://www.maine.gov/mdot/contractors/publications/standardspec/>
- Specifications, Details, <https://www.maine.gov/mdot/contractors/publications/standarddetail/>
- Specifications, Highway, <https://www.maine.gov/mdot/engineering/highway/>
- Specifications MDOT, <https://www.maine.gov/mdot/>