

Via **BITUME**

La revue destinée à l'industrie des chaussées souples Vol. 17 N° 1 MAI 2022

Grand dossier

Autoroute urbaine dans la région de Montréal

Chronique

Nos villes et municipalités du Québec et leur réseau routier :

Pointe-aux-Outardes

Actualité

Contexte et historique des
techniques de recyclage
et d'enrobés
tièdes

POUR TOUS VOS BESOINS EN BITUME



**MONTREAL
QUEBEC**
Broadway



**SOREL-TRACY
QUEBEC**
Rive-sud



**HAMILTON
ONTARIO**



**MONTREAL
QUEBEC**
CMT / Bur-Pak



**HAMILTON
ONTARIO**
Vopak



**PROVIDENCE
RHODE ISLAND**



**DOUGLASVILLE
GEORGIE**



**SOUTH
PORTLAND
MAINE**



**BALTIMORE
MARYLAND**



LA SOLUTION TOTALE

BITUMAR.COM

Éditeur :
Bitume Québec
Tél : 450 922-2618
www.bitumequebec.ca/viabitume

Ont collaboré à ce numéro :

Saeed Badeli, Daniel Bissonnette,
Kevin Bolduc, Yves Brosseau, Alan Carter,
Jean-Martin Croteau, Abdeljalil Daoudi,
Carla de Oliveira Pinto, Alexandre Dumas,
Émilie Filiatre, Mathieu Galiana,
Amélie Griggio, Caroline Lachance,
Éric Lachance-Tremblay, Éric Lalonde,
Renald Leclerc, Pierre-Éric Moncion,
Gabriel Orozco, Félix Pepin,
Marc Proteau, Louise Neveu, Patrice Richard,
Manon Rinieri, Patrick St-Arnauld,
Michèle Saint-Jacques, Yan Sylvestre,
Michel Vaillancourt et Denis Veillette

Distribution : Tirée à 3000 copies et
imprimée trois fois par année, la revue
Via Bitume est distribuée gratuitement à :

Membres de Bitume Québec, membres de
l'ACRGQ, villes, municipalités et M.R.C.
du Québec, professionnels de l'industrie,
ministère des Transports, bureaux de génie-
conseil, laboratoires d'inspection et d'essais,
fournisseurs de produits et service dédiés à
l'industrie.

L'éditeur se réserve le droit de refus sur
les textes ou les publicités qu'il jugerait
inappropriés.

**Les opinions exprimées dans la revue
VIA BITUME n'engagent que la
responsabilité de leurs auteurs et
ne reflètent pas nécessairement les
positions de Bitume Québec.**

Tous les articles de VIA BITUME peuvent être
reproduits sans autorisation, à condition d'en
mentionner la source et de faire parvenir un
exemplaire de la publication à l'éditeur.

**Publicité, abonnement, changement
d'adresse :**

Bitume Québec
100, rue de la Couronne, bureau 200
Repentigny (Québec) J5Z 5E9
Tél. : 450 922-2618
Télécopieur : 450 922-3788
info@viabitume.com

Dépôt légal ISSN

Bibliothèque nationale du Canada
Bibliothèque nationale du Québec
ISSN 1718-0902

**Retourner toute correspondance ne
pouvant être livrée au Canada à :**

Bitume Québec
100, rue de la Couronne, bureau 200
Repentigny (Québec) J5Z 5E9

Photo couverture :
Shutterstock

Sommaire

ÉDITORIAL

- 4 Mot du ministre
- 5 Mot du président de Bitume Québec
- 7 Mot de l'éditeur

GRAND DOSSIER

- 8 **Autoroute urbaine dans la région de Montréal –**
renouvellement de la couche de roulement à l'aide d'un BBUM

LES CHRONIQUES

- 16 **Nos villes et municipalités du Québec et leur réseau routier :**
Pointe-aux-Outardes, la Magnifique fière nord-côtière!
- 22 **Environnement**
Nouvelles obligations pour le dépôt d'une demande d'autorisation
environnementale

LES ACTUALITÉS

- 24 Contexte et historique des techniques de recyclage et d'enrobés tièdes
- 29 Mise en œuvre et compactage des enrobés en milieu urbain : précautions
et points de vigilance pour garantir le succès d'un projet
- 32 Le Québec, toujours frileux à l'augmentation du recyclage dans nos routes?
- 35 Retour sur la formation technique annuelle 2021
- 36 La réforme de la gestion de la circulation en alternance au Québec
- 39 Le contrôle qualitatif, un investissement durable
- 41 Les graves recyclées traitées à froid en usine Hautes Performances -
performances mécaniques et avantages environnementaux
- 46 Contrôle de la qualité des matériaux de fondation pulvérisés et stabilisés
- 51 Recyclage des plastiques souples post-consommation dans les enrobés

PLUS

- 56 Profil d'une membre de l'industrie
- 57 Les Formations
- 58 Au Calendrier
- 58 Nouveaux membres



Mot du ministre des Transports et ministre responsable de la région de l'Estrie

Un partenariat clé pour la relance économique

Le printemps marque le début d'une période active de collaboration entre le ministère des Transports et les fournisseurs de bitume et producteurs d'enrobés bitumineux. Cette année ne fera pas exception avec l'annonce récente d'investissements de 6,4 milliards de dollars sur deux ans pour le maintien et l'amélioration de l'état du réseau routier. De cette somme, près de 1,5 milliard de dollars serviront à offrir à la population des chaussées en bon état.

Ces investissements considérables illustrent la volonté gouvernementale de contribuer au développement de l'économie et à la vitalité de toutes les régions du Québec. Grâce à la Loi concernant l'accélération de certains projets d'infrastructure, 40 chantiers deviendront des leviers pour la poursuite de la relance postpandémie.

Je veux rappeler l'importance de notre partenariat pour assurer la mobilité des personnes et des marchandises sur un réseau routier performant et durable. Un bitume de qualité représente un facteur indéniable de succès pour y arriver. Je salue l'industrie pour sa capacité à se renouveler et à s'adapter aux standards élevés du Ministère.

Le Québec a fait bonne figure dans l'étude comparative sur les enrobés menée par la firme Applied Research Associates en 2019 et 2020. Les résultats de cette étude démontrent que les pratiques en vigueur au Québec sont supérieures, ou équivalentes, à celles d'une dizaine de provinces canadiennes et d'États américains semblables à notre administration. Le Québec se démarque également des autres organisations sur le plan technique dans ses interventions. Il faut en être fiers.

Bien entendu, vous jouez un rôle essentiel dans l'atteinte de ce niveau d'excellence. Je vous en remercie et je vous incite à poursuivre dans cette voie.

François Bonnardel

Ministre des Transports
et ministre responsable de la région de l'Estrie



Le **Mot** du président de Bitume Québec

Chers amis, chères amies,

Le voilà enfin arrivé! Le soleil du printemps va remettre un sourire sur les visages après deux années d'incertitude et d'adaptation dues à la Covid-19. Et, vivement la levée de la plupart des restrictions sanitaires! Ce ne sera pas trop tôt, bien que nous nous soyons visiblement habitués à toutes ces contraintes. Je suis d'ailleurs très fier du comportement général des gens de notre industrie durant ce passage obligé. Cela dit, nous voilà maintenant prêts à lancer une autre saison de travaux.

L'hiver a semé son lot de difficultés sur notre réseau routier. Plusieurs cycles de gel et de dégel, sans compter un mois de janvier exceptionnellement froid ont causé un stress incroyable à nos infrastructures routières mettant à mal les chaussées tant dans nos villes et municipalités que dans celles du MTQ.

Avec la venue des premiers puissants rayons de soleil et le temps plus doux, le festival de nids-de-poule est réapparu. J'ai d'ailleurs eu l'occasion d'intervenir publiquement sur le sujet le 13 mars dernier, sur les ondes de LCN et TVA, dans les pages du quotidien Montreal Gazette, sur les ondes de Radio-Canada Abitibi, puis de COGECO au 104,7 fm, à l'émission Que l'Outaouais se lève. Cette situation nous préoccupe ainsi que les usagers au plus haut point. Comme vous pouvez le voir sur le site de Bitume Québec, la fiche technique Techno-Bitume n° 13, préparée par notre directeur technique M. Stéphane Trudeau et son équipe, traite de la cause fondamentale du phénomène mais surtout de l'approche curative optimale du phénomène. Cela a valu à Bitume Québec passablement de commentaires positifs venant des médias. Ce document technique est très complet et impose une conclusion selon laquelle **un entretien préventif continu** est la clé pour venir à bout de ce problème récurrent.

Notre message des dernières années commence définitivement à faire son œuvre dans les médias et le grand public.

En décembre dernier, lors de notre Formation technique annuelle (FTA), nous avons reçu plus de 260 personnes au magnifique hôtel Le Château Frontenac à Québec. Pendant trois jours, trente formateurs et conférenciers nous ont exposé les défis inhérents à la mise en œuvre des enrobés. Un conférencier venu de France a même tracé un parallèle entre les méthodes employées au Québec et celles utilisées dans son pays. De plus, la troisième journée, accessible de surcroît en visioconférence, a traité des défis municipaux en matière de pose d'enrobés et d'entretien des routes municipales. Ainsi, nous pouvons dire que notre association est toujours aussi proactive, active et pertinente.

En 2022, notre congrès annuel a eu lieu ce printemps à l'hôtel Germain de Baie Saint-Paul; un lieu devenu quasiment mythique pour nos assises annuelles. En plus de l'assemblée générale des membres, plusieurs conférences ont été données sur des sujets techniques autant qu'administratifs.

Par ailleurs, plusieurs dossiers d'importance, vont occuper la permanence et les membres de nos comités. En priorité, l'un d'eux, la réutilisation des granulats bitumineux récupérés (GBR), exigera beaucoup d'énergie de la part du comité technique. Son mandat consistera à établir les balises nécessaires afin d'adapter et d'uniformiser la pratique. Chez nos voisins du sud, incidemment, on incorpore environ 75 millions de tonnes de GBR dans les enrobés neufs. La technique est au point, mais pas encore assez utilisée au Québec. Il y a là pour notre industrie une belle opportunité : des milliers de tonnes supplémentaires pourraient être réutilisées, engendrant ainsi l'économie des ressources naturelles, la diminution des rebuts, la rentabilisation de l'énergie, la diminution du transport et l'amélioration des performances. Il est clair que sur le plan économique l'utilisation des



GBR est rentable. Il est certain qu'une ville, une municipalité ou une instance gouvernementale qui autorise l'utilisation des GBR bénéficiera d'une réduction des coûts de l'enrobé. Rappelons qu'il est recyclable à 100 %. Dans un contexte de maximisation des investissements, cette pratique pourrait nous conférer un avantage concurrentiel intéressant.

Je vous ai beaucoup parlé de recyclage en usine mais, cette année, nous ferons aussi la promotion des techniques de recyclage *in situ*. Restez à l'affût, des publications techniques sont en préparation.

Enfin, nous constatons avec joie cette année, que l'annonce des projets s'est faite passablement plus tôt que d'habitude, pour chacune des régions du Québec. C'était une de nos demandes incessantes des dernières années : comme quoi nous devons constamment répéter nos messages.

Des investissements routiers records seront faits sur l'horizon 2022-2024 dans toutes les régions, dont celles de la Capitale Nationale (525M \$ - Québec), de la Montérégie (772M \$) et de Montréal (1G \$) **pour un total de plus de 7 milliards de dollars (7,2G \$)**. Le budget du ministre des Finances Éric Girard se veut donc un autre pas louable pour la relance de l'économie postpandémie. Nous ne pouvons que nous réjouir. Voilà pourquoi nous avons publiquement salué ce que nous avons appelé le courage du gouvernement Legault qui, en outre, consacrera **30 milliards de dollars (30G \$) d'ici 2032 dans le réseau routier, sur les 142,5 milliards de dollars (142,5G \$)** prévus pour l'exécution du Plan québécois des infrastructures (PQI).

Avec ce budget, le Québec s'apprête à franchir un pas de géant. Depuis 2018-2019 notamment, ces investissements majeurs ont déjà permis de rattraper significativement une bonne part du déficit d'entretien, au moment où les efforts consentis ces deux ou trois dernières années ont permis de rattraper un bon bout de chemin en matière de réduction du déficit d'entretien établi à 18,5 milliards de dollars (18,5G \$) en 2020 et qui n'a de ce fait que peu augmenté, comparativement à une époque pas si lointaine, en étant aujourd'hui évalué à 19,4 milliards de dollars (19,4 G \$).

Nous avons donc la conviction que le budget Girard constituera un vrai coup de circuit en matière de qualité d'entretien des routes en se rapprochant d'une vraie politique d'entretien préventif continu du réseau routier.

En tout cas, c'est parti dans la bonne direction. Selon les prévisions, ces investissements permettront globalement d'éliminer environ 57 % du déficit de maintien d'actifs. Avec cette stratégie d'investissement, parions que notre réseau routier renouera avec un niveau d'excellence rarement atteint depuis 20 ans.

En définitive, il y a, oui, de quoi se réjouir autant chez nos membres que chez les usagers des routes; le réseau routier étant après tout la colonne vertébrale de notre économie nationale. En tout cas, tout cela met la table à une fort belle saison de travaux qui s'annonce et que nous vous souhaitons rentable à tous les points de vue, agréable, productive et sécuritaire.



Tytus Zurawski
Président





Le **Mot** de l'éditeur

Bonjour chers, chères collègues

Fidèle observateur du monde municipal, Via Bitume vous présente dans ce numéro un reportage exhaustif sur la municipalité de **Pointe-aux-Outardes**; ce petit joyau de la Côte-Nord! Son maire, Julien Normand, nous parle des défis qui sont les siens et ceux des élus en matière d'entretien du réseau routier de la municipalité.

Plusieurs sujets d'intérêt provenant de la Formation technique annuelle de Bitume Québec (FTA), de décembre dernier, au Château Frontenac de Québec, et dont la troisième journée fut consacrée entièrement à l'entretien des routes municipales, en grande première, y sont généreusement traités. Présentée en mode hybride, les personnes intéressées ont pu y assister virtuellement.

Que l'on parle de surveillance et de mesure de l'uni de surface (IRI); très importants pour le confort de roulement des usagers et la durée de vie des chaussées, de dégradation des chaussées, de leurs causes et des correctifs appropriés; tout y était pour ainsi se former une meilleure compréhension du phénomène, nous permettant ainsi de toujours mieux agir dans les circonstances. Les techniques d'entretien en milieu urbain, la gestion du réseau ainsi que de la priorisation des interventions retiennent aussi notre attention.

La mise en œuvre et le compactage des enrobés en milieu urbain, assortis de techniques d'entretien comme le retraitement en place de la chaussée, sont aussi au programme. Cette édition printanière fait également référence à un point très important : **le contrôle qualitatif lors de la mise en œuvre des enrobés**, de pleine conformité avec les devis et spécifications.

Que dire aussi de la gestion de la circulation lors de travaux. Nous déplorons tous les accidents survenus dans les chantiers qui ont entraîné des décès ou des blessures au personnel voué à la sécurité des travailleurs et des usagers.

Dans la chronique Environnement, il sera notamment question de l'application de la nouvelle réglementation environnementale.

La saison de pavage est donc maintenant à nos portes. Les budgets d'entretien et de construction des chaussées ont été dévoilés cette année passablement plus tôt qu'à l'accoutumée, ce qui nous aidera sûrement à peaufiner nos planifications. Il y a maintenant tout lieu de croire que ces investissements contribueront à améliorer à la fois nos routes et l'indice des chaussées en bon état.

D'autres événements d'importance sont en préparation chez Bitume Québec. Nous vous en tiendrons informés.

Sur ce, bonne saison à toutes et tous.

Renald Leclerc
Éditeur

AUTOROUTE URBAINE DANS LA RÉGION DE MONTRÉAL RENOUVELLEMENT DE LA COUCHE DE ROULEMENT À L'AIDE D'UN BBUM

À l'été 2020, des travaux de renouvellement de la couche de surface de l'autoroute 25 (A25) ont été réalisés dans la région de Montréal, à l'intérieur des limites de la concession A25, afin d'en restaurer les caractéristiques de surface. La technique à préconiser devait répondre à deux impératifs : la rapidité d'exécution, car les travaux devaient être effectués de nuit dans des délais courts ; le maintien dans le temps des caractéristiques de surface dans les seuils contractuels. Un enrobé de type béton bitumineux ultra-mince (BBUM) a été sélectionné pour satisfaire aux contraintes d'exécution des travaux et de comportement dans le temps.

Vue d'ensemble de la concession
A25 avec le pont de 1,2 km
enjambant la rivière des Prairies.



STUDIO ©

Avis de non-responsabilité

Ce document présente des informations résultant d'une analyse des données d'auscultations recueillies dans le tracé de l'autoroute 25 à l'intérieur des limites de la Concession A25. Les points de vue présentés dans cet article sont ceux des auteurs uniquement et ne prétendent en aucun cas représenter les points de vue et/ou les opinions des autres parties ou intervenants associés à la Concession A25.

AUTEURS

Jean-Martin Croteau
Directeur technique
Colas Canada Inc.

Patrice Richard
Directeur général
Entretien Miller Ltée

Denis Veillette
Responsable technique
Sintra Inc. (div. Ouest)

Kevin Bolduc
Responsable technique
Sintra Inc. (Lanaudière)

L'utilisation de BBUM en France et aux États-Unis remonte déjà à quelques décennies¹⁻³.

Le caractère unique du chantier de l'A25 est lié à la technique de mise en œuvre, qui permettait l'utilisation de matériels classiques et aux spécificités de la couche d'accrochage. En effet, cette dernière a été conçue pour éviter à la fois les remontées de liant dans les bandes de roulement causées par les sollicitations constantes des pneumatiques et les entailles de surface, en dehors des bandes de roulement, causées par un déneigement mécanique agressif. Cet article relate la démarche, entreprise avant les travaux, qui a conduit à la sélection d'un BBUM, l'élaboration d'un cahier des charges pour l'administration des travaux et les résultats obtenus pour l'uni et l'adhérence de la chaussée.

CONCESSION A25

L'A25 est une autoroute orientée nord-sud qui débute sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent et se dirige vers le nord sur 49 km dans la région de

Lanaudière. Le tronçon A25 nord entre les km 10,30 et 17,54 et le tronçon A25 sud entre les km 17,16 et 10,30 font partie de la concession A25 (figure 1).

Cette partie urbaine de l'autoroute, construite entre 2007 et 2011 dans le cadre d'un partenariat public-privé, est la section la plus récente. La portion de l'A25 située à l'intérieur des limites de la concession A25 est une autoroute à 2x2 voies qui comprend 35 km de chaussée, 11 ponts et 2 échangeurs. Les infrastructures de la concession comprennent également un pont à péage de 1,2 km enjambant la rivière des Prairies. En 2021, le trafic journalier moyen annuel y était de 50 618 véhicules, dont 12 % de poids lourds.

Le concessionnaire est, depuis juin 2018, Transurban, une société d'exploitation routière privée qui gère et développe des concessions routières urbaines à péage en Australie, au Canada et aux États-Unis.

Entretien Miller Ltée, société du groupe Colas, est une entreprise de travaux mandatée pour l'exploitation de la concession et l'entretien des infrastructures pendant la période de la concession, dont la rétrocession à la province du Québec est prévue pour 2042.



Figure 1 –
Emplacement de la concession
A25 au sein de l'autoroute 25.

CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE DE LA CHAUSSEE – EXIGENCES

L'accord de partenariat prévoit des exigences spécifiques pour les caractéristiques de surface des chaussées. Ces exigences concernent l'uni, l'orniérage, l'adhérence, la fissuration et les défauts ponctuels de faible envergure.

Les seuils spécifiques pour chaque caractéristique de surface (à l'exception des défauts ponctuels) sont donnés dans le **tableau 1**.

SUIVI DE L'ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE DE LA CHAUSSEE

L'uni de surface, l'orniérage et l'adhérence sont les principales caractéristiques de surface contrôlées pour suivre la détérioration de l'ouvrage. L'uni et l'orniérage sont mesurés chaque année, tandis que l'adhérence est mesurée tous les deux ans.

ÉVOLUTION DE L'UNI

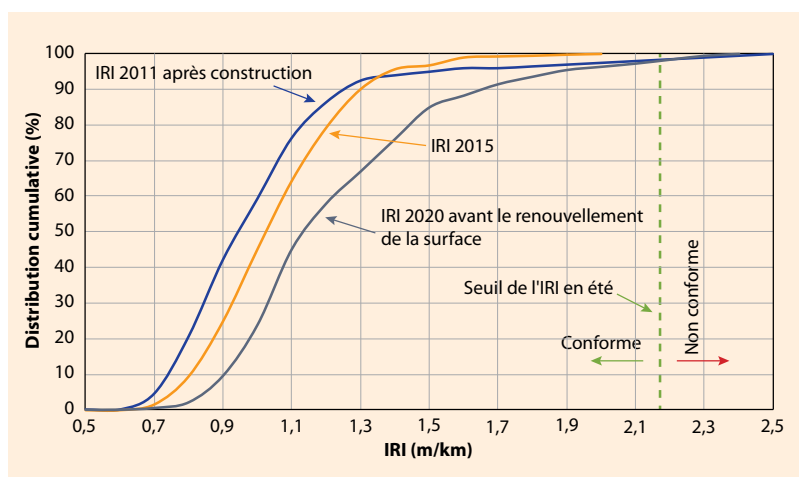
Par rapport à la valeur initiale de 2011, on constate en 2020 que le coefficient d'uni IRI de la chaussée se détériore en moyenne d'environ 0,02 m/km par année. Au démarrage de l'exploitation de la concession en 2011, 90 % des résultats d'IRI étaient de 1,22 m/km ou moins, alors qu'en 2020, cette valeur avait atteint 1,72 m/km.

La **figure 2** montre l'évolution de l'IRI depuis 2011 jusqu'au printemps 2020, avant la fin des travaux de remise en état visant à renouveler la couche de surface des voies de circulation des tronçons de l'A25 en concession.

Caractéristique de surface	Indice ou mesure	Seuil (segments de 100 m)	Fréquence des mesures et des rapports	Méthode d'essai	Nombre de segments admissibles
Uni	IRI (1)	< 2;2 m/km (2)	Annuel	ASTM E950 et ASTM E1926	276
Orniérage	Profondeur	< 8 mm (3)	Annuel	ASTM E1703 (4)	369
Adhérence	CFT (5)	> 55 (6)	Biennale	NF P 98-220-3, NF P 98-220-4 et méthode d'essai n° 50 du LCPC (7)	352
Fissuration (8)	Longueur	< 75 m (voies de circulation) < 200 m (épaules)	Annuel	Mesure	369

- (1) International Roughness Index.
- (2) Le seuil IRI pour l'hiver est < 3,0 m/km.
- (3) Pas d'orniérage localisé > 12 mm.
- (4) Non prescrit dans l'accord de partenariat, mais accepté comme méthode de mesure.
- (5) Coefficient de frottement transversal.
- (6) Aucune valeur CFT < 40 pour les sous-segments de 20 m.
- (7) Laboratoire central des ponts et chaussées.
- (8) Largeur de la fissure > 25 mm.

Figure 2 –
Évolution de l'IRI de 2011 à 2020.



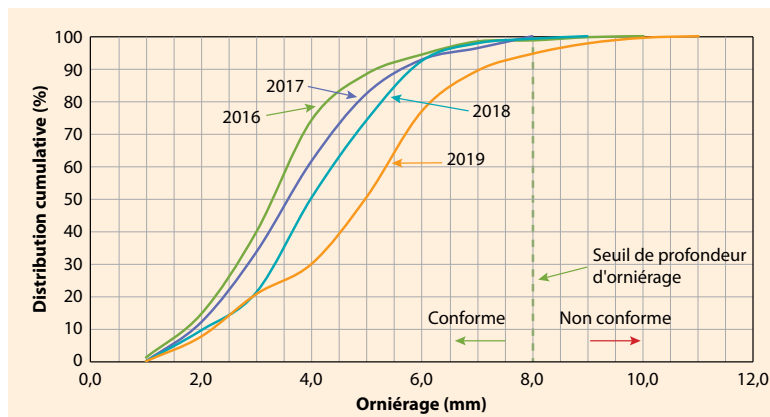
ÉVOLUTION DE L'ORNIÉRAGE

Le suivi de l'orniérage depuis la fin des travaux de construction jusqu'aux mesures effectuées au printemps 2019 indique que l'orniérage augmente en moyenne de 0,5 mm/an sur l'ensemble des 369 segments de la concession.

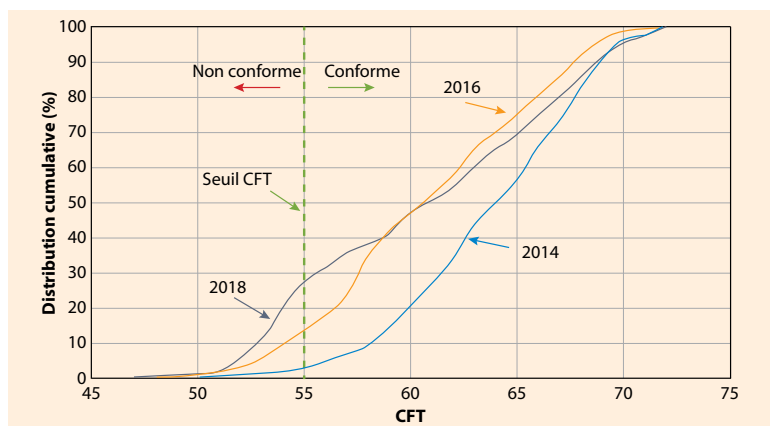
Une analyse détaillée indique que l'orniérage augmente à un rythme plus élevé de 0,8 mm/an dans les voies lentes. En 2019, 23 segments de 100 m, tous positionnés dans les voies lentes, avaient atteint une profondeur d'ornière supérieure au seuil de 8,0 mm, nécessitant ainsi des travaux de correction. À l'automne 2019, un micro-fraisage a été réalisé dans les voies lentes afin de rétablir un profil transversal satisfaisant dans les segments défectueux.

La **figure 3** illustre l'évolution de l'orniérage entre 2016 et 2019 avant les travaux correctifs de l'automne 2019.

—Figure 3—
Évolution de l'orniérage
pour les années 2016 à 2019.



—Figure 4—
Évolution du CFT pour 2014, 2016 et 2018.



Une analyse plus fine du suivi du CFT indique que les voies de dépassement (rapides) perdent environ 1,0 point par année, alors que, pour les voies lentes, la perte d'adhérence est de 2,0 points par année.

Les premiers signes de CFT se rapprochant du seuil de 55 ont été identifiés en 2014. En 2016, 41 segments, tous positionnés dans les voies lentes, présentaient des valeurs inférieures à 55. En 2018, le nombre de segments de 100 m non conformes était de 75.

Des travaux de correction ont été effectués à la fois en 2017 et en 2019 afin d'assurer une adhérence conforme à l'accord de partenariat.

La **figure 4** illustre l'évolution de l'adhérence dans le temps pour tous les tronçons de l'A25 en concession.

ENSEIGNEMENTS DU SUIVI DES CARACTÉRISTIQUES DE SURFACE

Le suivi des caractéristiques de surface a contribué à déterminer que l'adhérence était la caractéristique de surface déterminante pour les voies lentes, alors que l'orniérage était la caractéristique de surface déterminante pour les voies rapides.

En ce qui concerne le moment où la détérioration des caractéristiques de surface déclencherait la nécessité de faire des travaux correctifs majeurs, l'analyse des données de suivi a contribué à déterminer qu'un renouvellement de la couche de surface de la chaussée de toutes les voies serait optimal en 2020 pour corriger :

- les problèmes déjà existants et récurrents d'adhérence des voies lentes ;
- de manière préventive l'orniérage qui nécessiterait des travaux correctifs en 2022 dans les voies rapides.

SOLUTION POUR LE RENOUVELLEMENT DE LA COUCHE DE SURFACE

L'A25 est une liaison autoroutière urbaine fortement circulée entre Montréal et Laval. Par conséquent, la fermeture d'une voie ou toute entrave à la circulation routière doivent être programmées et totalement justifiées. Conformément à l'accord conclu entre le concessionnaire et le ministère des Transports du Québec, tous les travaux susceptibles d'entraver la circulation doivent être effectués de nuit dans des créneaux horaires restreints qui doivent se terminer tôt afin de permettre, de façon obligatoire, une réouverture à la circulation avant l'heure de pointe du matin.

Outre les contraintes d'exécution des travaux, la technique à préconiser se devait de fournir une pérennité acceptable des caractéristiques de surface, en particulier pour l'adhérence et l'orniérage.

L'adhérence optimale de la surface sur une chaussée humide est obtenue par la combinaison d'une macro et d'une micro-texture pour évacuer l'eau sous le pneumatique et rétablir ainsi des conditions de contact aussi proches que possible de celles d'une chaussée sèche. Plus la vitesse augmente, plus il est important de maintenir une macro-texture profonde et une micro-texture pérenne, car le temps d'évacuation de l'eau sous le pneu est réduit⁴.

En ce qui concerne la correction de l'orniérage, un rabotage partiel de la couche de surface a été préconisé afin de réduire le risque de post-compactage dans les ornières existantes. La technique classique de fraisage de la couche de surface avec mise en œuvre d'un enrobé de type semi-grenu a été envisagée, mais non retenue. L'absence de macro-texture associée aux enrobés semi-grenus québécois a été considérée comme un risque, d'autant plus que l'enrobé existant, déjà de ce type, avait montré des défaillances d'adhérence quelques années après sa mise en service en 2011.

Les défis liés au renouvellement de la couche de surface de l'A25 ont conduit à la sélection d'une technique d'enrobé de type béton bitumineux ultra-mince (BBUM) comme solution optimale afin de satisfaire à la fois les contraintes d'exécution des travaux et de pérennité de l'adhérence et de résistance à l'orniérage¹.

REVÊTEMENT EN BBUM

La technique de revêtement en BBUM est utilisée en France et aux États-Unis depuis le début des années 1990. Elle consiste à appliquer une couche d'accrochage à dosage élevé sur la surface fraisée, puis un revêtement en béton bitumineux 0/10 mm à forte discontinuité granulaire sur une épaisseur nominale de 20 mm.

Aux États-Unis, on se réfère à cette technique sous le vocable « *Ultra-Thin Bonded Wearing Course* » (anciennement connue sous le nom de Novachip) et les cahiers des charges américains imposent l'utilisation d'un finisseur à rampe intégrée.

En France, cette technique est connue sous le nom de béton bitumineux ultra-mince (BBUM) et elle peut être mise en œuvre avec un finisseur à rampe intégrée, comme aux États-Unis, ou avec un finisseur classique⁵.

L'application du BBUM sur l'A25 se rapproche de la technique française puisque l'utilisation d'un finisseur classique a été préconisée. Toutefois, un soin particulier a été accordé au dosage de la couche d'accrochage pour éviter à la fois les remontées de liant dans les bandes de roulement engendrées par les sollicitations constantes des pneumatiques et les entailles de surface causées par les lames des chasse-neiges hors bandes de roulement.

Une granularité 0/10 mm a donc été choisie pour le renouvellement de la couche de surface de l'A25. Le liant était un bitume modifié et la teneur en liant de l'enrobé était de 5,2 %, ce qui est typique pour un BBUM pour cette granularité. Le liant de la couche d'accrochage était une émulsion modifiée par des polymères.

DÉVELOPPEMENT DU CAHIER DES CHARGES

L'utilisation de la technique BBUM n'est pas courante au Canada. Il a donc été nécessaire de rédiger un cahier des charges complet pour s'assurer que les travaux se dérouleraient comme prévu.

Le contenu de ce cahier des charges s'est avéré être un ensemble de clauses techniques locales du ministère des Transports du Québec (MTQ)⁶, de clauses inspirées de cahiers des charges américains pour la technique « *Ultra-Thin Bonded Wearing Course* »⁷ et de spécifications/normes liées au BBUM français⁸.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Au début de la planification des travaux, l'utilisation d'un finisseur à rampe intégrée n'a pas été considérée comme une option souhaitable : ce matériel très spécialisé n'est ni couramment utilisé, ni facilement disponible au Canada. Il n'existait d'ailleurs pas de retours d'expérience locaux concernant la mise en œuvre d'un BBUM avec un finisseur classique, notamment pour protéger la couche d'accrochage des dommages potentiels liés à la circulation des engins de mise en œuvre du BBUM.

Il a donc été décidé d'effectuer une épreuve de convenance de mise en œuvre afin de déterminer si l'utilisation de matériels classiques donnerait les résultats escomptés. Cette épreuve, réalisée sur une rampe menant à l'A25 dans des conditions de travail similaires à celles prévues pour l'ensemble des travaux, s'est révélée être un succès moyennant quelques ajustements, en particulier pour la gestion de la propreté de la surface fraisée à améliorer pour assurer un bon collage de la couche d'accrochage à la surface fraisée.

De ce fait, les opérations de fraisage de l'enrobé existant devaient être effectuées au cours d'une première phase, puis les travaux de mise en œuvre du BBUM dans une seconde.

La séparation des travaux en deux phases a également contribué à atteindre deux objectifs :

- réduire le nombre d'activités par nuit dans des créneaux de travail déjà très courts ;
- permettre un nettoyage subséquent avec jet d'eau à haute pression ou par le trafic routier pour disposer d'une propreté du support fraisé suffisante et autoriser un bon collage de la couche d'accrochage.



PRÉPARATION DE LA SURFACE

La préparation de la surface consistait à fraiser les 20 mm supérieurs de la couche de roulement existante (**photo 1**).

L'action du trafic entre le fraissage et la mise en œuvre s'est avérée suffisante pour éliminer la poussière et les petites particules de la surface. La propreté a été validée à l'aide d'un essai d'aspiration qui a confirmé que la quantité de particules à la surface fraisée était inférieure à 50 g/m²⁹.

-Photo 1-
Texture du micro-fraisage
et redan de 20 mm aux abords
de la coupe de fraissage.



PLACEMENT ET PROTECTION DE LA COUCHE D'ACCROCHAGE

Le bon comportement dans le temps du BBUM est fortement lié au collage fourni par la couche d'accrochage pour éviter la perte de matériaux de surface, la délamination, le ressuage et/ou la perte excessive de macro-texture.

La cohésion du liant a également été jugée importante pour la couche d'accrochage et, à ce titre, une émulsion polymère a été spécifiée.

Comme cela a déjà été mentionné, le dosage en liant de la couche d'accrochage a été modulé pour éviter les remontées de liant dans les bandes de roulement, conséquence possible de la sollicitation des pneumatiques, et les entailles de surface, causées par les lames de chasse-neiges hors des bandes de roulement.

Le défi de la mise en œuvre du BBUM avec des matériels classiques réside dans une série de précautions à prendre afin d'assurer que la couche d'accrochage ne soit pas endommagée par les engins de chantier (**photo 2**). Il a donc été spécifié qu'une fois rompue, la couche d'accrochage devait être protégée à l'aide d'un voile anti-collage pour éviter les dommages associés aux pneus des camions et/ou aux chenilles du finisseur.

-Photo 2-
Couche d'accrochage avant
l'application du voile anti-collage.



PRODUCTION, MISE EN ŒUVRE ET CYLINDRAGE DU BBUM

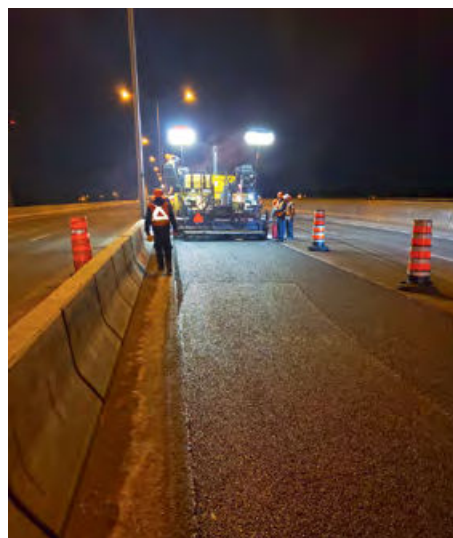
Le BBUM 0/10 mm a été fabriqué avec un gravillon de 5/10 mm, un sable de concassage 0/2,5 mm, un filler calcaire et un liant PG64H-28.

La production à la centrale d'enrobage ne différerait pas de manière significative de toute autre production d'enrobés bitumineux, à l'exception de l'ajout d'un filler calcaire, rarement utilisé pour fabriquer des enrobés canadiens classiques.

La mise en œuvre a été effectuée à l'aide d'un finisseur classique en vis calée pour maintenir une épaisseur nominale de 20 mm.

La mise en œuvre du BBUM en épaisseur réduite dépend fortement de la grande capacité d'« ancrage » de l'enrobé fournie par une couche d'accrochage riche, permettant ainsi un lissage du BBUM sans défaut derrière la table du finisseur. Le cylindrage a été réalisé à l'aide de compacteurs à bille double sans vibration (**photo 3**).

-Photo 3-
Mise en œuvre et cylindrage
du BBUM.



RÉSULTATS ET COMPORTEMENT DANS LE TEMPS

UNI

L'IRI moyen pour l'ensemble des segments de 100 m des tronçons de l'A25 en concession a évolué de 0,96 m/km après mise en service en 2011 pour atteindre 1,05 m/km en 2015 et 1,23 m/km en 2020 en amont du renouvellement de la couche de surface en BBUM.

Comme l'illustre la **figure 5**, le renouvellement de la couche de surface a consisté à micro-fraiser de façon partielle l'enrobé existant, puis à mettre en œuvre un enrobé bitumineux de type BBUM, ce qui a amélioré l'uni de façon significative. L'IRI moyen obtenu à l'issue du renouvellement de la couche de surface était de 0,76 m/km, soit une amélioration de 0,47 m/km par rapport à l'uni moyen de 1,23 m/km d'avant les travaux.

ADHÉRENCE

L'amélioration et la tenue dans le temps de l'adhérence des chaussées de l'A25 ont été des éléments clés qui ont conduit au choix de la technique BBUM, qui permettait d'obtenir une très bonne macro-texture et une excellente micro-texture à l'aide d'un gravillon ayant intrinsèquement une résistance au polissage particulièrement marquée.

Les gravillons utilisés pour produire le mélange provenaient de la carrière de Sintra sise à Saint-Alphonse, dans les Cantons-de-l'Est.

Le coefficient de polissage des gravillons de Saint-Alphonse, mesuré suivant la procédure d'essai LC 21-102 du MTQ Coefficient de polissage par projection¹⁰ (CPP), est de 0,57, ce qui est excellent considérant que la valeur minimale du CPP exigée dans la région de Montréal est de 0,50 pour les routes à fort trafic.

La macro-texture a été mesurée conformément à la norme ASTM E965 – 15 (2019) « Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique »¹¹. Au total, 139 mesures ont été faites lors de la mise en œuvre du BBUM et la profondeur moyenne de texture était de 1,7 mm. Dans le contexte canadien, il est rare d'obtenir des valeurs supérieures à 1,0 mm⁴.

Comme le montre la **figure 6**, les mesures d'adhérence effectuées en juin 2021 indiquent que la valeur moyenne du CFT est de l'ordre de 69 pour le BBUM, aucune valeur n'étant inférieure au seuil minimal de 55. Pour les sous-segments de 20 m, il n'y a également aucune valeur inférieure au seuil minimal de 40.

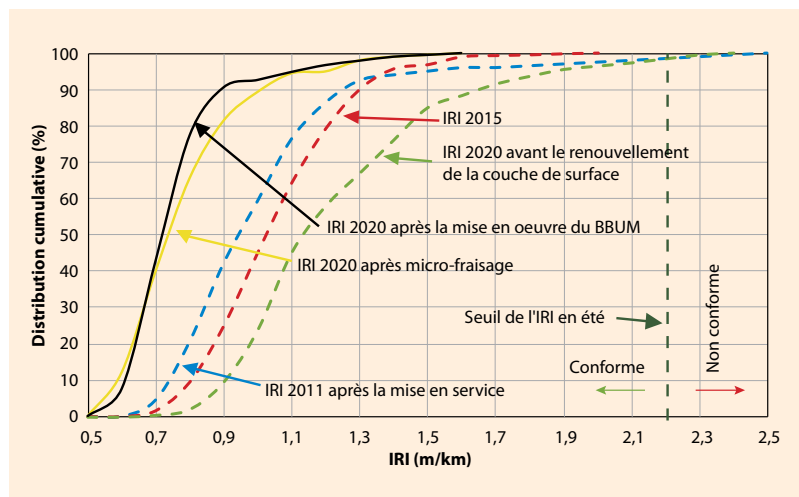
Il est difficile de déterminer avec certitude l'évolution du CFT du BBUM dans le temps. Cependant, comparé à la couche de surface précédente, qui avait sans doute une profondeur de texture en-deçà de 1,0 mm et un CPP de 0,5112, il est plausible que le BBUM, ayant une profondeur de texture moyenne de 1,7 mm et un CPP de 0,57, maintiendra une adhérence élevée et durable dans le temps, supérieure à celle de la couche de roulement précédente.

ORNIÉRAGE

Les suivis techniques ont indiqué que l'évolution moyenne de la profondeur de l'orniérage était d'environ 0,5 mm par an pour l'ensemble des

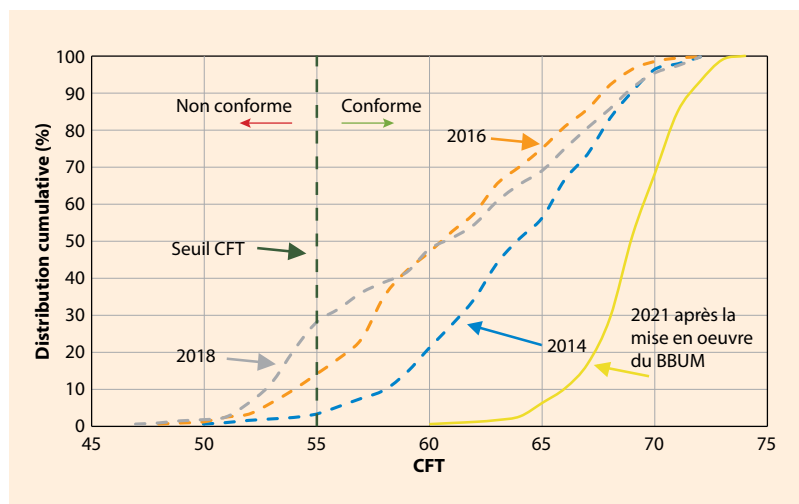
—Figure 5—

Évolution de l'IRI de 2011 à 2020, y compris l'IRI après micro-fraisage et la mise en œuvre du BBUM.



—Figure 6—

CFT pour 2014, 2016, 2018 et après la mise en œuvre du BBUM, c'est-à-dire en 2021.



369 segments. Ils ont également révélé que l'évolution de l'orniérage était plus rapide dans les voies lentes nord et sud, avec une augmentation plus près de 0,8 mm par an.

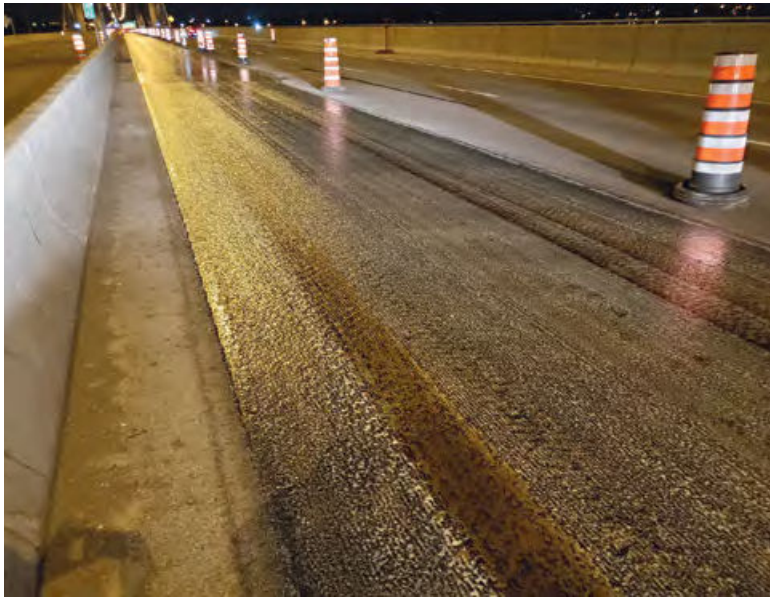
Les observations de comportements de la chaussée laissent supposer qu'il s'agit d'orniérage à petit rayon, essentiellement lié à l'usure occasionnée par les pneus à crampons puisqu'ils sont autorisés au Québec et que ce type de dégradation est observée ailleurs sur le réseau routier québécois.

ÉVALUATION DE LA LIAISON DES COUCHES FOURNIE PAR LA COUCHE D'ACCROCHAGE

Le comportement dans le temps des revêtements en BBUM est fortement lié au pouvoir de liaison de la couche d'accrochage.

La poussière générée par le fraisage a été identifiée comme un problème susceptible de pénaliser la liaison entre le BBUM et la surface fraisée.

-Photo 4-
Couche de protection anti-collage appliquée sur la couche d'accrochage.



-Photo 5-
Carotte extraite de l'A25 quelques mois après la mise en œuvre du BBUM pour mesurer l'adhésion des couches.



La quantité de poussière libre restée sur la surface fraisée avant l'application de la couche d'accrochage se chiffrait en moyenne à 23 g/m² dans les bandes de roulement et à 35 g/m² en dehors de ces dernières.

Sur l'ensemble des mesures, 90 % des résultats étaient inférieurs à 50 g/m². De plus, aucun défaut de décollement de la couche d'accrochage, dû à un excès de poussière, n'a été constaté lors de la mise en œuvre du BBUM (photo 4).

Comme l'utilisation d'un voile de protection anti-collage n'est pas une pratique courante en Amérique du Nord, le MTQ a proposé de mesurer la force de liaison des deux couches d'enrobé à l'aide de l'appareil de mesure d'adhésion des couches (AMAC)¹³ (photo 5).

Les résultats obtenus indiquent que la rupture de liaison se situe dans le liant de la couche d'accrochage (rupture de cohésion) pour 8 des 10 mesures effectuées. Dans un des cas, la rupture s'est faite à l'interface liant/support (rupture d'adhésion), alors que, pour le dernier cas, la rupture se trouvait dans l'enrobé bitumineux sous-jacent au BBUM. Dans tous les cas, la force de liaison était bien au-delà de 0,40 MPa, considéré par le MTQ comme adéquat pour garantir une bonne liaison inter-couches.

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

L'utilisation d'un revêtement en BBUM offre une multitude d'avantages fonctionnels en rétablissant les caractéristiques de la surface, mais également en réduisant l'impact environnemental relatif par rapport à un enrobé classique et calibré, placé à une épaisseur nominale de 40 mm, qui aurait pu être utilisé pour ce projet.

Une évaluation environnementale a été réalisée à l'aide du logiciel SEVE pour trois indicateurs : l'énergie procédée, les émissions de gaz à effet de serre (GES), et la préservation de la ressource¹⁴.

Chaque indicateur est défini comme suit :

- **« Énergie procédée.** Il s'agit de l'énergie primaire procédée qui présente la somme des énergies renouvelables et non renouvelables utilisées lors de la réalisation de l'ouvrage. On entend par "primaire" l'énergie nécessaire en amont pour disposer de l'énergie chez le client final. On entend par "procédée" l'énergie effectivement consommée : on ne compatibilise donc pas l'énergie matière. »

- **« Émissions de gaz à effet de serre.** Cet indicateur rend compte de l'impact sur le changement climatique. On somme les flux correspondants aux émissions de gaz à effet de serre dans l'air pour tous les matériaux mis en œuvre, mais également toutes les opérations nécessaires au projet et tous les transports. Cet indicateur tient compte des émissions de CO₂, CH₄ et N₂O converties en équivalent CO₂. »

- **« Préservation de la ressource.** Cet indicateur comptabilise les tonnes de granulats naturels consommés sur le site, et permet ainsi de mesurer les quantités de granulats naturels économisées d'une solution à l'autre. »

Les résultats concernant ces trois indicateurs pour le BBUM sont fournis dans les **tableaux 2, 3 et 4**¹⁵, comparativement à une solution traditionnelle en enrobé classique semi-grenu (ESG) mis en œuvre sur une épaisseur de 40 mm.

CONCLUSION

Des travaux de remise en état de la chaussée ont été réalisés sur l'A25 dans la région de Montréal au cours de l'été 2020 afin de restaurer les caractéristiques de surface des chaussées.

La technique à préconiser devait répondre à deux impératifs : la rapidité d'exécution, car les travaux devaient être réalisés de nuit dans des délais courts, et le maintien dans le temps des caractéristiques de surface en dessous des seuils de l'accord de partenariat.

La sélection de la technique de renouvellement de la couche de surface de l'A25 s'est appuyée sur l'analyse des données d'auscultation, qui ont fourni les éléments nécessaires à la compréhension de l'évolution dans le temps des caractéristiques de surface de l'A25 depuis sa mise en service en 2011. Il a été constaté que l'évolution de l'uni est restée bien en deçà du seuil spécifié dans l'accord de partenariat, tandis que, pour l'orniérage et l'adhérence, les valeurs seuils ont été atteintes pour quelques segments de 100 m après seulement quelques années de service.

-Tableau 2-
Énergie procédée (en MJ).

Solutions	Extraction des matériaux	Transport jusqu'à l'usine	Production de mélanges	Transport vers le chantier	Mise en place et compactage	Transport hors site	Total	Différence (%)
ESG	3 562 904	458 259	3 070 430	86 717	2 882 214	133 333	10 193 857	
BBUM	2 002 827	550 610	1 447 020	69 545	1 996 846	66 667	6 133 515	-39,8

-Tableau 3-
Émissions de GES (en tonnes de CO₂eq.).

Solutions	Extraction de matériaux	Transport jusqu'à l'usine	Production de mélanges	Transport vers le chantier	Mise en place et compactage	Transport hors site	Total	Différence (%)
ESG	226	37	201	7	226	11	708	
BBUM	125	44	95	6	158	6	434	-38,8

-Tableau 4-
Préservation des ressources naturelles (en tonnes).

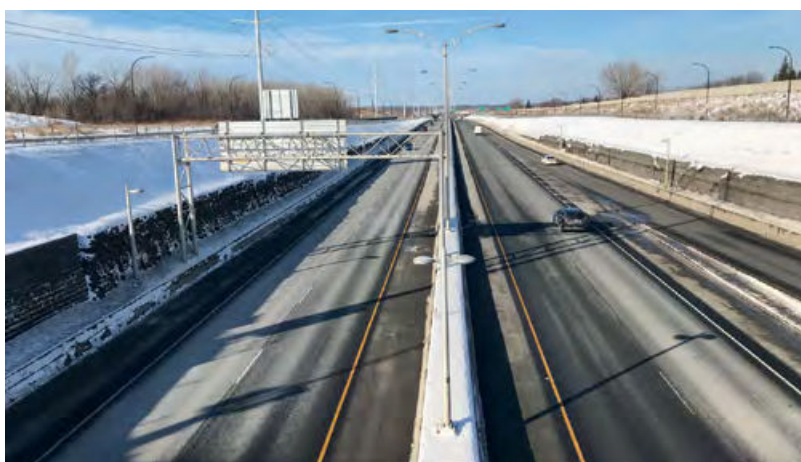
Solutions	Granulats neufs	Matériaux recyclés	Agrégats d'enrobé	Réutilisation des sols du site
ESG	9,052	-	1,007	-
BBUM	5,042	-	0	-
Différence (%.)	-44,3	Non applicable	+100,0	Non applicable

-Photo 6-
BBUM après quelques mois de service, dans des conditions hivernales.

Les défis liés au renouvellement de la couche de surface de l'A25 ont conduit à la sélection de la technique d'enrobé de type BBUM. Cette technique a permis de rétablir les caractéristiques de surface de l'A25 à des valeurs égales ou supérieures à celles obtenues après la mise en service initiale 10 ans auparavant : la valeur moyenne de l'IRI obtenue était de 0,76 m/km et le CFT a été rétabli à une moyenne de 68,9, sans aucune valeur inférieure au CFT minimum de 55.

Bien que les caractéristiques de surface à l'aide de la technique BBUM restent excellentes, on ne saurait trop insister sur l'importance de la couche d'accrochage pour l'obtention d'un bon comportement de cette technique dans le temps. Le bon collage de la couche d'accrochage au support et sa préservation complète pendant la mise en œuvre sont indispensables pour favoriser la pérennité de l'ouvrage. Les mesures de la force de liaison des deux couches d'enrobé effectuées sur plusieurs carottes ont révélé d'excellents résultats et confirmé que les précautions prises pendant la mise en œuvre ont été efficaces (photo 6).

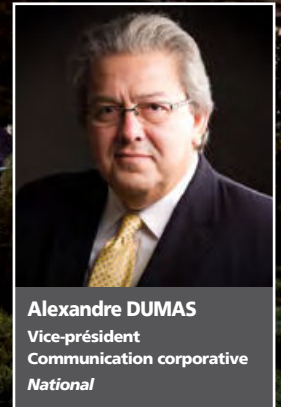
L'évaluation environnementale de la technique BBUM par rapport à un enrobé semi-grenu traditionnel mis en œuvre à une épaisseur de 40 mm favorise largement le BBUM. En effet, l'évaluation réalisée à l'aide de l'éco-comparateur SEVE indique une réduction de près de 40 % de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. La réduction de l'utilisation de granulats neufs est de près de 45 % par rapport à un enrobé semi-grenu traditionnel. ■



RÉFÉRENCES

1. Y. Brosseaud, R. Abadie, R. Legonin, « Couche de roulement très minces et ultra-minces en matériaux bitumineux à chaud - Bilan d'emploi et de comportement », *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées*, 207, 55-71, 1997.
2. L. Pierce, J. Uhlmeier, J. Weston, "NOVACHIP® Post Construction/Performance Report", Washington State Department of Transportation, Olympia, Washington, 2003.
3. D. Hanson, "Construction and Performance of Ultra-Thin Bonded HMA Wearing Courses", National Research Council, Transportation Research Record 1749, Washington DC, 53-59, 2001.
4. Idrim, *L'adhérence des chaussées - État de l'art et recommandations*, Cerema, 2015.
5. Colas SA, « Rugoflex », Avis technique, Boulogne-Billancourt, 2015.
6. « Cahier des charges et devis généraux - Construction et réparation », ministère des Transports du Québec, Québec, 2018.
7. "Standard specification for construction", Volume 1, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, Minnesota, 2020.
8. NF EN 13108-9, « Mélanges bitumineux - Spécifications des matériaux - Partie 9 : enrobés pour couche ultra-mince (AUTL) », 2016.
9. A. Destrée, « Les techniques de protection de la couche de collage et leurs effets sur l'adhésion intercouche », RGRA n° 963, mai 2019.
10. LC 21-102, « Coefficient de polissage par projection », *Recueil des méthodes d'essais LC*, Laboratoire des chaussées, ministère des Transports du Québec, Les Publications du Québec, Québec, 2019.
11. Norme 4101, « Liant bitumineux - Bitumes », ministère des Transports du Québec, Québec, 2019.
12. N. Sahraoui, P. Lamothe, « Lettre - Vérification des formules d'enrobés bitumineux », Co-entreprise QSQ, Laval, Québec, 20 mai 2011.
13. « Mesure de la force de liaison entre deux couches d'enrobé », *Bulletin d'information technique*, ministère des Transport du Québec, Québec, Vol. 10, n° 7, juillet 2005.
14. « Système d'évaluation des variantes environnementales - SEVE v3 », www.seve-tp.com, juillet 2005.
15. « Chantier A25 - Comparaison ESG 0-10 mm au BBUM 0-10 mm », Rapport CST, Colas SA, juin 2021.

Pointe-aux-Outardes



Alexandre DUMAS
Vice-président
Communication corporative
National

la Magnifique fière nord-côtière!

S'étendant sur un territoire de 111,4 km², la municipalité de Pointe-aux-Outardes est l'une des huit municipalités membres de la MRC de Manicouagan – Côte-Nord. Sa population compte 1332 citoyens, de 41, 9 ans d'âge moyen, francophones de surcroît à raison de 99,2 % : des citoyens que l'on appelle les Outardéennes et Outardéens.



Occupée depuis les années 1850 selon des fouilles archéologiques, municipalisée en 1964, celle-ci tire son nom de la baie-aux-Outardes, située sur la route migratoire de la bernache du Canada dans la péninsule de Manicouagan qui, elle, couvre une superficie de 232 km². En clair, Pointe-aux-Outardes se déploie sur une péninsule, une presqu'île, de 14 kilomètres longeant le fleuve. Voilà pourquoi plusieurs observateurs de la scène municipale tant régionale que nationale lui ont accolé l'épithète de « **la Magnifique** », d'autres diront, **Pointe-aux-Outardes**, la Superbe. Rares sont les municipalités qui peuvent se targuer de jouir de 25 kilomètres de plage le long du littoral et la rivière Outardes où l'on retrouve un Parc Nature, visité par plus de 17 000 touristes annuellement, longeant les berges du Fleuve Saint-Laurent, et qui est une sorte de réserve faunique d'exception (un nichoir) habitée par plus de 200 espèces d'oiseaux. Ce parc nature a ceci de particulier qu'il est traversé par un sentier sur la flore nord-côtière long de 1,5 km.

On peut le parcourir aisément grâce à ses trottoirs de bois. Et tout cela est offert aux résidents comme aux touristes et villégiateurs avec une formidable vue sur la mer!

Point n'est besoin de préciser que l'influence marine est omniprésente dans ce territoire. Un marais salant aménagé permet l'observation de dunes, d'une pineraie et d'une fabuleuse population d'oiseaux. La municipalité est aussi l'une des privilégiées qui profite de l'un des rarissimes ponts couverts de la Côte-Nord, érigé entre 1937 et 1947; ce pont couvert nommé Émile-Lapointe, d'une longueur de près de 32 mètres, est situé dans le hameau de Baie-Saint-Ludger.

Il est même l'un des plus anciens ponts couverts au Québec. Cela est sans conteste l'un des attraits touristiques uniques qui participent à conférer une identité exclusive à Pointe-aux-Outardes avec de hautes battures qui ceignent la péninsule où les plaisirs d'une baignade agréable ont droit de cité, à marée montante, durant la saison estivale.

Bref, d'un point de vue nature et environnement, **Pointe-aux-Outardes** s'apparente à **un décor cinématographique de rêve** dans lequel s'entremêlent les pastels jaune, ocre et bleu azur de la mer. Un décor qui rappelle que le ciel s'y marie avec la mer, pour emprunter le titre d'une célèbre chanson québécoise d'une autre époque. Voilà bien l'une des assises sur laquelle Pointe-aux-Outardes va s'appuyer pour développer le tourisme à la couleur de son patrimoine au cours des prochaines années.



UN DÉFI

Si les défis et les enjeux y sont nombreux, l'un des plus grands qui se posent au maire Julien Normand et ses conseillers, c'est bien celui de la réhabilitation et de la stabilisation du réseau des routes municipales. Sur un fond composé d'argile, de tourbe et d'eau, le réseau des routes et chemins municipaux s'avère d'un entretien vraiment complexe. Et il en a bien besoin! Pointe-aux-Outardes vit une situation unique, en fait. On a à faire ici à 34 km de routes, chemins et de rues dont 20 km partiellement asphaltés incombent à la responsabilité de la municipalité; les 14 kilomètres restants étant sous la juridiction du ministère des Transports (MTQ).

De l'avis même du maire Normand, le réseau municipal est on ne peut plus particulier, assez bigarré même diront certains. Au fil des ans, la municipalité a rapatrié sous son égide six secteurs qui se sont développés en raison de l'engouement de résidents férus de nature et de villégiature. Ajoutés à cette mosaïque la présence de plusieurs places résidentielles issues de terres morcelées, trois campings dont un de 300 terrains et un parc de maisons mobiles notamment : il n'en faut pas plus pour créer d'incroyables maux de tête en termes d'urbanisme, de planification et d'harmonisation des services municipaux.

UNE SITUATION FINANCIÈRE CONTRAIGNANTE

Avec une assiette fiscale composée de revenus tirés exclusivement de l'impôt foncier et de la taxe d'accise (TECQ), il est devenu quasiment utopique d'envisager le pavage ou la reconstruction de routes et chemins municipaux dont l'importance a crû avec la mutation de ce qui fut un lieu de villégiature à l'époque mais dont les chalets ont été remplacés par des maisons d'une valeur de 200K \$ et plus. Inutile de dire que des propriétaires veulent avoir des routes carrossables et des rues asphaltées.

La municipalité doit composer avec un budget municipal qui ne lui laisse que peu ou pas de marge de manœuvre financière.

Et le constat ne change pas d'année en année, à raison de plus qu'avec ce réseau de routes et chemins, Pointe-aux-Outardes ne peut qu'en financer les travaux d'urgence, sans compter les coûts reliés à la gestion de l'eau, avec deux stations de pompage. À court terme, il faudra investir 1,3M \$ rien que pour la mise à niveau d'une des stations de pompage. Voilà donc un « joyeux casse-tête pour le conseil municipal »! Des efforts majeurs sont toutefois consentis bon gré, mal gré, de poursuivre le maire Normand, en matière de travaux publics : 350K \$, soit 18 % du budget total annuel d'un peu moins de 2M \$, excluant une enveloppe discrétionnaire occasionnelle dispensée par le député provincial, doit tenir compte aussi des coûts d'entretien des chaussées, de coûts d'éclairage et de déneigement. Deux études d'ingénierie menées par des firmes externes de génie civil ont vu leurs conclusions administrer récemment un véritable électrochoc au maire et à son conseil : pour **refaire un tronçon de 7 km** menant au camping et au secteur de Baie St-Ludger, un **budget de 7M \$** devrait être alloué. Il faut dire que





certain chemins situés dans des savanes faisant place à des fondations faites de fossés, de travers de bois (arbres) et de gravier n'améliorent pas le rendement potentiel de l'asphalte qui n'offre que peu ou pas de stabilité dans ce contexte pour le moins particulier. Pour l'heure, un règlement d'emprunt pourrait être envisagé pour la remise à niveau de 3 ou 4 km de la route de Baie St-Ludger et une partie du chemin de la rue Labrie. Pour ce faire, la MRC de Manicouagan devra identifier ces secteurs comme prioritaires pour avoir accès au programme d'aide PAVL du ministère des Transports du Québec qui sera la seule solution avec les méthodes de surfacage économique actuellement utilisées pour des secteurs de moindre achalandage.

« En conclusion, le financement d'un budget de 7M \$ pour les routes serait carrément utopique dans les circonstances, et le cas échéant, entraînerait une dette insupportable, à vie, pour les générations futures » a rappelé le maire Normand, ajoutant qu'un tel scénario est totalement illusoire, à moins, dira-t-il mi-sérieux, mi-badin, que Pointe-aux-Outardes n'hérite d'un super-gros lot de Loto-Québec! Impossible donc d'y arriver, poursuivra monsieur Normand en stipulant que le budget consacré à l'entretien des routes municipales, notamment celles qui ont été transférées aux municipalités par le MTQ en 1993, est de 50K \$ par année, plutôt que de 100 à 125 K \$, minimalement.



UNE FIERTÉ !

Malgré les embûches et les contraintes multiples, le conseil municipal, à commencer par le premier magistrat, tire par ailleurs une fierté bien légitime et à toute épreuve dans la foulée de la réalisation du projet hors-normes reliés aux travaux effectués pour contrer l'érosion des berges. L'année 2021 a marqué un précédent avec le parachèvement de l'opération de recharge de sable qui a entraîné sur les berges de la municipalités l'utilisation de plus de 300 000 tonnes de matériel de recharge ainsi déversées sur la plage : un mélange de sable et de pierres rondes vise à protéger une portion de 1,3 kilomètre de plage sur la rue Labrie, où 76 propriétés étaient jusque-là menacées par l'érosion qui faisait disparaître dans le fleuve 0,8 mètre de terrain à chaque année.

Le site sera entièrement réhabilité au printemps 2022, lui redonnant ainsi sa vocation originelle et un accès aux battures de sable à perte de vue à marée basse.

Cet ouvrage gigantesque a été rendu possible avec pas moins de 15 000 chargements de camions, et réalisé conformément aux devis et échéancier au coût de 10,3M \$.

Aidée par le service d'ingénierie de la Fédération Québécoise des Municipalités (FQM), Pointe-aux-Outardes a ainsi pu bénéficier de l'aide financière gouvernementale pour la réalisation de ce grand projet.

Une sorte d'audit sera mené par l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) et va se pencher sur la forme et le relief de la plage au cours des



cinq prochaines années alors que les experts de L'Université Laval évalueront les impacts que la recharge de plage pourrait engendrer sur la vie des fonds marins dans le fleuve Saint-Laurent.

ÉCONOMIE, INDUSTRIES ET DÉVELOPPEMENT

Si la municipalité carbure à la nature et à la villégiature, son moteur économique est tout aussi vibrant et axé sur le développement en harmonie avec cet environnement. Quelques projets importants sont dans la mire des élus : la reprise des opérations forestières dans le secteur Nord de la rivière Outardes permettra l'ajout d'un quart de travail à la Scierie de RESOLU. La transformation des copeaux, la production des patates de semences, l'exploitation de l'argile et ses dérivés, de la tourbe, la production de petits fruits (bleuetière, arbres fruitiers), la culture en serres sont également en déploiement. Ce sont donc des

projets prometteurs. Et que dire, en plus, des divers attrait touristiques et du Parc Nature qui font la fierté de la grande région de la Manicouagan.

Ce sont quelques millions de dollars d'investissements qui viendront ainsi consolider la croissance économique espérée qui s'appuiera sur la définition d'une première politique stratégique de développement du territoire. Celle-ci tracera des objectifs clairs en matière d'offre touristique, de loisirs et culture, d'ainé.e.s et d'accueil de nouvelles familles dans l'ensemble du territoire dont 50 % est zoné agricole; ce qui laisse place à la venue et l'expérimentation de concepts relativement nouveaux comme des minifermettes, ou des minimaisons, qui sait?

Comme il n'existe que très peu de terrains disponibles, le maire Normand et son conseil entretiennent aussi le projet de pouvoir racheter des terrains, propriétés du ministère des Ressources naturelles (MRN), à proximité des routes, pour la construction résidentielle et également industrielle.

Ce pourrait être le premier pas vers un développement résidentiel original avec la construction de minimaisons qui suscite beaucoup d'engouement auprès de nombreux jeunes citoyens en quête d'une première propriété. Pour la municipalité, cela offre une double valeur ajoutée, avec l'un des plus bas taux de taxation foncière, à 1,04 \$/100 \$ d'évaluation. On y entrevoit le développement d'une économie de proximité.

« À terme, cette stratégie engendrera l'émergence de 25 à 30 nouveaux terrains alors que l'inventaire de sites construisibles est actuellement au plus bas, avec seulement 3 terrains » dira avec espoir le maire Normand, soulignant qu'il en est de même dans le parc industriel où il n'y a plus aucune disponibilité.





Voilà pourquoi la municipalité devra faire preuve de créativité, de perspicacité et de vision pour l'avenir. Dans cette optique, c'est la Société de développement de Pointe-aux-Outardes, dont la mission et la gouvernance seront renouvelées, qui sera chargée dans l'avenir de mettre en place et gérer la nouvelle politique de développement, à raison de plus que cet organisme à but non-lucratif (OBNL) a déjà le mandat premier de favoriser le développement et l'essor économique sur le territoire de la municipalité, en plus d'en faire la promotion ainsi que la gestion de la vente de terrains.

Cette approche globale verra à s'arrimer en harmonie avec le tissu industriel existant qui s'appuie et s'articule autour de la Scierie des Outardes de Produits forestiers Résolu, près de Baie-Comeau, qui est la plus importante du genre de l'Est du Canada. Que dire aussi du Centre de recherche Les Buissons qui développe des variétés de pommes de terre plantées partout au Canada et ailleurs dans le monde, en plus des petits fruits des champs dont la Chicouté.

SEMBEC (anciennement Les Semences Érites du Québec), spécialisée dans la production de pommes de terre de semence de premières générations de haute-qualité, ajoute une activité qui vient en soutien à l'industrie de la semence au Québec par le développement d'échanges et de relations d'affaires entre les différents partenaires.



L'AVENIR

Avec l'occupation de 50 % du territoire de la MRC Manicouagan, dans un contexte non dévitalisé, Pointe-aux-Outardes est résolument tournée vers l'avenir : un avenir qui s'annonce marqué par la croissance contrôlée de sa population et de son économie découlant d'un pouvoir d'attraction amplifié par la mise en valeur de son circuit de pistes cyclables de 14 km, le long du fleuve, et qui aboutit, en boucle sur 45 km, à l'autre pôle de la péninsule, la municipalité de Pont-Lebel, avec une connexion à la Route verte via la 138.

Pointe-aux-Outardes fonde aussi l'espoir, à court ou moyen terme, de voir naître, en coopération avec les sept autres municipalités de la MRC, un service de transports en commun intermunicipal à la grandeur de la MRC qui pilote incidemment une étude en ce sens, avec une seconde phase qui pourrait aussi introduire un système intramunicipal de transports en commun. Avec autant de projets associés à une vision bien sentie du développement municipal, on peut sans ambages affirmer que la municipalité a le vent dans les voiles! Et, il y a fort à parier que « **la Magnifique** » **municipalité de Pointe-aux-Outardes** pourrait bien devenir un jour prochain l'attrait n° 1 dans l'Est du Québec.

PAVEZ FACILEMENT ET RAPIDEMENT



Le nouveau véhicule de transfert Weiler E2850 de la série C permet un asphaltage sans contact et en continu pour obtenir des routes lisses et durables.

- ➔ **PLUS D'ASPHALTE ACHEMINÉ À LA PAVEUSE**, grâce au convoyeur de déchargement de 36 pouces. La pose d'asphalte se fait de façon continue ce qui permet de couvrir une plus grande distance rapidement et de ralentir l'usure sur les convoyeurs qui tournent plus lentement.
- ➔ **PLUS DE PORTES D'ACCÈS**, qui sont aussi plus grandes, afin de faciliter le nettoyage après le travail. Une porte de nettoyage sous les vis de la trémie est également accessible.
- ➔ **LES BARRES TRANSVERSALES DE NOS CONVOYEURS SONT RENFORCÉES** dans les coins par un revêtement dur obtenu à l'aide d'une soudure résistante à l'abrasion, afin de prolonger leur durée de vie.



 **Toromont Cat est votre concessionnaire exclusif d'équipements de pavage Cat® et de produits Weiler.**

438-777-4329 | toromontcat.com/Weiler

TOROMONT





Caroline LACHANCE
Ing. M. Env. EESA, VEA
Chargée de projets,
Ressources Environnement Inc.

Nouvelles obligations pour le dépôt d'une demande d'autorisation environnementale

L'établissement et l'exploitation d'une usine de béton bitumineux ou d'autres activités industrielles sont soumis à une autorisation en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Depuis le 31 décembre 2021, une nouvelle démarche doit être suivie pour le dépôt des demandes relatives aux autorisations environnementales. Les anciens formulaires qui étaient utilisés pour la présentation de la demande d'autorisation au MELCC ne sont plus disponibles sur le site Web du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et ne peuvent plus être utilisés. Ils ont été remplacés par une série de nouveaux formulaires obligatoires. Toute demande d'autorisation ministérielle transmise par la poste sera retournée au demandeur et les demandes d'autorisation ministérielle reçues par courriel ne sont plus traitées.

Le 31 décembre 2021 marque la mise en œuvre des exigences en matière de recevabilité des demandes d'autorisation ministérielle et des exigences en matière de prestation électronique de service.

Cadre légal

Le MELCC a modifié en profondeur son régime d'autorisation environnementale dans le but de le rendre plus clair, plus simple et plus prévisible. Ce régime, mis en place par l'adoption de la LQE (chapitre Q-2 ; « LQE ») en 1972, n'avait pas été révisé depuis près de cinquante ans. La majorité des dispositions de la nouvelle LQE sont entrées en vigueur le 23 mars 2018. L'article 23 de la LQE permet au législateur d'exiger au demandeur d'une autorisation de fournir un certain nombre de renseignements et de documents. Le Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement

(REAFIE) est un des maillons essentiels de la démarche gouvernementale pour mettre en œuvre le nouveau régime d'autorisation. Il vient encadrer les activités en fonction de leur niveau d'impact sur l'environnement, mais n'a pas pour objectif de revoir les normes environnementales prévues par d'autres règlements.

Depuis son entrée en vigueur le 31 décembre 2021, l'article 10 du REAFIE complète l'article 23 de la LQE en spécifiant l'utilisation obligatoire des formulaires du MELCC et la transmission obligatoire par voie électronique des demandes d'autorisation. Le REAFIE contient l'application des exigences relatives à la recevabilité d'une demande d'autorisation, de modification et de renouvellement. Il dresse une liste des renseignements et des documents requis pour le dépôt d'une demande d'autorisation ministérielle afin qu'elle soit recevable.

Les formulaires obligatoires

L'utilisation des nouveaux formulaires disponibles sur le site Web du MELCC est obligatoire depuis le 31 décembre 2021. Les formulaires viennent préciser les attentes du REAFIE. On peut télécharger les formulaires sur la page du site du MELCC : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/autorisations/autorisations-ministerielles.htm>.

On dénombre environ 95 nouveaux formulaires rendus disponibles pour l'entrée en vigueur des exigences du REAFIE. Pour s'y retrouver, le MELCC présente l'arborescence des formulaires. Ce schéma et d'autres explications peuvent être consultés sur la page du site du MELCC. Des capsules vidéo et des présentations peuvent être visualisées.



Référence : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/autorisations/autorisation-ministerielle/webdiffusion/webdiffusion-survol-changements-automne.pdf>

En résumé, il faut retenir qu'il y a d'abord trois formulaires obligatoires à remplir pour chaque demande. Ce sont les trois formulaires généraux :

1. Identification des activités et des impacts
2. Identification du demandeur
3. Description du projet

En particulier, le formulaire « Identifications des activités et des impacts » est celui qu'il faut remplir avant tout autre formulaire. Il permet d'identifier tous les formulaires à remplir pour présenter la demande, soit des formulaires d'activités, de description d'impacts et des formulaires complémentaires à la description du projet. Alors la démarche pour la préparation de la demande sera de commencer par remplir les formulaires généraux obligatoires et, au besoin, les formulaires optionnels, ensuite remplir les formulaires sur les activités applicables et les formulaires sur les impacts ou les formulaires complémentaires à la description du projet. L'ensemble des formulaires et renseignements constituera la demande à transmettre au MELCC.

Le Service en ligne

Le dépôt de la demande d'autorisation complète et recevable doit se faire en utilisant le Service en ligne du MELCC. Les demandes par courriel et par la poste ne sont plus acceptées.

Le Service en ligne est une plateforme électronique par laquelle tous les documents de la demande d'autorisation doivent être déposés. Le Service en ligne est un service à plusieurs niveaux de sécurité. Pour accéder au Service en ligne, il faut franchir les étapes de sécurité qui requièrent d'abord une authentification dans ClicSEcur. Le parcours d'inscription conduira à une inscription auprès du MELCC. Un code d'utilisateur pour ClicSEcur avec des droits d'accès restreints permettra d'accéder au Service en ligne du MELCC seulement.

Depuis le 31 décembre 2021, toutes les entreprises et tous les citoyens qui demandent une autorisation doivent avoir un compte ClicSEcur pour s'authentifier et accéder au Service en ligne du MELCC afin de transmettre leur demande.

La recevabilité

À la suite du dépôt de la demande d'autorisation en utilisant le Service en ligne, l'équipe de recevabilité, formée de représentants du MELCC, fera l'évaluation de la recevabilité de la demande d'autorisation ou de modification d'autorisation à partir des documents déposés. Toute demande ne comprenant pas les renseignements et les documents déterminés par règlement ou

ne satisfaisant pas aux conditions et modalités qui y sont prévues ne sera pas recevable pour analyse par le ministre.

Si la demande est recevable, un avis contenant les instructions pour régler les frais exigibles sera envoyé au demandeur. Dès que le paiement aura été reçu, la demande sera dirigée vers le coordonnateur de la direction régionale du MELCC pour son analyse. Le paiement sera donc exigé après la confirmation de la recevabilité.

Si la demande n'est pas recevable, l'équipe de recevabilité communiquera avec le demandeur pour lui indiquer quels éléments manquent à la demande. Une fois ces éléments rassemblés, la demande complète devra être à nouveau transmise.

En résumé, pour préparer une demande recevable :

- Utiliser les nouveaux formulaires disponibles en format PDF sur le site du MELCC;
- Dûment remplir tous les formulaires généraux et spécifiques en lien avec son projet;
- Fournir tous les éléments exigés par le REAFIE et la LQE lors du dépôt;
- Transmettre la demande en y joignant tous les formulaires et documents exigés en utilisant le Service en ligne.

Conclusion

Dorénavant en 2022, il faut utiliser les nouveaux formulaires et le Service en ligne du MELCC pour présenter une demande d'autorisation ou modifier une autorisation existante. Les nouveaux formulaires précisent l'ensemble des exigences introduites par le REAFIE en date du 31 décembre 2021.

Note : Le contenu de ce texte n'a aucune valeur légale officielle. Il ne constitue pas une interprétation juridique de la Loi sur la qualité de l'environnement et de ses règlements.

Références

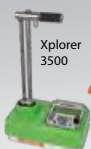
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/autorisations/autorisations-ministerielles.htm>

HOSKIN
SCIENTIFIQUE
 SALES@HOSKIN.CA WWW.HOSKIN.CA

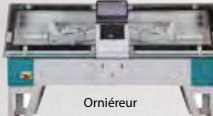
HOSKIN EST UN DISTRIBUTEUR D'EXPÉRIENCE ET RECONNU DANS LA FOURNITURE D'ÉQUIPEMENTS SPÉCIALISÉS DANS LE DOMAINE DES ENROBÉS BITUMINEUX ET DU BITUME.

NOUS OFFRONS DES SERVICES DE LOCATION AINSI QUE LA CALIBRATION, ENTRETIEN, ET RÉPARATION DE NUCLÉODENSIMÈTRES INCLUANT LES TESTS DE FUITE.


Corelok


Xplorer 3500


PaveScan


Ornière


TE-BBR


Flir TG-54


Coredry


PQI 380


Analyseur d'asphalte


Mélangeur chauffant







CONTEXTE ET HISTORIQUE DES TECHNIQUES DE RECYCLAGE ET D'ENROBÉS TIÈDES

Michèle SAINT-JACQUES, ing., Ph.D., *École de technologie supérieure, Université du Québec, Montréal, Canada*

Yves BROSEAUD, Ingénieur ENSAIS, *Université Gustave Eiffel, Campus de Nantes, France*

Mathieu GALIANA, Ingénieur ENTPE, *Université Gustave Eiffel, Campus de Nantes, France*

1. INTRODUCTION

Les enrobés tièdes, appelés également « enrobés à température abaissée », sont des enrobés bitumineux chauds, fabriqués avec un procédé d'abaissement de température permettant d'avoir une température moyenne de fabrication inférieure à 150°C (IDRRIM, 2021). Ces enrobés répondent au même corpus de normes que les enrobés à chaud et peuvent aussi intégrer dans leur formulation des granulats bitumineux récupérés ou recyclés (GBR) (appelés agrégats d'enrobés (AE) en France). Ces enrobés tièdes avec recyclés constituent donc une solution pertinente pour recycler les matériaux des anciennes routes et réduire l'impact sur l'environnement. Cependant, malgré une vingtaine d'années de pratique sur la technique en France et au Québec, les chantiers réalisés avec des enrobés tièdes et recyclés sont encore loin d'être majoritaires.

Le thème du recyclage et des enrobés tièdes sera abordé au cours de trois articles publiés dans la revue *Via Bitume*. Ce premier article rappelle le contexte et l'historique de ces techniques en France et au Québec. Le second article aura pour thème *Illustration d'un chantier et recommandations*. Alors que le troisième article fera un *Bilan des 10 dernières années et proposera des recommandations pour favoriser le développement de ces techniques* indispensables pour lutter contre le réchauffement climatique et préserver les ressources naturelles.

2. RECYCLAGE DANS LES CHAUSSÉES

2.1 Qu'est-ce que le recyclage dans les chaussées?

Le recyclage courant en travaux routiers est le recyclage d'enrobés issus « d'anciennes routes » dans des enrobés neufs. Les termes granulats bitumineux récupérés (GBR) et agrégats d'enrobés (AE) sont communément utilisés pour désigner les matériaux recyclés. Les GBR (AE) sont élaborés à partir de matériaux de récupération. Leur élaboration peut inclure l'une ou plusieurs des étapes suivantes : fraisage, concassage, calibrage (criblage), mélange, etc. (IDRRIM et Cerema, 2021). Il peut aussi y avoir des dispositions particulières pour leur utilisation (protection des stocks vis-à-vis de l'humidité et criblage spécifique pour des taux de recyclage forts). Les GBR (AE) utilisés doivent être conformes à la réglementation en vigueur, notamment en matière de substances dangereuses (amiante et HAP¹)

2.2 Pourquoi recycler?

Le recyclage est un impératif pour la planète pour répondre aux nouvelles notions de développement durable. De nombreux pays, dont la France et le Québec, réglementent, normalisent et cherchent de nouvelles voies pour diminuer la quantité de matériaux réutilisables au rebut. En plus du respect des législations, le recyclage des matériaux bitumineux permet :

- d'économiser des matériaux non renouvelables (granulats, bitumes);
- de ne pas mettre en décharge des matériaux valorisables;
- de récupérer des bitumes ayant encore une action liante;
- d'économiser des produits pétroliers et de l'énergie (carburant pour transporter les matériaux, gaz et fuel pour fabriquer les matériaux);
- de réduire les gaz à effet de serre (GES).

Il est possible de recycler plusieurs fois les enrobés à la fin de leur vie utile. Le recyclage des enrobés est donc avantageux aux niveaux technique, environnemental et économique.

2.3 Historique du recyclage dans les chaussées

Le recyclage est une histoire très ancienne avec près de 50 ans d'usage industriel. Les premières applications aux États-Unis, en Europe et au Québec remontent aux années 1970-1980.

En France, il y a eu de nombreuses expérimentations sur des routes nationales entre 1980 et 1982 à des taux variables de 20 à 50% et même 60%. Les suivis rigoureux ont permis de formuler les premières recommandations et spécifications. Après un abandon de la technique de 1983 à 1990, il y a en 1990 une relance du recyclage ciblé (recyclage de béton bitumineux drainant en béton bitumineux drainant avec un fort taux de 40 à 50%). De 1992 à 2005, il y eu une stagnation avec un recyclage à faible taux de 10%. Depuis 2005, il y a un développement important, quasi systématique du recyclage à chaud (pouvant devenir tiède dans certaines conditions). Les politiques d'incitation et l'engagement du secteur routier ont entraîné une très forte augmentation du recyclage en France, soit trois fois plus en dix ans (Brosseaud, 2019).

Au Québec, une norme encadre l'utilisation de matériaux granulaires recyclés depuis 2002. En 2016, les pourcentages permis étaient de 20% pour un usage général et 10% sur les couches de roulement autant sur autoroutes que dans les villes et municipalités. En 2008, 15,3% des enrobés neufs du ministère des Transports du Québec (MTQ) contenaient du recyclé. Ce pourcentage d'utilisation de recyclés dans les enrobés neufs du MTQ est passé à 71,3% en 2015 avec une teneur moyenne de 17% de recyclés à l'intérieur des enrobés. Au-delà de 20% de recyclés dans l'enrobé, il est nécessaire de déclasser le bitume car le bitume dans le recyclé est oxydé et pourrait être moins résistant à la fissuration (Paradis, 2016).

¹ HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les mélanges d'enrobés/bétons bitumineux contenant des agrégats d'enrobés (AE) ou des granulats bitumineux récupérés ou recyclés (GBR) répondent aux mêmes exigences de performance que les enrobés constitués de matériaux neufs aux niveaux de la fissuration, l'orniérage, le désenrobage et l'arrachement.

La Figure 2.1 illustre les techniques de recyclage des agrégats d'enrobés.

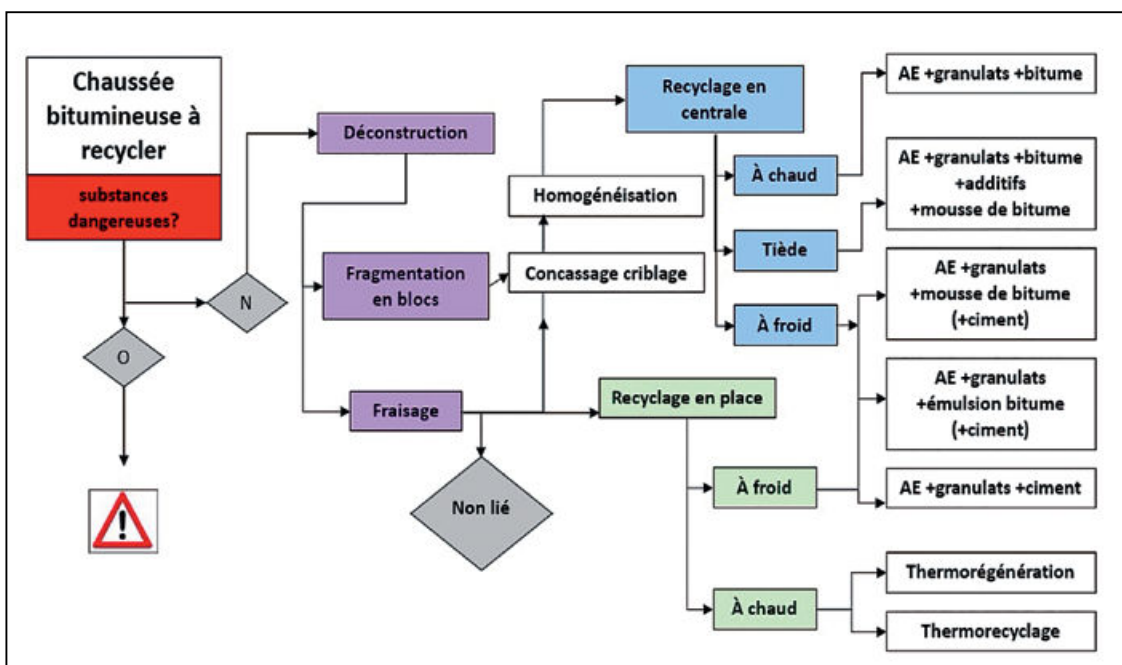


Figure 2.1 – Techniques de recyclage des agrégats d'enrobés
Source : Ifsttar

SERVICES GÉOMATIQUES

- LiDAR
- Inspection de bâtiments et d'infrastructures
- Surveillance de chantier de construction
- Relevés topographiques et cartographie
- Télédétection et thermographie
- Modélisation 3D et plans tels que construits
- Conception et calculs volumétriques

LABORATOIRE SPÉCIALISÉ

**SOLMA
TECH**



solmatech.ca

Le recyclage est fait à chaud en centrale (Figure 2.2) ou par retraitement en place à froid (Figure 2.3).



Figure 2.2 – Recyclage à chaud en centrale

Source : ERMONT



Figure 2.3 – Retraitement à froid en place

Source : EUROVIA

tièdes), ou par l'emploi d'additif permettant de faciliter les conditions d'enrobage à température réduite, surtout lorsque les granulats n'ont pas une très bonne adhésivité (20% des enrobés tièdes) (Routes de France, 2021).

3.2 Pourquoi des enrobés tièdes?

La mise en œuvre des enrobés tièdes permet :

- d'améliorer les conditions de travail en permettant la réduction des fumées (les fumées sont réduites de 50% lorsque la température est réduite de 12°C) (Figure 3.1);
- de réduire la consommation d'énergie pour fabriquer les matériaux;
- de diminuer les émissions de gaz à effet de serre;
- de réduire le vieillissement du bitume et de l'enrobé lors de la fabrication (avec des températures moindres, le liant s'oxyde moins pendant la fabrication);
- de diminuer le vieillissement des équipements de la centrale d'enrobés, qui sont soumis à des températures moindres.



Figure 3.1 – Émissions de fumée lors d'une livraison d'enrobés à chaud traditionnels en chantier

Source : ÉTS

3. ENROBÉS TIÈDES

3.1 Qu'est-ce que les enrobés tièdes?

Les enrobés tièdes sont des enrobés produits à des températures moindres par rapport à la référence (qui tient compte du produit et des conditions de mise en œuvre), soit au minimum 20°C au Québec, 20 à 30°C en France, mais pouvant atteindre jusqu'à 60°C de moins, par rapport aux températures normales de production. Ainsi, le malaxage se fait entre 90 et 140°C plutôt qu'entre 130 et 170°C (180°C dans le cas de la France pour les bitumes de grade dur de classe 10/20) et la mise en place et compactage se fait entre 70 et 120°C plutôt qu'entre 110 et 140°C. Ces techniques font appel à diverses méthodes (additifs dans le liant, ajout d'eau avec ou sans pression conduisant à un moussage du bitume, enrobage séquentiel avec deux grades de bitume permettant de conserver la maniabilité des produits lors de l'épandage et du compactage, et d'obtenir les propriétés finales des enrobés, identiques à celles des enrobés à chaud conventionnels (IDRRIM et Cerema 2015; St-Jacques et Brosseau, 2012). Toutefois, depuis ces dix dernières années l'abaissement des températures de fabrication en France se fait principalement selon deux méthodes, soit par introduction de mousse de bitume avec ou sans pression au moyen de rampe d'injection (80% des enrobés

3.3 Historique des enrobés tièdes

Deux événements distincts sont à l'origine de la convergence de l'intérêt mondial sur le développement des enrobés bitumineux tièdes, soit la discussion de l'Organisation internationale des Nations-Unies en 1992 au sujet de l'environnement et l'intérêt manifesté par l'Allemagne en 1996 d'examiner les limites d'exposition aux fumées des enrobés. Le premier événement mène au Protocole de Kyoto de 1997, par lequel les pays signataires s'engagent officiellement à réduire les émissions de gaz à effet de serre aux niveaux de 1990. Le second événement a mené à la formation du forum de discussion allemand BITUMEN sur le sujet de la fumée émise. La réduction des températures d'enrobage et de mise en place devient la réponse recherchée et conduit au développement des concepts et techniques propres aux enrobés tièdes (St-Jacques et al., 2013).

Les premiers essais d'enrobés tièdes ont été menés entre 1995 et 1999 en Allemagne et en Norvège. Puis, l'Allemagne a construit en 1999 la première route publique revêtue d'enrobés bitumineux tièdes au monde en utilisant le système Aspha-min (Croteau et Tessier, 2008; Paquin, 2011; Yu, Williams et Buss, 2012).

3.3.1 Contexte et historique au Québec

Après avoir été expérimentés en Europe et aux États-Unis, les enrobés tièdes sont arrivés au Québec en 2005. Depuis lors, de nombreux entrepreneurs et donneurs d'ouvrages ont été amenés à utiliser, voire à tester, les enrobés tièdes dans le contexte québécois (St-Jacques et al., 2013).

Une étude réalisée par St-Jacques et Brosseau (2012) auprès des dix principales municipalités du Québec a montré qu'en 2010, 12 100 tonnes d'enrobés tièdes ont été produits, représentant 2,7% de l'ensemble des 445 000 tonnes d'enrobés produits dans ces municipalités. Il est à noter que ces tonnages excluaient ceux de la ville de Montréal puisque ceux-ci n'étaient pas comptabilisés globalement mais plutôt par arrondissements. Parallèlement, le ministère des Transports du Québec avait produit 60 000 tonnes d'enrobés tièdes en 2009. Des 4 000 000 tonnes d'enrobés produits annuellement, le MTQ visait éventuellement une proportion de 5% d'enrobés tièdes (St-Jacques et Brosseau, 2012).

3.3.2 Contexte et historique en France

Les premières applications d'enrobés tièdes remontent au début des années 2000 en France. Les procédés étaient très nombreux, presque une dizaine de procédés, allant du maintien de la teneur en eau dans le sable, de l'usage de produits introduisant de l'eau sous forme solide, comme l'aspha-min, ou des additifs de diverses natures, de la mousse avec ou sans pression, de bitume spécial, etc. Les recherches d'optimisation étaient en cours de développement.

En 2012, Bonvallet estimait que la production annuelle d'enrobés tièdes en France était de l'ordre de 1 à 1,5 million de tonnes alors que 40 millions de tonnes d'enrobés à chaud étaient produits annuellement. Il précisait qu'il n'était pas rentable pour les différents exploitants d'avoir une centrale réservée à la production d'enrobés tièdes. Delfosse (2012) ajoutait que même après près de 10 ans de développement, les enrobés tièdes représentaient moins de 3% du marché français des enrobés.

Un développement important de ces techniques était toutefois attendu en France, sous l'influence des préoccupations environnementales, notamment en milieu urbain (St-Jacques et Brosseau, 2012).

4. GENÈSE DU TIÈDE COMBINÉ AVEC DU RECYCLAGE

Combiner le recyclage et les enrobés tièdes c'est additionner les effets sur la baisse de la consommation d'énergie et donc celle des émissions de gaz à effet de serre (GES), tout en économisant des ressources naturelles, et ceci de façons multiples, par des réemplois successifs pour l'entretien et le renforcement des chaussées en matériaux bitumineux.

Tout comme Monsieur Jourdain (personnage de Molière dans *Le Bourgeois gentilhomme*) qui faisait de la prose sans le savoir, dans le cadre d'un des premiers chantiers routiers suivis par Yves Brosseau en contrôle extérieur, à l'été 1981, des enrobés à température abaissée (120°C), en faisant du recyclage à très fort taux (50% AE), ont été réalisés sur un chantier autoroutier sur l'A2 entre Paris et Bruxelles. En effet, la production dans une centrale Tambour Sécheur Malaxeur (matériel ERMONT) d'enrobés recyclés introduits



NOS SERVICES

- 1 Béton moulé**
Coffrage coulissant
Aménagements urbains et autres ouvrages de béton
- 2 Enfouissement d'utilités publiques**
Énergie et télécommunication
- 3 Planage-micro planage**
- 4 Pulvérisation et stabilisation**
- 5 Enlèvement de pavage contenant de l'amiante**
- 6 Location d'équipements spécialisés**
- 7 Bandes rugueuses**

Entrepreneur général

435, rue Fichet, Beauport, Québec QC G1C 6Y2

T : 418 663-3698 F : 418 663-7101 jle@jle-inc.com

www.jle-inc.com

par un anneau de recyclage, une première en France, a nécessité une baisse de la température de 30°C pour ne pas avoir une maniabilité trop forte de l'enrobé pouvant conduire à des défauts de stabilité au compactage. Le mode de fabrication et la teneur en eau des AE conduisaient à une humidité résiduelle proche de 1% dans les enrobés produits. Dans ces conditions d'eau résiduelle, la lubrification est plus forte. On peut donc réduire la température tout en conservant une très bonne compactibilité. Attention au-delà du 1% d'eau résiduelle, l'enrobage n'est pas stable et un délitage, c'est-à-dire une désagrégation du matériau, dans le temps peut être observé, raison pour laquelle il existait une spécification sur la teneur en eau maximale dans les enrobés de 1,5%. On avait sans le savoir, et sans vraiment maîtriser ce 1% d'eau dans l'enrobé, produit les tout premiers enrobés tièdes recyclés à fort taux. Le bilan de comportement sous circulation s'est avéré satisfaisant en couche de roulement. Il a été équivalent à celui d'enrobés traditionnels (adhérence, absence de désordres prématurés, bonne durabilité).

Par contre, le bilan environnemental, mais ce n'était la préoccupation de l'époque, n'était certainement pas satisfaisant, car on pouvait constater des émissions de fumées bleues par la cheminée, du fait de défauts de combustion du bitume présent dans les AE, insuffisamment protégé de la flamme par une quantité de matériaux insuffisante (50% seulement). Des améliorations très importantes ont été apportées aux centrales de fabrication, depuis cette époque, pour répondre aux exigences sur l'environnement.

Ainsi était né, au début des années 1980, le concept d'associer tiède et recyclé. Ce n'est qu'il y a une bonne quinzaine d'années que le recyclage à taux moyen (30 à 40%) a été développé selon la technique tiède, en France, avec de bons résultats.

Les résultats d'un chantier récent avec cette technique (Figure 4.1) seront présentés dans un prochain article publié dans la revue Via Bitume.



Figure 4.1 – Enrobé tiède avec recyclés en sortie de centrale
Source : Université Gustave Eiffel

5. CONCLUSION

Les innovations et expérimentations sont nécessaires au progrès. Les bilans sont indispensables pour tirer les enseignements de ces techniques, pour proposer des recommandations aussi bien dans les études préalables des matériaux, que dans la rédaction des marchés (conditions de fabrication, mise en œuvre et contrôle).

Dans un prochain article publié dans la revue Via Bitume « *Bilan des 10 dernières années* », il sera présenté les recherches réalisées, les résultats obtenus, les réponses aux questions généralement posées par ces enrobés tièdes, le recyclage, leur combinaison et leur répétition (multirecyclage sur trois cycles de réutilisation – recherche IMPROVEMURE, par exemple).

Mais, d'ores et déjà, il est possible de dire que les enrobés à abaissement de température sous forme de mousse avec ou sans pression, souvent sans additif, sont souvent employés avec de bons résultats, sauf pour les applications manuelles ou en arrière-saison (fin d'automne ou début d'hiver en France) pour des raisons limites de maniabilité.

Il en est de même pour les enrobés recyclés, où l'usage systématique aux taux faibles de 10 et 15% en couche de roulement et assises est généralisé depuis plus de 25 ans, sans étude complémentaire, mais avec une bonne connaissance des matériaux recyclés (tri, stockage, identification). Le recyclage à taux moyens de 30% à 40% se généralise depuis une dizaine d'années et un guide a été publié pour faciliter les usages et recommandations. Les taux de recyclés élevés (plus de 50% voire allant jusqu'à 100%) ont fait l'objet de recherches en laboratoire et sur chantiers pour définir les limites de la technique. Aujourd'hui, les taux de recyclage les plus importants sont majoritairement observés pour les enrobés de couche d'assise. Tout est possible à condition d'avoir un taux de recyclage adapté au contexte local et maîtrisé pour un bon usage de la technique (ressources disponibles localement en recyclés et capacité du parc industriel).

Il en va de même du recyclage à taux moyen combiné à l'abaissement des températures. Un exemple de chantier sera présenté dans un prochain article publié dans la revue Via Bitume.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Bonvallet Jacques. 2012. « Quels matériels pour les enrobés tièdes ? ». In *Les enrobés tièdes : formulations, caractéristiques, fabrication et mise en œuvre*. (École des Ponts et Chaussées, Paris, France).
- Brosseaud Yves. 2019. « Le recyclage des enrobés bitumineux: 35 ans d'expérience française, dernières recherches, bilan et recommandations ». Journées de formation Bitume Québec – Québec. Décembre 2019.
- Croteau Jean-Martin, et Bernard Tessier. 2008. « An Overview of Warm Mix Asphalt Paving Technologies ». In *Canadian Technical Asphalt Association*. (Saskatoon, Saskatchewan, 16-19 novembre 2008), sous la direction de Stephen Goodman, pp. 330-343.
- Delfosse Frédéric. 2012. « Retour d'expériences sur 10 ans de réalisations terrain ». Les enrobés tièdes: formulations, caractéristiques, fabrication et mise en œuvre. École des Ponts et Chaussées.
- IDRRIM 2021. Note d'information n°46 « Abaissement de la température des mélanges bitumineux ». Février 2021.
- IDRRIM et Cerema. 2021. Guide technique « Recyclage des Agrégats d'Enrobés dans les mélanges bitumineux à chaud, État de l'art et recommandations ». Juillet 2021.
- IDRRIM et Cerema. 2015. Guide technique « Abaissement de la température des mélanges bitumineux, État de l'art et recommandations ». Novembre 2015.
- Paquin Yvan. 2011. « Les applications urbaines d'enrobés tièdes au Québec : bilan des projets 2005-2011 ». Congrès INFRA 2011 du CERIU. Québec. 7-9 novembre 2011.
- Paradis Michel. 2016. « Le recyclage des matériaux de chaussées et autres techniques vertes pour les usages municipaux ». Congrès INFRA 2016 du CERIU. Montréal. 21-23 novembre 2016.
- Routes de France. 2021. « Bilan environnemental, rapport annuel – données 2020 », août 2021.
- St-Jacques Michèle, Pelletier Luc, Drainville Sébastien, Beaulieu Gabriel, Godard Sébastien et Charbonneau Beaulieu Isaac. 2013. « Conséquences environnementales et impacts sur la santé de l'utilisation des enrobés tièdes lors de la construction de routes – État des connaissances scientifiques et pratiques et Résultats des essais en laboratoire ». Rapport N/Réf: R705.1. Projet de recherche présenté par l'École de technologie supérieure au Service des matériaux d'infrastructures du Laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec, décembre 2013, 129 p.
- St-Jacques Michèle et Yves Brosseau. 2012. « Développement durable dans les chaussées québécoises et françaises en 2010 ». Via Bitume, vol. 7, no 1, pp. 14-19.
- Yu, Jianhua, R. Christopher Williams et Ashley F. Buss. 2012. « Laboratory evaluation of warm mix asphalt influence on theoretical maximum specific gravity ». *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 40, no 4.



Mise en œuvre et compactage des enrobés en milieu urbain : précautions et points de vigilance pour garantir le succès d'un projet

La mise en œuvre des enrobés bitumineux en milieu urbain présente des défis qui, à bien des égards, n'ont rien à voir avec ceux rencontrés sur les autoroutes et autres liens intermunicipaux. Les chaussées urbaines ont des caractéristiques qui leur sont propres, peu importe leur fonction : rue résidentielle, collectrice, boulevard et chaussée desservant un secteur industriel.

Avant d'aller plus loin, il est important de rappeler que toutes les chaussées se dégradent dans le temps, depuis leur état initial jusqu'à un niveau où le niveau de service n'est plus jugé acceptable par le propriétaire de l'infrastructure. Cette durée de vie initiale est établie à partir des sollicitations futures et totales prévues pour une chaussée. De cette hypothèse initiale, on pourra donc déduire que, en certaines occasions, une dégradation prématurée de la chaussée soit liée à une augmentation non prévue du trafic lourd.

Il est de plus admis que cette durée de vie puisse être prolongée par des interventions réalisées à des moments opportuns au cours de la vie de cette chaussée. C'est donc dans ce contexte qu'il faut considérer la mise en œuvre des enrobés, comme étant partie intégrante des paramètres gouvernant la vie d'une chaussée, tant au niveau de sa construction que de son entretien. Des enrobés bien mis en œuvre et bien compactés sont le gage de la pérennité d'un ouvrage routier.

1 – Planification des travaux et gestion des exigences

La première étape d'une mise en œuvre réussie est la planification. Cette planification doit être faite dès l'amorce du projet du projet par le propriétaire de l'ouvrage et se poursuivre bien au-delà après l'exécution des travaux. Bien que la majorité des travaux soient faits par des entrepreneurs spécialisés en pavage, certaines juridictions opèrent elles-mêmes des départements d'entretien routier responsables



de certains travaux de pavage; dans tous les cas, les meilleures pratiques de planification, de suivi et d'exécution des travaux doivent s'appliquer.

La planification doit notamment couvrir les éléments suivants :

- déterminer le type d'enrobé en fonction de l'usage;
- planifier le cas échéant les travaux avec les propriétaires des infrastructures souterraines ou limitrophes telles que réseau gazier, électrique et de télécommunications;
- mitiger les impacts sur le profil des infrastructures de drainage si la voie est ouverte à la circulation ou plutôt consacrée au stationnement des véhicules;
- identifier le mode de gestion de la circulation pendant les travaux;
- identifier la méthode de raccordement des travaux à la chaussée existante. que ce soit avec un joint scié, une clé par planage ou toute autre méthode;
- définir la méthode de réalisation des joints longitudinaux;
- identifier la méthode à utiliser pour l'ajustements des services;
- planifier la surveillance et ce, même pour les travaux faits en régie à l'interne.

De façon spécifique, le gestionnaire responsable d'un projet doit se demander si le type d'enrobé et le type de bitume choisis sont appropriés pour l'ouvrage à réaliser.



La grande majorité des enrobés produits et utilisés au Québec sont normalisés par le ministère des Transports, dont le réseau supporte majoritairement des véhicules roulant à des vitesses élevées, hormis dans les zones de trafic à l'entrée des grands centres urbains, alors que les réseaux urbains sont plutôt soumis à des trafics lents.

2 – Préparation et travaux préliminaires

affaires ont un point en commun : le succès n'arrive pas par hasard et est la conséquence d'une préparation rigoureuse. Pourquoi en serait-il autrement avec les travaux? Si les responsabilités énumérées aux points précédents relevaient du propriétaire de l'infrastructure, celles-ci relèvent de l'équipe affectée à la gestion et à l'exécution des travaux. Ces responsabilités sont :

- visiter le ou les sites de travaux afin de valider si les conditions sont conformes aux prévisions;
- planifier et exécuter les réparations préalables si nécessaire;
- planifier l'ajustement des services;
- finaliser le plan de gestion de la circulation externe aux travaux et le plan de circulation sur le chantier;
- planifier les sous-traitants le cas échéant;
- planifier le transport des enrobés sur le chantier;
- préparer et communiquer le plan de pose à l'équipe responsable des travaux.

Bien qu'une telle énumération puisse sembler triviale, un fait demeure : des travaux bien planifiés ont plus de chances d'être un succès que ceux qui ne l'ont pas été. N'oublions pas que cette planification est moins coûteuse que des travaux inadéquats.

3 – Mise en œuvre des enrobés

Tout débute ici par la planification car, contrairement aux travaux à haut volume où la vitesse d'avancement des travaux est dictée par la capacité de production de la centrale d'enrobage, la vitesse des travaux sur chaussées urbaines est conditionnée par les conditions particulières du chantier. Le personnel devra être en nombre suffisant pour réaliser les travaux manuels nécessaires autour des accessoires et au raccordements avec le pavage existant.

Les accessoires tels que les regards, puisards et boîtes de vannes doivent avoir été ajustés en hauteur afin de correspondre à la nouvelle élévation du pavage fini. Certains de ces accessoires peuvent être équipés d'une tête ajustable; dans ce cas, l'ajustement se fait un fois la couche d'enrobés appliquée.

Lors de travaux sur une chaussée en enrobés, un liant d'accrochage doit être appliqué sur une surface propre et sèche avec un camion épandeur spécialement prévu à cette fin. L'épandage d'émulsion avec un pistolet applicateur est à proscrire pour les surfaces horizontales puisqu'il est quasi impossible d'obtenir un taux d'application uniforme avec ce genre de dispositif. Cet outil est uniquement destiné aux surfaces verticales.

Les puisards doivent être protégés afin d'éviter que l'enrobé ne s'y déverse et obstruer l'écoulement de l'eau vers la conduite maîtresse.

Lors de travaux de raccordement avec le pavage existant, le joint doit être préparé conformément aux exigences du devis. En présence de joints sciés ou de clés de planages, il est important pour l'équipe de pose d'enrobés d'ajuster la table du finisseur afin qu'une fois compacté le mélange ait l'épaisseur souhaitée. Cette étape est particulièrement importante aux joints de départ où l'utilisation de cales d'épaisseur est fortement suggérée.

Les travaux de pavage sur une surface granulaire nécessitent quelques attentions particulières : la surface doit être exempte de zones d'instabilité qui, le cas échéant, doivent être corrigées. Les profils en long et en travers de la fondation granulaire doivent correspondre à ce qui prévu ou, à tout le moins, en respecter l'esprit faute de quoi, pour obtenir les résultats souhaités, l'équipe de pose n'aura d'autres choix que de compenser avec la couche d'enrobés, causant des variations dans son épaisseur; variations préjudiciables à la pérennité de l'ouvrage si elles sont à la baisse.

4 – Compactage des enrobés

Le compactage des enrobés est l'étape la plus importante de la réalisation d'une chaussée en enrobés parce qu'il permet de réduire le volume de vides du mélange, d'améliorer sa résistance à l'orniérage et à la fissuration. Le compactage a un effet direct sur la performance des enrobés. L'exigence fixée pour le compactage doit toutefois correspondre aux vibrations que les infrastructures enfouies peuvent supporter. Dans certains cas, il est possible que le compactage ne se fasse qu'en mode statique comme c'est le cas sur les ponts ou que l'exigence soit revue à la baisse lorsque de vieilles infrastructures fonctionnelles se retrouvent sous la chaussée.

Le compactage est constitué de trois phases distinctes, le compactage initial, le compactage intermédiaire et le compactage de finition.

Le compactage initial permet de placer les granulats alors que le compactage intermédiaire contribue à lisser la surface. Le compactage final permet de sceller cette surface en plus de permettre le compactage additionnel nécessaire à l'atteinte de la cible fixée. Aux abords des accessoires qui ne sont pas auto-ajustables le compactage doit être fait avec précaution et complété à l'aide d'outils manuels et de plaques vibrantes.

Le nombre de rouleau doit être en nombre suffisant en fonction des travaux à effectuer. En règle générale, on considère qu'un rouleau compacteur peut compacter entre 60 et 90 tonnes d'enrobés à l'heure selon, entre autres, les paramètres du rouleau et l'épaisseur de la couche d'enrobés.

Les courbes à 90° que l'on retrouve dans les intersections doivent être compactées en deux étapes puisqu'une manœuvre complète pourra avoir comme effet de déchirer l'enrobé.

Quant à eux, les joints longitudinaux peuvent être réalisés à froid ou à chaud selon ce qu'il est possible de faire sur le terrain en fonction de la gestion du trafic prévue et des exigences techniques fixées par le propriétaire de l'ouvrage.

Bien qu'il soit préférable de les réaliser à chaud, il est possible de les réaliser à froid, pourvu que le joint soit traité comme une surface verticale et badigeonné de liant d'accrochage. Certaines juridictions stipulent des produits de scellement à chaud. Selon M. Pierre Langlois ⁽¹⁾, des joints réalisés ont une compacité de 1 à 2% plus faible que celle du revêtement adjacent alors que cet écart peut grimper jusqu'à 10% pour des joints défectueux, ce qui mènera inévitablement à une détérioration prématurée de la chaussée à cet endroit.

Conclusion

Cet article est tiré d'une présentation faite à la Formation technique annuelle organisée par Bitume Québec en 2021, plus particulièrement la journée dédiée aux municipalités ce qui explique son cadre plus général que spécifique. Il s'agit d'un survol et d'un rappel des points de vigilance propres à ces projets particuliers.

La notion de rôles et responsabilité abordée aux points 1 et 2 identifie les responsabilités propres au propriétaire

d'une infrastructure et celles plus opérationnelles relevant d'un entrepreneur ou d'un département de voirie; il s'agit là d'une notion importante qui n'est pas nécessairement abordée dans les publications à caractère technique.

Il est essentiel de rappeler que, dans tous les cas, la planification demeure la clé de la réussite, plus particulièrement dans le contexte actuel où la main-d'œuvre est rare et mobile. Une planification soignée permettra d'identifier des lacunes en formation pour le personnel de chantier ou le personnel responsable de l'établissement des clauses techniques d'un projet; elle permettra également la détection d'exigences contractuelles atypiques qui pourront être adressées avant les travaux plutôt qu'après.

Le lecteur intéressé à en connaître davantage peut consulter le Guide de bonnes pratiques sur la mise en œuvre des enrobés ⁽²⁾ disponible en téléchargement sur le site web de Bitume Québec.

Références

1. P. Langlois, « Confection des joints longitudinaux et joints transversaux », Présentation Bitume Québec, 015
2. Bitume Québec, « Guide de bonnes pratiques – La mise en œuvre des enrobés », Repentigny, Québec, 2008



ÉMULSIONS
Bourget

1 800 861-6646
www.bourget.qc.ca



FIÈRE D'ÊTRE LA
SEULE ENTREPRISE
QUÉBÉCOISE QUI
FABRIQUE SA
PROPRE ÉMULSION
DE BITUME.

DEMANDEZ UNE
SOUMISSION

Le Québec, toujours frileux à l'augmentation du recyclage dans nos routes?

Daniel BISSONNETTE, vice-président Expertise et Innovation

Abdeljalil DAOUDI, Ph.D., chargé de projets

Saeed BADELI, CPI, Ph.D., chargé de projets

Félix PEPIN, ing., chargé de projets

Groupe Conseil SCT Inc.

Le recyclage est omniprésent dans toutes les interventions du Groupe Conseil SCT. C'est dans notre ADN puisque nous considérons urgent et vital de faire avancer ces techniques dans l'industrie. Depuis plus de 10 ans, nos travaux de Recherche et Développement internes doivent obligatoirement comporter un volet d'ingénierie durable applicable dans l'industrie. Au cours de ces projets, nous avons essayé de nombreuses méthodes et des matières passant du plastique au verre, de résidus agricoles, d'additifs polymères, tensio-actifs, réjouvénants, etc. et nous continuons de le faire dans notre quotidien.

De nos jours, l'utilisation des matières compatibles recyclables est plus qu'une bonne pratique, mais une nécessité permettant de répondre aux enjeux environnementaux et économiques en réutilisant des ressources naturelles non renouvelables.

Cet article se veut le premier d'une série, qui auront comme objectif de guider les différents intervenants vers des pistes techniques appropriées favorisant l'utilisation des matériaux recyclables.

Remise en cause constante

Depuis plus de deux ans, l'utilisation des matières recyclables dans les enrobés bitumineux a été remise en cause par les donneurs d'ouvrages pour diverses raisons. Certains d'entre eux estiment qu'ils n'obtiennent pas la performance et la durée de vie escomptée et cherchent la solution à ces points en agissant au niveau de la fabrication des enrobés, comme le démontre le travail actuellement effectué sur une nouvelle norme pour les centrales d'enrobage au Québec. Cette dernière vise particulièrement un contrôle accru lors de l'ajout des GBR aux enrobés. Malgré le fait que certains points indiqués dans cette norme peuvent être considérés comme légitimes, comme cela aide à une meilleure gestion de la centrale, il n'en demeure pas moins que, selon nous, cette norme n'aidera pas de manière substantielle les fournisseurs à améliorer le niveau de performance de leurs enrobés.

Au Québec, nous avons longtemps tenu compte de l'état physique du vieux bitume dans les granulats bitumineux recyclés « GBR ». Cette pratique a été malheureusement abandonnée. Ainsi, suivant l'âge de la route qui est recyclée, nous pouvons y retrouver des bitumes qui proviennent de plusieurs époques et qui sont complètement différents des bitumes actuels par leur composition, technique de fabrication/modification et leur teneur en polymère. Pourtant, les techniques que nous utilisons pour la formulation et les critères de caractérisation des enrobés demeurent les mêmes et ne tiennent compte en rien de cette réalité qui est pourtant au centre de la performance visée.

L'usage des GBR est actuellement pratique courante dans la construction routière au Québec comme dans le monde entier. Plusieurs entrepreneurs québécois peinent à utiliser l'ensemble de ces matières recyclables, alors que, à titre d'exemple, selon *the European Asphalt Pavement Association* (EAPA.2020) environ 70% des GBR disponibles en Europe ont été réutilisés dans des enrobés. Dans certains pays, ce pourcentage a atteint les 100 % avec des taux de recyclage de 10 à 100%. Certains exigent obligatoirement un minimum de 20% de matières recyclables.

Au Québec, aucune cible claire n'est définie, autre que via les taux permissifs de 0 à 20% de GBR contenu dans certaines formules d'enrobés. Cela ne favorise pas le développement des techniques. Pourtant, chez SCT, nous travaillons avec des entrepreneurs qui ont mis au point des techniques fiables et performantes couvrant la gamme de 20% à 65% de GBR, mais dont l'utilisation n'est pas encore possible sur une base régulière dans le contexte normatif québécois.

Pistes de solutions

La première stratégie est de minimiser l'impact et optimiser l'usage de la matière recyclable dans l'enrobé afin d'obtenir un enrobé qui serait équivalent, mais idéalement supérieur, en termes de performance comparativement à un enrobé neuf.

Les méthodes de formulation au Québec sont basées sur deux niveaux d'épreuves. Le niveau 1 concerne la vérification vis-à-vis l'aptitude aux compactages via la presse à cisaillement giratoire et la vérification de la stabilité conservée (tenue à l'eau) via la méthode Marshall selon la méthode LC 26-001. Le niveau 2 quant à lui concerne la vérification de la résistance à l'orniérage. Plusieurs études démontrent que l'optimisation d'une matière recyclable permet de ne pas avoir d'effet significatif sur l'aptitude au compactage des enrobés et augmente généralement la résistance à l'orniérage. Cependant ces matières recyclables comme le GBR peuvent avoir un effet néfaste sur la sensibilité à l'eau.

Pour les matériaux bitumineux, l'eau a des effets complexes et ambigus. Elle agit à la fois sur l'interaction entre les éléments constitutifs des constituants et sur celle entre les constituants eux-mêmes. Les propriétés mécaniques et la durabilité des enrobés sont assurées par : la stabilité de l'édifice granulaire; les propriétés cohésives du bitume et la qualité de l'adhésion entre le bitume et les granulats. L'eau est un composé polaire qui interagit de façon plus favorable avec les granulats des enrobés. La compétition eau/bitume avec la surface des granulats est à l'origine du phénomène de désenrobage des granulats des enrobés et des problèmes de cohésion qui conduit à la détérioration de la chaussée au cours du temps.

Au Québec, la caractérisation de la tenue à l'eau se fait selon la méthode d'essai proposée par le MTQ. Cette méthode repose principalement sur la méthode classique de Marshall. Le compactage des briquettes se fait par impact en appliquant 40 coups sur chaque face.

Bien que cette méthode soit pratique, aucun de nos essais en laboratoire à travers nos études n'a permis de faire un lien probant entre les valeurs mesurées et les résultats obtenus sur le terrain. Le conditionnement n'est pas représentatif des conditions de terrain. D'ailleurs, selon des collègues et collaborateurs, cet essai semble être peu représentatif du contexte climatique du Québec, car il ne tient pas compte des effets du gel-dégel (thèse E. Lachance-Tremblay-2018, thèse S. Badeli-2018, thèse S. Lamothe-2014).

En matière d'analyse de résultats, la méthode d'essai propose de calculer le rapport entre la stabilité Marshall des briquettes conditionnées et la stabilité Marshall des éprouvettes non conditionnées. Ainsi, pour répondre à la spécification actuelle du MTQ, les enrobés doivent préserver au minimum 70% de leur stabilité témoin. Ce critère semble satisfaisant et est pratique, cependant il s'avère souvent peu pertinent notamment dans le cas d'utilisation des GBR (A. Daoudi-2021, Dony et al).

Il est clair qu'il faut un moyen efficace pour caractériser les enrobés bitumineux pour contrer les dégradations irréversibles qui sont souvent accentuées par la répétition de cycles de gel-dégel.

Une suggestion est de remplacer dans votre plan de travail expérimental cet essai pour bien mesurer la performance de votre enrobé. Dans notre méthodologie de formulation et de caractérisation, nous utilisons entre autres, avec succès, le principe de la norme AASHTO T283. Les enrobés de validation du projet sont fabriqués en centrale d'enrobage afin de vérifier les conditions réelles de fabrication. Puis le mélange est compacté en laboratoire en visant $7\% \pm 0.5\%$ de vides. Ensuite, les éprouvettes sont séparées en deux lots de densité brute équivalente.

Ensuite les éprouvettes du premier lot sont placées dans des sacs hermétiques puis conditionnées dans un bain à 25°C durant 2,5 h avant d'être testées en traction indirecte jusqu'à la rupture. Les éprouvettes du deuxième lot pour leur part subissent une saturation sous vide à taux de saturation de 70% à 80% avant de subir un conditionnement de gel-dégel selon la méthode Lotteman (16 h à -18°C suivis de 24 h à 60°C). Enfin les éprouvettes conditionnées sont placées à 25°C durant

2,5 h avant de mesurer leur résistance en traction indirecte. En fonction des besoins, le conditionnement peut être plus sévère et plus long selon les besoins de l'étude.

Dans une récente étude menée sur trois ans dans le cadre du développement d'algorithmes de suivi de la performance routière de la plateforme intelligente DAWAY, nous avons évalué des enrobés bitumineux pour couche de surface ESG-10 formulés selon la méthode LC ($V_{be} = 12.2\%$). Au total cinq enrobés ont été étudiés. Un enrobé témoin sans matériaux recyclés a été suivi en parallèle d'enrobés avec 10% de GBR (avec et sans additif) et 20% de GBR (avec et sans additif). Tous les mélanges ont réussi avec succès l'essai de tenue à l'eau selon la méthode LC 26-001. Plus d'une centaine de paramètres ont été tenus en compte dans cette étude et monitorés dans le temps. Une batterie de tests sur les matériaux, les enrobés, les bitumes, la structure de chaussée et le revêtement ont été réalisés.

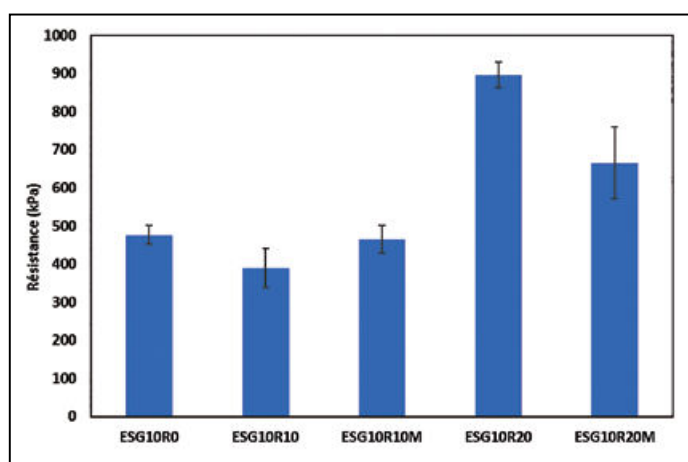


Figure 1 – Résistance en traction indirecte – Spécimens non conditionnés

Ce que l'étude a confirmé est qu'il est nécessaire d'analyser autant la variation de la résistance maximale en traction indirecte des enrobés que la valeur du rapport calculée entre ces valeurs. Selon la Figure 1, il semble que l'enrobé avec 20% de GBR est le plus résistant. Selon cette même figure, l'enrobé avec seulement 10% de GBR présente la résistance la plus faible comparativement aux enrobés testés.





DAWAY

SORTEZ DES SENTIERS BATTUS
AVEC DAWAY

**DES SOLUTIONS
INNOVANTES
POUR LES
ENTREPRENEURS**

Optimisez chaque étape de planification et exécution de vos travaux de construction routière avec la **plateforme intelligente collaborative DAWAY**.

Diminuez vos risques techniques et financiers en analysant votre projet sous tous ces angles.



dawaysolutions.com

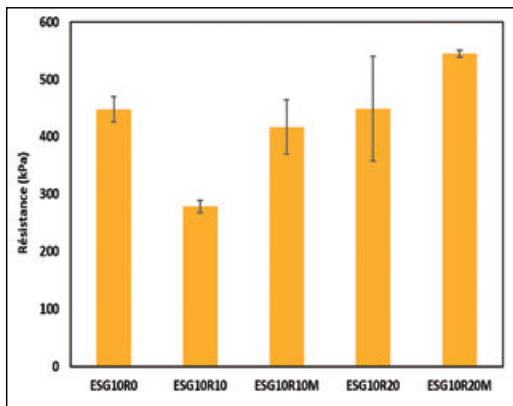


Figure 2 – Résistance en traction indirecte – Spécimens conditionnés

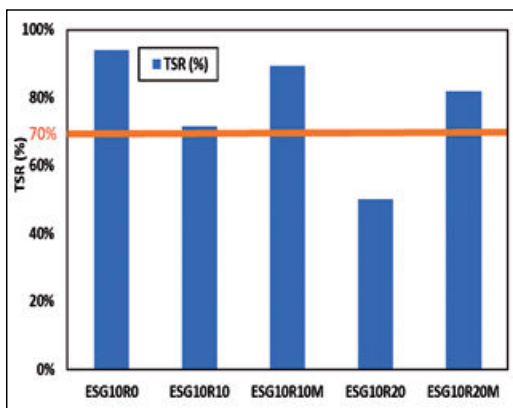


Figure 3 – Rapports des essais en traction indirecte

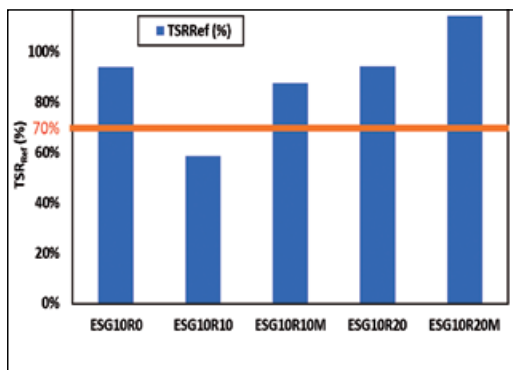


Figure 4 – Rapports des essais en traction indirecte – Méthodologie SCT

Sur la Figure 2, il est possible de constater la variation de la résistance maximale en traction indirecte des enrobés éprouvés à l'état saturés et conditionnés par un cycle de gel-dégel selon la méthode AASHTO. Toujours selon la Figure 2, on constate que l'enrobé avec 20% de GBR est au moins aussi résistant que l'enrobé neuf. Celui avec seulement 10% de GBR est encore une fois le moins résistant.

Maintenant, dans la perspective où nous regardons seulement le rapport entre les valeurs obtenues, nous constatons que les enrobés ayant démontré le moins de résistance à la tension dans les deux cas (non conditionné et conditionné) s'avèrent comme étant les mélanges qui seraient les plus performants.

Lorsque nous relient ces résultats avec d'autres essais mécaniques en laboratoire que nous commenterons dans un prochain article, il est possible de comprendre que le rapport recherché entre une valeur témoin et une valeur conditionnée ne peut pas être considéré seul dans l'évaluation de la performance. C'est d'ailleurs l'une des principales raisons pour laquelle l'essai LC-26-001 ne permet pas d'évaluer correctement les enrobés bitumineux, surtout dans la quête d'augmenter le taux de recyclage dans votre mélange.

Selon notre méthodologie d'analyse, nous avons observé que l'enrobé avec 20% de GBR conditionné est presque aussi performant que l'enrobé témoin sans aucun conditionnement. En revanche, l'enrobé conditionné avec 10% de GBR, qui rappelle le rencontre les exigences du MTQ, présente une valeur quasiment deux fois moins élevée comparativement à la valeur de référence sans conditionnement. Ces constatations ne sont pas prises en compte dans les normes actuelles, ce qui pourrait conduire à avoir des enrobés susceptibles à l'eau, même s'ils présentent un bon rapport de tenue à l'eau.

Conclusion

La performance d'un enrobé bitumineux contenant des matières recyclables fait appel à plusieurs principes physico-mécaniques et physico-chimiques qui entraîneront des conséquences dans le comportement à court, moyen et long terme. Il est évident que pour espérer atteindre les objectifs que se sont fixés nos pairs en matière de recyclage à l'extérieur du Québec, nous devons revoir plusieurs méthodes de travail ainsi que d'essais.

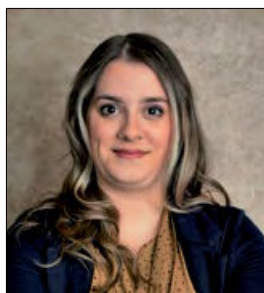
Bien que cela fait en sorte que nous pouvons bénéficier des techniques et méthodes utilisées à l'étranger pour favoriser le développement durable de nos infrastructures, cela signifie aussi que le Québec se trouve derrière la parade de la transformation verte.

La province regorge de professionnels et de donneurs d'ouvrage désireux de non seulement être dans la parade, mais d'être à l'avant de cette dernière. Pour ce faire, il est plus qu'important que les différents intervenants de l'industrie collaborent et travaillent avec un objectif en tête : verdir notre industrie.

Lors de notre prochain article, nous ferons le lien entre des mesures et les propriétés mécaniques des enrobés à différentes températures et discuterons d'un essai fort intéressant. Vous verrez également dans cet article que la révision des normes n'est pas une solution miracle permettant de répondre aux problématiques observées dans l'industrie.

Références

- Lachance Tremblay, Éric. *Sensibilité à l'eau et résistance au gel-dégel des enrobés bitumineux avec granulats de verre recyclé*. Diss. École de technologie supérieure, 2018.
- Badeli, Saeed. *Evaluation of the damage of an asphalt mix under repeated freeze-thaw cycles*. Diss. École de technologie supérieure, 2018.
- Lamothe, Sébastien. *Endommagement d'un enrobé bitumineux partiellement saturé en eau ou en saumure soumis à des sollicitations cycliques de gel-dégel et mécaniques*. Diss. École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE], 2014.
- Daoudi, Abdeldjalil. *Caractérisation multi-échelle des enrobés bitumineux à chaud contenant des granulats bitumineux recyclés et des bardeaux d'asphalte de post-consommation*. Diss. École de technologie supérieure, 2021.
- Dony, Anne, Colin, Johan, Tougaard, Charley, Lesueur, Didier. «Résistance aux dégâts hivernaux des enrobés bitumineux contenant de la chaux hydratée.» *RGRA-Revue Generale des Routes et des Aerodromes* 899 (2011): 43.



Émilie FILIATRE
Planificatrice d'événements
Bitume Québec

Retour sur la formation technique annuelle 2021



La formation technique annuelle a finalement pu se tenir en présentiel au Château Frontenac à Québec, les 7, 8 et 9 décembre dernier. Après une édition virtuelle en 2020, tout le monde était content de se revoir et cela s'est traduit dans le nombre d'inscriptions. Nous avons eu un record de plus de 260 participants de partout dans la province et aussi plusieurs représentants de municipalité! La formation se tenait sur trois jours encore cette année. Les deux premières journées étaient destinées à la mise en œuvre des



enrobés tandis que la dernière journée portait sur l'entretien municipal des routes en enrobés.

Les deux premières journées sur la mise en œuvre des enrobés ont couvert des sujets variés comme la santé et la sécurité sur les chantiers, la planification et préparation du chantier avant la mise en œuvre, la réalisation des joints, les bonnes pratiques et la compacité des enrobés et leurs comportements dans le temps.

Lors de la dernière journée, qui était disponible en format présentiel et aussi en virtuel et qui était axée sur le l'entretien municipal des routes en enrobés, des conférenciers chevronnés ont élaboré sur la dégradation des chaussées, la gestion du réseau et priorisation des interventions, les enrobés bitumineux et les petites municipalités, la réutilisation des GBR dans les villes et la clause d'ajustement des prix du bitume.

À la fin de la première journée, nous avons permis aux participants de se retrouver premièrement lors d'un cocktail dans le hall Verchères et par la suite lors d'un souper banquet qui a été servi dans la salle de bal. Ce fut une belle soirée remplie de convivialité et d'échanges.



Un autre moment très apprécié par les participants est certainement le forum de discussion qui se tenait à la fin de la deuxième journée. Devenu un incontournable de notre formation technique annuelle, la discussion a porté sur le sujet des deux premières journées, soit la mise en œuvre des enrobés. Les participants apprécient grandement la possibilité de poser des questions aux différents experts.

Les commentaires des participants sur cette formation ont été très positifs. L'endroit, la nourriture, la qualité des conférences ont été grandement appréciés. La durée de trois jours est un peu longue pour certains, cet aspect sera pris en compte pour le futur, mais en règle générale, la formation se tient sur deux jours.

En terminant, cette formation n'aurait pu avoir lieu sans les excellents choix de sujets proposés par le comité formation, nous l'en remercions.





La réforme de la gestion de la circulation en alternance au Québec

Mise en contexte

Dans un monde où la pénurie de main-d'œuvre est un sujet qui préoccupe la plupart des secteurs d'activité, chaque employeur cherche à améliorer les conditions de travail de son personnel. En parallèle, les normes en matière de santé et de sécurité au travail sont de plus en plus élevées et la tolérance du public face aux accidents qui auraient pu être évités est de plus en plus faible. Il est donc normal que le secteur des travaux routiers suive la tendance et tente par tous les moyens d'éviter les accidents sur et à proximité des chantiers de construction. Cet article a donc pour objectif de vous en apprendre plus sur les changements de procédure en ce qui concerne l'alternance de la circulation avec signaleur.

La classique TCD 005 devenue TCD 005A (voir image 1a)

Depuis de nombreuses années, la méthode de prédilection de gestion de la circulation sur les routes à deux voies est la TCD 005 - Alternance de la circulation - Utilisation d'un signaleur routier. Cette méthode a comme principal avantage d'être rapide à mettre en place et d'offrir une très grande flexibilité sur le contrôle de la circulation. Puisque ce sont des travailleurs qui gèrent les automobilistes, il est facile d'adapter à chaque cycle le nombre de minutes de circulation par direction. Il est aussi possible de fermer temporairement les deux directions afin de laisser de la machinerie entrer ou sortir d'un accès ou au contraire, de rétablir la circulation dans les deux directions durant les pauses. Sa force, le travailleur, est aussi son point faible puisque contrairement à

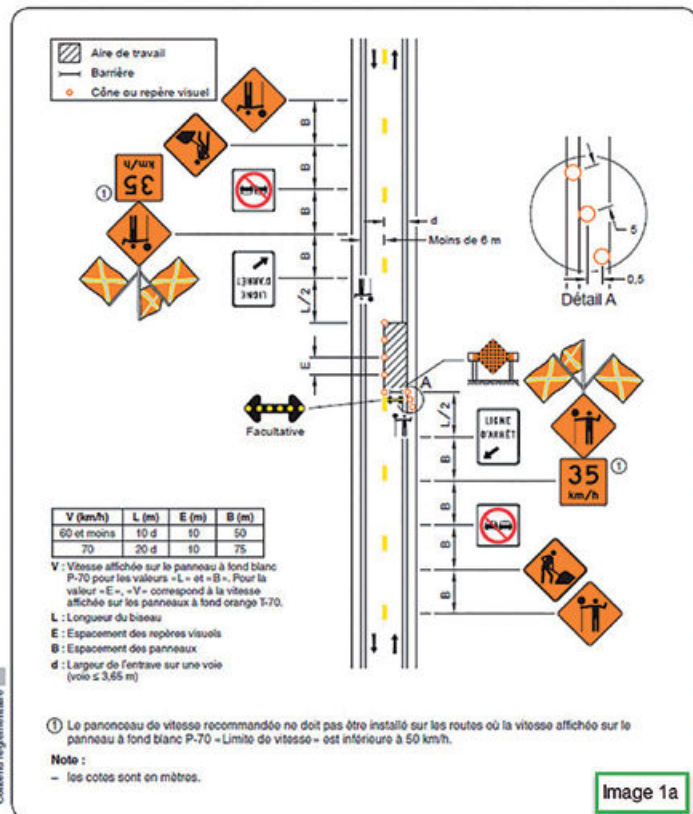
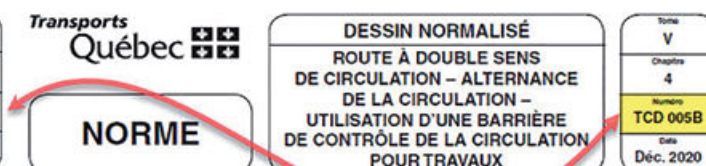
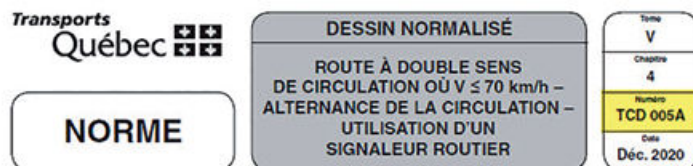


Image 1a

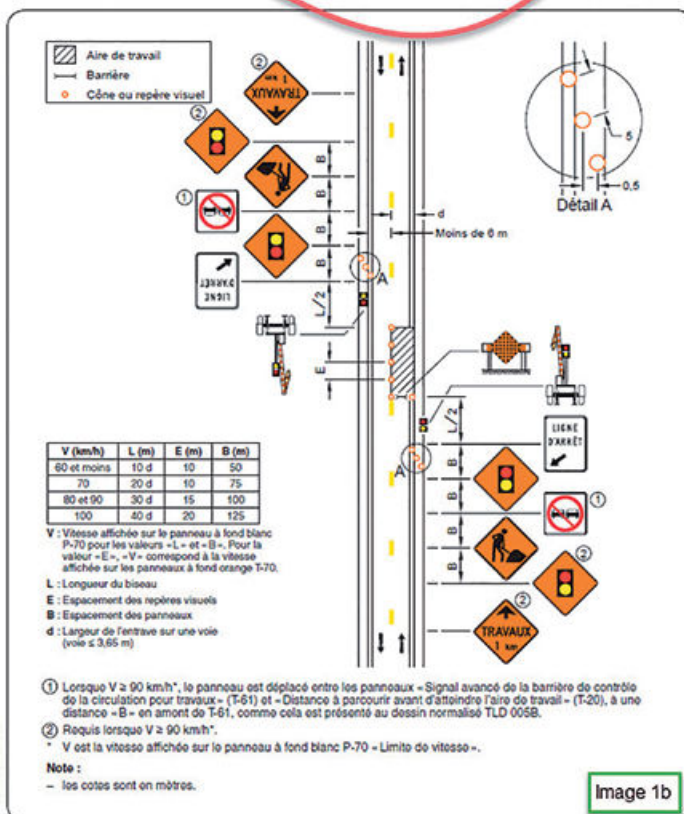


Image 1b

Image 2

COMPATIBLE AU SYSTÈME EFFIA

BARRIÈRE SUR ATTELAGE

SUPPORT COULISSANT POUR HITCH
INCL. CONNECTEUR 7 BRINS (RSS580)

BARRIÈRE SUR REMORQUE

REMORQUE EFFIA À MULTI-USAGES
(RSS60)

BARRIÈRE SUR CAISSON

CAISSON MOBILE - POUR BATTERIE
(RSS44)

l'alternance avec feux ou la fermeture avec détour, elle requiert du personnel actif plus coûteux qui est limité dans son nombre d'heures de travail par jour. De plus, elle expose le personnel de manière prolongée aux accidents puisque celui-ci reste en première ligne tout au long des travaux. Malheureusement, plusieurs accidents, dont certains mortels, ont d'ailleurs fait les manchettes dans les dernières années. C'est donc pour remédier à cette problématique en matière de sécurité tout en gardant les avantages de flexibilité qu'une nouvelle méthode a fait son apparition il y a quelques années : la TCD 005B - Alternance de la circulation - Utilisation d'une barrière de contrôle. La TCD 005 originale prend quant à elle la désignation TCD 005A.

L'arrivée de la TCD 005B

(voir image 1b)

C'est en 2015 qu'on voit l'arrivée du concept de barrière de contrôle pour la première fois dans le Tome V et dans les devis du Ministère. Cette année-là, la grande majorité des devis demandait son utilisation, mais aucune compagnie n'en possédait ou n'en fabriquait à grande échelle. De plus, le coût de la barrière était démesuré pour les entreprises en gestion de la circulation. C'est donc les coûts d'acquisition et l'incapacité à se procurer la barrière

qui l'ont fait disparaître avant même le début de la saison, et ce, pour les trois années qui ont suivi. Puis, suite aux accidents mentionnés plus haut, une pression est venue de la part des employés du secteur et de la CNESST afin de concrétiser le projet de barrière de contrôle. Plusieurs comités se sont formés et des balises d'utilisation accompagnées de délais pour l'implantation ont été mises en place. C'est en 2020 que l'industrie a été informée qu'à partir de 2021, il serait obligatoire d'utiliser la TCD 005B sur tout chantier qui s'effectue sur une route où la vitesse de circulation normale (panneaux à fond blanc) est de plus de 70 km/h. Des fabricants tels que Signel, Ver-mac et des entreprises en gestion de la circulation ont alors commencé à produire à grande échelle ces barrières afin de répondre à leurs propres besoins ainsi qu'à ceux de leurs clients. Évidemment, la mise en place de ce nouveau procédé aura engendré des coûts importants en acquisition, mais aussi en termes de formation et d'accompagnement du personnel ce qui se reflète dans les prix des offres de services. Nous reviendrons donc sur cet aspect important plus loin.

Utilisation et fonctionnement

(voir image 2)

Côté matériel, il existe deux grandes catégories de produits : les barrières intégrées au véhicule (permanentes ou sur attelage) et les barrières indépendantes (sur caisson ou sur remorque). Chaque catégorie offre des avantages et des inconvénients. Les barrières indépendantes étant les plus économiques, mais moins autonomes et imposantes. Celles intégrées au véhicule étant les plus faciles à transporter et rapides à mettre en fonction, mais sans aucun doute les plus coûteuses à opérer puisqu'elles sont sur un véhicule. Voici quelques exemples concrets de combinaisons possibles selon les besoins au chantier :



PLANAGE ■ PULVÉRISATION ■ STABILISATION ■ LOCATION



DES SOLUTIONS, DES ROUTES DURABLES



Licence RBQ :
2237-5927-05

Pour des économies
de temps et d'argent
et des techniques
de pointe.

4915, rue Louis-B.-Mayer, Laval (Québec) Canada H7P 0E5 450 664-2818

www.soter.com

Deux signaleurs et deux barrières indépendantes

Cette équipe est la plus économique et est idéale pour des travaux qui ne bougent pas ou bien ne bougent que très peu tels que des projets de réfection de ponceaux ou de ponts, la gestion d'accès au chantier ou autres interventions ponctuelles sur un site sont tous des types de projets dans lesquels cette équipe excelle.

Deux signaleurs et deux camions avec barrières intégrées

Cette équipe est parfaite pour les travaux qui requièrent de couvrir plusieurs sites distancés dans la même journée et qui offre la possibilité d'un délai court pour le ramassage, le déplacement et la mise en place entre chaque site. (Télécom, inspection de structure, forage, etc.)

Un chef d'équipe, trois signaleurs, quatre camions avec deux barrières intégrées

Cette équipe permet la mise en place de zones de travail en amont de travaux mobiles (pavage, scellement de fissure, etc.) afin d'éviter toute suspension des travaux et arrêt de production en raison du temps requis pour déplacer le matériel de signalisation. Les travaux peuvent donc se réaliser en continu, et ce, sans interruption à l'aide de cette équipe qui déplace la signalisation selon la progression des travaux.

Enjeux

Tout changement de méthode de travail apporte son lot d'enjeux avec lui, qu'on parle de l'aspect financier, sécuritaire ou simplement de la faisabilité selon les ressources nécessaires. Voici donc quelques exemples selon votre situation face à ce changement.

Pour l'utilisateur du réseau routier :

Comme depuis plusieurs années, l'utilisateur est habitué à voir la même signalisation à l'approche d'un chantier et n'y porte plus vraiment attention. Un peu comme quand vous êtes en route pour le travail ou votre maison et que sans vous en rendre compte, vous tombez sur le pilote automatique et vous prenez une rue ou une sortie d'autoroute sans avoir eu à y penser. Toutefois, une fois arrêté, l'automobiliste s'attend à recevoir les indications du signaleur alors qu'en fait, il doit regarder les signaux lumineux et la barrière. En l'absence d'indication du signaleur, il peut décider de ne pas s'immobiliser ou au contraire, de rester immobile alors que c'est à son tour de circuler. Ce type de comportement peut causer un ralentissement de la circulation ou, dans le pire des cas, un accident. Pour remédier à cette problématique, les travailleurs devront rester très alertes dans les prochaines années autant afin de préserver leur sécurité, mais aussi celle des autres travailleurs et utilisateurs du réseau (piétons, cyclistes et automobilistes).

Pour les entrepreneurs généraux :

Pour les entrepreneurs, le principal enjeu est la vitesse de mise en place et de déplacement de la signalisation. La planche TCD 005B est plus complexe à mettre en place particulièrement si elle est réalisée à l'aide de remorques ou autre système autonome. Le temps perdu entre chaque zone de travail doit donc être considéré en soumission comme du temps d'attente pour ses

équipes. De plus, la barrière peut, dans certaines situations, être moins imposante qu'un signaleur et donc augmenter la possibilité d'intrusion dans le chantier et par conséquent, augmenter les risques d'accident. Une formation spécifique devrait être donnée aux travailleurs de l'entrepreneur afin de les sensibiliser à ce danger et leur donner des trucs pour minimiser le risque.

Pour les entreprises en gestion de circulation :

Pour les entrepreneurs en gestion de la circulation, les enjeux sont multiples et complexes. Premièrement, il y a le coût d'acquisition et d'entretien du matériel (barrières et véhicules supplémentaires pour maximiser l'efficacité au chantier). Deuxièmement, il faut informer et former les employés. Les ouvriers d'expérience sont souvent réfractaires au changement puisqu'ils ne se sentent plus en contrôle de la situation et donc de leur sécurité. Certaines peurs peuvent aussi faire surface par exemple, la peur de défectuosité de l'équipement, la peur d'être remplacé par la technologie, ou simplement la peur de se tromper et de causer des blessures à un travailleur en aval. Il est donc du devoir des employeurs d'offrir de la formation en continu afin de minimiser l'impact sur le personnel de première ligne. Finalement, le troisième enjeu en est un de gestion de risques puisque la norme sera appelée à évoluer dans les années à venir. Les compagnies de gestion de la circulation n'ont aucune garantie d'un retour sur investissement puisque la formation et l'équipement peuvent être rendus obsolètes à la suite d'une mise à jour des normes. Tous ces enjeux ont des coûts importants que certaines entreprises n'ont pas les moyens d'assurer. Les petites entreprises pourraient donc choisir de se tourner vers les travaux urbains où la TCD 005B n'est pas requise pour l'instant. Il en va de même pour les gros joueurs qui eux pourraient délaisser certains types de travaux pour se tourner vers les grands chantiers autoroutiers. Le tout ayant pour conséquence de limiter l'offre de service pour les entrepreneurs et donc pour le MTQ. Finalement, les entreprises qui décident de continuer dans ce secteur d'activité doivent revoir leurs coûts, augmenter leur main-d'œuvre et inévitablement, refiler la facture à leurs clients, ce qui augmente le coût global de plusieurs projets tous secteurs confondus.

Conclusion

Au final, les accidents sur les chantiers dans les dernières années, l'augmentation de la préoccupation des travailleurs pour leur propre sécurité, la pénurie de main-d'œuvre et l'évolution des normes en matière de SST sont tous des facteurs qui ont favorisé la réforme d'une pratique qui datait de plus de 20 ans. Au passage, bien que cette modification des bonnes pratiques engendre d'autres problématiques, nous restons confiants qu'il s'agit d'une belle avancée afin d'améliorer grandement la sécurité des signaleurs, des travailleurs et des usagers du réseau routier.

Référence image :

Image 1 : Ministère des Transports du Québec, TOME V Signalisation routière.

Image 2 : Signel Services inc. Brochure publicitaire feu barrière pour signalisation routière 2021.



Yan SYLVESTRE
Directeur principal -
Ingénierie des matériaux
Groupe ABS inc.

Le contrôle qualitatif, un investissement durable

Pour les donneurs d'ouvrage, le contrôle qualitatif des matériaux et de leur mise en œuvre lors des travaux de réfection ou de construction de chaussées en enrobé bitumineux devrait toujours être considéré comme une dépense qui peut s'avérer payante. Tout d'abord, d'un point de vue monétaire, il assure une durabilité optimale du réseau et minimise les coûts d'entretien. D'un point de vue fonctionnel, il permet d'optimiser la qualité de la surface de roulement et ainsi le confort des usagers. Pour les entrepreneurs et les fournisseurs, un contrôle qualitatif offre une assurance d'un travail bien exécuté et une certaine valeur en cas de litige. Mais surtout, pour les contribuables québécois et les usagers de la route, un contrôle qualité adéquat est gage d'une saine gestion des fonds publics, par les instances gouvernementale ou municipale, et d'une tranquillité d'esprit pour plusieurs années.

Un peu comme la finition intérieure d'une maison en comparaison avec la qualité de ses fondations ou de sa structure, les usagers de la route s'attarderont davantage au confort de roulement, à l'esthétisme et à la durée de vie du réseau routier pavé comparativement à la qualité de la construction

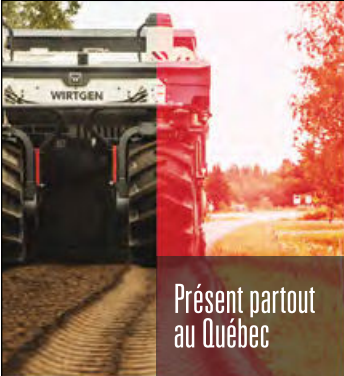
d'un réseau d'égouts, par exemple. Bref, les coûts associés au contrôle qualitatif pouvant osciller entre 2 et 3 % de la valeur des travaux, pourquoi s'en passer!

Rôles et responsabilités du laboratoire

Dans bien des projets, un seul intervenant est dédié spécifiquement à la qualité : le laboratoire ⁽¹⁾. Spécialisé dans les enrobés bitumineux, cette firme travaille en collaboration avec les divers intervenants des projets dans le but que les travaux soient réalisés conformément aux exigences techniques des documents contractuels et en adéquation avec les objectifs du projet. Indubitablement, dès le début du projet, la définition de ces objectifs est d'une importance capitale. Le contexte, les contraintes et le budget doivent être solidairement pris en considération.

Le laboratoire effectuant le contrôle de la qualité des travaux de pavage vise à assurer la pérennité des ouvrages en veillant au respect des exigences du donneur d'ouvrage et des règles de l'art de l'industrie. Les professionnels spécialisés en ingénierie

⁽¹⁾ Pour les projets réalisés pour le compte du ministère des Transports du Québec (MTQ), les notions de Représentant du surveillant responsable de l'assurance de la qualité (RSRAQ) et de Représentant technique du surveillant en contrôle de la qualité (RTSCQ) doivent être prises en considération. Lorsque le Ministère fait appel à un laboratoire mandataire pour l'assurance de la qualité, les RTSCQ constituent l'équipe technique du laboratoire sous la supervision du RSRAQ (soit le chargé de projet du laboratoire). Dans le cadre du présent article, nous simplifierons l'ensemble de ces rôles à la notion de Laboratoire.



Entretien et réhabilitation de chaussées

Présent partout au Québec

Pulvérisation et stabilisation

Planage (0.08m, 0.18m, 0.26m, 0.5m, 1.0m, 1.2m, 2.2m, 2.5m, 3.8m)

Planage par guidage 3D

Planage d'enrobés bitumineux amiantés

Microplanage (0.5m, 1.2m, 2.2m)

Transport en vrac

Balayage (mécanique et aspirateur)

Camions citernes

Unités de préchauffage infrarouge



HIRF

OSONS FAIRE AUTREMENT

constructionshdf.com

1.844.4.PLANAGE

TÉL.: 418 246.5219 TÉLÉC.: 418 246.5236 ESTIMATION@CONSTRUCTIONSHDF.COM

LICENCE REG 1471-8843-63

des matériaux mettent à la disposition des maîtres d'ouvrage leurs connaissances des normes en lien avec les travaux de pavage ainsi que leur compréhension du comportement des matériaux et les conseillent, au besoin, sur l'utilisation des matériaux les plus appropriés pour atteindre les niveaux de performances voulues pour les ouvrages existants ou projetés.

Le travail du laboratoire, concrètement

Pour les néophytes, le laboratoire procède uniquement à des « tests » en chantier et en laboratoire. Cependant, cette compréhension de la responsabilité du laboratoire n'est pas exacte, puisque le contrôle qualitatif des enrobés bitumineux doit être réalisé à travers l'ensemble des phases d'un projet. Les responsabilités du laboratoire sont nombreuses et débutent avant même les travaux de pavage en chantier.

Tout d'abord, le laboratoire réalise une analyse technique des exigences contractuelles du projet pour ainsi vérifier théoriquement les fiches techniques des matériaux qui seront soumises par l'entrepreneur. Ensuite, les techniciens de laboratoire en chantier réalisent des inspections qualitatives des activités de mise en œuvre des matériaux. Ceux-ci doivent posséder une formation adéquate afin de bien reconnaître toutes les situations pouvant affecter la qualité des travaux.

Préalablement aux travaux de pavage, les techniciens effectuent une inspection afin de s'assurer que la mise en forme de la surface sous-jacente (matériaux granulaires ou enrobés existants), que le degré de compacité du substrat et que la propreté générale de la surface sont adéquats, en plus de vérifier l'absence de zones instables et d'irrégularités dans le nivellement final. Dans certains cas, le technicien devra porter une attention particulière à certains aspects, tels que l'obtention des résultats conformes d'analyses granulométriques après compaction, la mise en œuvre d'une couche de correction ou de réparation sur une surface pavée, la préparation des joints longitudinaux et transversaux, etc.

Lors du début des travaux, il est primordial de s'assurer que les conditions climatiques actuelles et prévues sont propices à la réalisation de la mise en place des enrobés bitumineux et que les équipements requis pour la bonne exécution des travaux sont disponibles. En ce sens, le technicien du laboratoire vérifiera d'abord ces éléments le jour des travaux. Ensuite, celui-ci procédera à la vérification des informations relatives aux matériaux livrés en chantier afin de s'assurer qu'ils correspondent aux formules de mélange d'enrobé bitumineux préalablement approuvées. En plus de vérifier l'état des chargements (présence de bâche adéquate, propreté de la benne, etc.), le technicien procédera à la vérification de la cure et de l'évaporation des solvants du liant d'accrochage.

Lors des travaux de pavage, plusieurs éléments doivent être vérifiés par le laboratoire. D'abord, le technicien doit inspecter visuellement et continuellement les surfaces de recouvrement, superviser les méthodes de travail de l'entrepreneur, effectuer des vérifications régulières de température et procéder au calcul du taux de pose. Sans s'y limiter, il s'assure également qu'il n'y ait pas de nettoyage des bennes sur le tracé de la finisseuse, d'utilisation d'un produit antiadhésif à base d'hydrocarbure

pétrolier, de correction de ségrégation à froid par sablage, de chauffage de joint ou de surface à l'aide d'un chalumeau ou d'une flamme vive et d'arrêt complet de la finisseuse durant plus de deux (2) minutes. Par ailleurs, lorsque le mandat le prévoit, une évaluation de l'homogénéité de pose de l'enrobé par thermographie à l'aide d'une caméra infrarouge peut être effectuée. Aussi, le technicien effectue l'échantillonnage des matériaux (enrobés, liants, bitumes, etc.) qui seront mis en place. Subséquemment, divers essais qualitatifs sont réalisés en laboratoire afin de déterminer la qualité et la conformité des matériaux prélevés.

De plus, le technicien du laboratoire doit procéder au contrôle du degré de compacité à l'aide d'un nucléodensimètre (*Troxler, Humboldt, Instron Tek CPN, Xplorer*, etc.) ou d'un autre appareil « non nucléaire » tel que le *Transtech Systems PQI 380*. La méthode de prise de mesure doit être adaptée au projet. En effet, le degré de compacité peut être établi par méthode directe, par insertion de la tige, ou par la méthode de rétrodiffusion. Toutefois, la localisation des prises de mesure devra être prise en compte afin de juger de la conformité du degré de compacité. En effet, de manière générale, l'exigence minimale est de 93.0 % et l'exigence maximale est de 98.0 %. Attention! L'exigence minimale est de 92.0 % au niveau des structures telles que les ponts et de 90.0 % pour les joints. La cadence des essais de compacité peut varier d'un projet à l'autre en fonction du donneur d'ouvrage. Dans le cadre des mandats réalisés pour le MTQ, la conformité du degré de compacité de l'enrobé est établie par rapport à la moyenne de prise de mesure de compacité effectuée à six (6) endroits déterminés à l'aide d'une table des hasards. Pour d'autres donneurs d'ouvrage, la cadence et les méthodes de prise de lecture peuvent être diverses. Il est donc important de se référer aux documents contractuels du projet.

Suivant la réalisation des travaux de pavage, une vérification doit être réalisée afin de soulever toute déficience telle que la présence d'irrégularité des niveaux, de ségrégation, d'hétérogénéité de texture, de ressuage, etc. De son côté, le chargé de projet du laboratoire effectuera un suivi des résultats obtenus en chantier et en laboratoire et pourra émettre les attestations de conformité requises. Aussi, des travaux de carottage pourraient être envisagés afin de réévaluer le degré de compacité et l'épaisseur du revêtement bitumineux ou afin de réaliser des essais AMAC (mesure de l'adhésion des couches d'enrobés).

Ce qu'il faut retenir...

La réalisation de travaux de qualité est un travail d'équipe et le laboratoire mandaté pour la réalisation du contrôle qualitatif des matériaux et leur mise en œuvre peut être votre meilleur allié lorsque vient le temps de réaliser des travaux de pavage durables. Le laboratoire joue un rôle essentiel, il est le gardien de la qualité et de la saine gestion des fonds publics. Il ne faut donc pas sous-estimer sa valeur ajoutée. Si vous devez retenir une chose du présent article, c'est que le rôle du laboratoire ne se limite pas simplement à réaliser des essais en chantier et en laboratoire.



Marc PROTEAU, ing.
Vice-Président technique –
Amériques et Océanie
Eurovia



Amélie GRIGGIO, ing.
Directrice adjointe – Centre
Technique Amériques
Eurovia Canada

Les graves traitées à froid en usine Hautes Performances – Performances mécaniques et avantages environnementaux

Remerciements : Nancy Garret et Frédéric Guimond
(Centre Technique Amériques – Eurovia Canada)

Les graves traitées à froid en usine sont des techniques connues et maîtrisées par le groupe Eurovia depuis de nombreuses années.

Les premiers chantiers ont été réalisés au Québec pour la ville de Montréal en 1992.

Cette technique permet de recycler des résidus d'enrobés (concassés et/ou tamisés), des matériaux décohesionnés et des bétons concassés dans des proportions variant de 50 à 100%.

Techniques « à froid », à base d'émulsion de bitume, elles présentent des avantages environnementaux significatifs, en plus de performances mécaniques très intéressantes.

Malgré les nombreux bénéfices des graves traitées à froid en usine, la nécessité de respecter une période de mûrissement de trois à cinq jours constituait un frein au développement de la technique, notamment en milieu urbain pour lequel elle est particulièrement adaptée.

Des travaux ont donc été menés par le Centre Technique Amériques du groupe Eurovia depuis plusieurs années afin d'éliminer ce délai de mûrissement.

1. Dans une démarche de développement durable et d'écoconception

Les enjeux climatiques actuels et à venir sont une préoccupation majeure pour tous, y compris pour le secteur de la construction routière.

Parmi les principaux objectifs de notre secteur, on peut notamment citer la préservation des milieux naturels et l'abaissement des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Afin de réduire l'impact environnemental des structures de chaussées flexibles, et de répondre aux objectifs cités précédemment, plusieurs actions peuvent être menées :

- Recycler et/ou réutiliser à chaud et à froid les matériaux existants. Les matériaux présents dans les structures de chaussées ont été sélectionnés pour leurs performances au moment de leur mise en œuvre. Bien que certaines caractéristiques aient évolué dans le temps, ces matériaux n'en restent pas moins des matériaux nobles et réutilisables qui présentent des caractéristiques intéressantes. Ils constituent une source abondante de matière première.
- Réduire l'épaisseur des structures afin de limiter le recours aux matériaux neufs et par conséquent leur transport. L'utilisation de matériaux offrant un apport structurant ainsi que des matériaux améliorant la protection contre le gel et la drainabilité de la structure permettent cette réduction.

- Abaisser les températures de fabrication en maximisant l'utilisation des enrobés tièdes dans la partie supérieure des chaussées et le recours aux procédés à froid.

Les graves traitées à froid en usine répondent à tous ces points. Elles peuvent être intégrées à des enrobés de couches de roulement intégrant un fort pourcentage de recyclés dans le cadre des chaussées TFE (Très Faibles Émissivités), afin d'offrir une solution à impact environnemental fortement réduit.

Elles intègrent un fort pourcentage de recyclés dans leurs formulations (jusqu'à 100%), pouvant provenir directement du chantier. Le positionnement de l'usine, à proximité du site des travaux, mène à une diminution du transport. De plus, comparées à des matériaux granulaires, les graves traitées à froid permettent d'augmenter la capacité structurale de la chaussée et donc, pour un trafic donné, de diminuer les



**SIGNALISATION
DES CANTONS**

**Vos experts
en signalisation
routière**

819 987-1483
Sherbrooke et Granby
signalisationdescantons.com

épaisseurs de structure. Enfin, le procédé ne nécessite pas de séchage ou chauffage des matériaux.

Ces différentes caractéristiques constituent un réel avantage environnemental qui peut être mis en évidence par des comparaisons de solution grâce à un éco-comparateur.

L'exemple ci-dessous présente la comparaison de la production d'un enrobé conventionnel, c'est-à-dire fabriqué à chaud et sans granulats bitumineux recyclés, avec la production du même tonnage de différentes techniques à faible émissivité environnementale développées par Eurovia. La comparaison est réalisée à l'aide de l'éco comparateur GAIA, développé par Eurovia, selon trois indicateurs principaux : la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, et la pollution de l'air.

TABLEAU # 1 – Comparaison environnementale pour 10 000 tonnes d'enrobés 0-14mm

TYPE	Conventionnel	Gamme des enrobés bitumineux à faible émissivité environnementale					
	0-14mm	Enrobés tièdes 0-14mm			HR 4X 0-14mm	VHR 4X 0-14mm	RECYFLEX 0-14mm
% GBR	0	0	15	30	35	45	50
% Béton concassé	0	0	0	0	0	0	40
Temp de malaxage, °C	160	130	130	140	165	175	/
Consommation d'énergie, KJ	5 978 465	-6%	-13%	-18%	-17%	-20%	-53%
Émissions de GES, kg CO2 eq	312 811	-6%	-14%	-20%	-19%	-23%	-31%
Pollution de l'air, m³	75 029 220	-3%	-15%	-27%	-29%	-36%	-74%

Les graves traitées à froid en usine constituent l'alternative la plus intéressante du point de vue environnemental. Au niveau de la pollution de l'air, on observe une réduction de 74% (exprimée en somme des masses pondérées de polluants gazeux émis), responsable de phénomènes tels que le smog.

Du point de vue des consommations énergétiques, les graves traitées à froid en usine permettent une diminution de 53%. Cet indicateur traduit la consommation d'énergie, provenant de sources renouvelables ou non renouvelables, nécessaire pour élaborer et transporter les matériaux et fabriquer les enrobés.

Enfin, au niveau de l'émission des GES, principal phénomène expliquant les prévisions de changement climatique, les graves traitées à froid permettent une diminution de 31% par rapport à la même quantité d'enrobés conventionnels.

Il est important de noter que, bien qu'utilisé en très faible quantité dans les formulations, le liant hydraulique atténue les impacts environnementaux positifs des graves traitées à froid, notamment au niveau des GES.

Néanmoins, les avantages environnementaux de cette technique sont indéniables, et, à l'heure d'une prise de conscience générale sur les changements climatiques, les graves traitées à froid en usine apparaissent encore plus aujourd'hui comme une solution des plus intéressantes.

2. Les graves traitées à froid en usine, une technique éprouvée

Tel que mentionné en introduction, les graves traitées à froid en usine sont des techniques utilisées et maîtrisées depuis de nombreuses années.



Image #1 – usine portative



Image #2 – mise en œuvre de grave traitée en usine

Le traitement est réalisé avec une émulsion de bitume et une faible quantité de liant hydraulique qui a pour rôle d'accélérer la montée en cohésion du produit final une fois compacté. Des matériaux granulaires d'ajout peuvent également être nécessaires pour corriger la granulométrie de la grave traitée.

Cette technique est particulièrement indiquée sur des voies nécessitant une démolition totale avec décaissement de la chaussée : travaux de canalisation en milieu urbain par exemple.

Les matériaux excavés peuvent être évacués sur le site de l'usine portative où ils sont préparés, c'est-à-dire concassés et ou tamisés avant d'être réutilisés.

Il est également possible de recycler des matériaux provenant d'autres chantiers ou sites.

Dans tous les cas, une caractérisation des matériaux est réalisée et une étude de formulation est nécessaire afin de définir la formulation (pourcentage d'émulsion, d'eau de compactage et de liant hydraulique).

Les graves traitées en usine se déclinent en une gamme de produits, de différentes granulométries et différents usages.

TABLEAU # 2 – Gamme de graves traitées à froid en usine

	RECYFLEX CI	RECYFLEX EBC-20	RECYFLEX BC- 14	RECYFLEX HP-20 ou HP-14 (MR-2 à MR-6)
Stabilité Marshall Modifiée (kN)	8	15	12	15
Stabilité retenue (%)	70,0	70,0	70,0	70,0
Vides 50 coups (%)	≥ 25	5-15	5-15	5-15
Vides 100 girations (%)	≥ 25	5-15	5-15	5-15
Module en traction indirecte, 10°C – 124ms <i>J+0 (4h après démoulage) (MPa)</i> <i>J+1 (MPa)</i> <i>J+28 (MPa)</i>	≥ 2000	≥ 4000	≥ 3000	≈ 1000 ≥ 2500 ≥ 5000
Conductivité thermique (W/mK)	± 1,0			
Usage	Couche de fondation isolante	Couche de base ou fondation structurante	Couche de base ou fondation structurante	Couche de base ou fondation structurante Hautes Performances

Cette technique offre de nombreux avantages, en plus des bénéfices environnementaux déjà cités :

- Les graves traitées à froid présentent un excellent comportement à l'orniérage, et peuvent être appliquées sur des voies soumises à un trafic élevé, à condition que les couches supérieures en enrobés bitumineux soient dimensionnées de façon adéquate.
- Le fort pourcentage de vides des graves traitées à froid, une fois compactées, permettent un bon comportement face à la remontée de fissures.
- Cette technique présente un très bon comportement aux basses températures (voir figure #1 ci-après). Les contraintes développées dans la grave traitée à basse température sont très faibles, en comparaison d'un enrobé conventionnel.

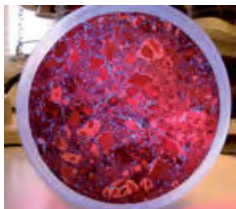
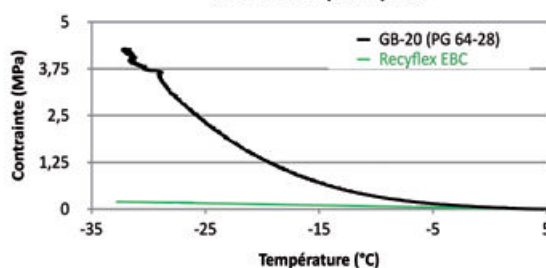


Image # 3 - Éprouvette de Recyflex imprimée de résine

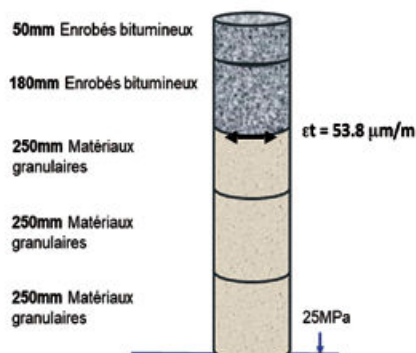
Figure #1 - Essai de retrait thermique empêché



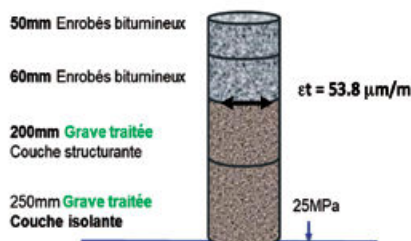
- De plus, les graves traitées à froid en usine présentent un apport structural presque équivalent aux enrobés à chaud (module de rigidité intéressant), et supérieur à celui de couches granulaires, ce qui permet d'augmenter la capacité structurale de la chaussée. Il est donc possible de réduire les épaisseurs d'enrobés bitumineux

Figure #2 – Comparaison structurale – trafic et période de dimensionnement équivalents

Structure Conventiennelle – 500PL/I/sens - 980mm



Structure équivalente Grave traitée – 560mm



en comparaison d'une solution qui intègre seulement des fondations granulaires sous les couches bitumineuses, pour un même trafic.

3. Éléments à prendre en considération lors de sa réalisation

- Comme toute technique à froid, les travaux doivent être effectués par une météo favorable, hors période de gel,
- Des études préliminaires sont requises afin de caractériser les matériaux à recycler et de déterminer les proportions des constituants : teneur en liant, teneur en eau de compactage, pourcentage de liant hydraulique permettant d'obtenir les caractéristiques souhaitées.
- Ce type de technique ne peut pas être mise en couche de roulement et doit obligatoirement être recouverte d'une ou plusieurs couches d'enrobé bitumineux, dont l'épaisseur et la nature sont déterminées en fonction du trafic.
- Comme tout type de matériaux à froid, à base d'émulsion, on observe une montée en cohésion (gain de rigidité) dans les jours suivant l'application du produit. Dans le cas des graves traitées à froid en usine de première génération, une cohésion significative est obtenue après seulement 3 jours. Ce délai est nécessaire à la cure du matériau, c'est à dire à l'évacuation de l'eau contenue dans le produit au moment de sa réalisation (eau de compactage et eau présente dans l'émulsion).

Ce délai peut être perçu comme une contrainte par les donneurs d'ouvrage et constitue alors un frein au développement de la technique, notamment en milieu urbain.

Des travaux ont donc été menés pour éliminer cette contrainte et une nouvelle génération de graves traitées à froid en usine Hautes Performances a été développée.

4. Des performances améliorées

Le développement de la nouvelle gamme Hautes Performances a pour principal objectif l'élimination du délai de cure. Cet objectif se traduit par l'obtention d'une montée en cohésion plus rapide afin de pouvoir recouvrir la grave traitée à froid dès le lendemain de son application et offrir ainsi la même souplesse d'utilisation qu'un matériau de fondation granulaire, tout en garantissant les bénéfices précédemment énumérés.

TABLEAU # 3 – Caractéristiques des matériaux testés

Caractéristiques des matériaux testés						
Matériaux testés	MR-2		MR-4		MR-6	
Résidus de béton (BC) (%)	75	> 50	50	> 30	30	< 50
Résidus d'enrobés (EB) (%)	10	≤ 15	25	15 < et ≤ 35	55	50 < et ≤ 85
Granulats Neufs (GN) (%)	15	< 50	25	< 55	15	< 50

TABLEAU # 4 – Résultats d'étude de formulation

	Matériaux testés	standard	HP	Δ
Formulation	MR-2	85%	85%	
	0-5 mm	15%	15%	
	Liant bitumineux résiduel ajout - Émulsion standard	2,40%		
	Liant bitumineux résiduel ajout - Émulsion HP		2,40%	
	Ciment standard	1,0%		
	Liant hydraulique HP		1,0%	
Résultats (selon LC26-002)	Stabilité Marshall Témoin (N)	18 616	24 880	+33%
	Stabilité Marshall après trempage (N)	14 675	21 595	+47%
	Stabilité retenue (%)	78,8	86,2	+9%

Les travaux menés au Centre Technique Amériques du Groupe Eurovia sont basés sur une nouvelle émulsion de bitume et un liant hydraulique adapté permettant d'atteindre les performances visées, c'est à dire, l'obtention d'une forte cohésion « instantanée », mais également l'assurance de performances mécaniques significatives, sans délai de cure avant la pose des enrobés bitumineux sur la couche de grave traitée en usine.

L'étude a porté sur divers types des matériaux recyclés de type MR-2, MR-4 et MR-6, afin de balayer les possibilités des matériaux disponibles sur nos sites.

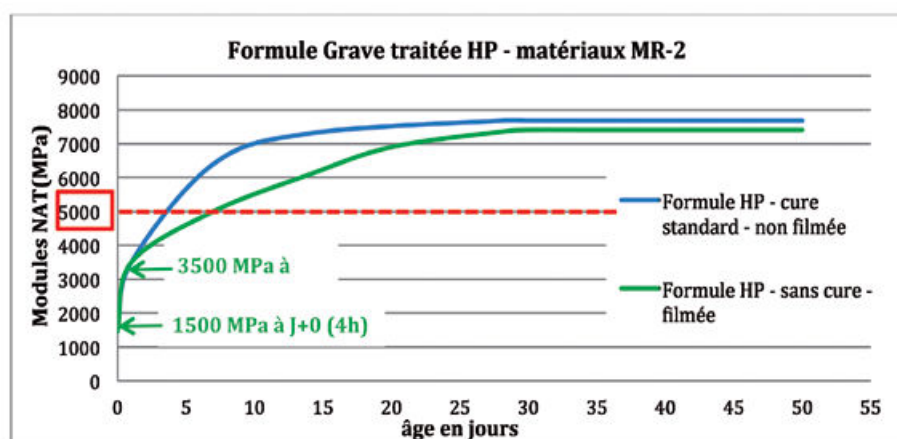
Une vérification des performances usuelles de laboratoire d'une formule Hautes Performances (émulsion et liant hydraulique adaptés) en comparaison d'une même formulation « standard » (émulsion et liant hydrauliques conventionnels) a été réalisée, mettant en évidence les bénéfices de la formulation Hautes Performances au niveau de la résistance mécanique (voir tableau # 4).

La seconde partie de l'étude concerne l'évolution du module de rigidité.

Deux séries d'éprouvettes ont été fabriquées avec la formulation Hautes Performances.

Sur la première série, les éprouvettes fabriquées selon la méthode LC26-002 ont été démoulées directement après compactage, placées dans une étuve à 38°C durant 24 heures et ont ensuite été conservées à température ambiante.

Sur la seconde série, les éprouvettes ont été fabriquées selon la méthode LC26-002, démoulées directement après compactage et un recouvrement a été simulé : Les éprouvettes ont été recouvertes d'un film de plastique sur les parois et la face supérieure. La face inférieure, libre, a été posée sur un support en MG-20, et les éprouvettes ont été conservées ainsi, à température ambiante.

Figure # 3 – Évolution des modules**Images # 4 et 5 – Série d'éprouvettes simulant un recouvrement**

Sur chaque lot d'éprouvettes, des essais de modules en traction indirecte ont été réalisés à différentes échéances (modules à 10°C, 124ms, selon la norme NF EN 12697-26 annexe C).

Sur la deuxième série d'éprouvette, des essais de modules ont été réalisés au jour 0, 4 heures après démoulage. La figure # 3 présente les résultats des essais menés sur la formulation Hautes Performances à base de MR-2.

Le module testé à J+0, seulement 4 heures après démoulage est remarquable (1500 MPa).

En 24 heures, on note une augmentation de module de 2000 MPa (3500MPa à J+1).

Les résultats montrent également que le recouvrement de la grave traitée n'a pas d'impact sur les performances mécaniques à long terme. Bien que la montée en cohésion soit plus lente sur la série d'éprouvettes sur laquelle un recouvrement est simulé, le niveau de module après un mois est similaire pour les deux séries d'éprouvettes. La spécification de 5000MPa est atteinte après seulement cinq jours sur la série soumise à une cure standard, après une semaine sur la série d'éprouvettes simulant le recouvrement.

Les mêmes essais ont été réalisés sur des formulations à base de matériaux MR-4 et MR-6, confirmant les observations faites sur les matériaux MR-2 :

- Une forte cohésion instantanée, avec des modules supérieurs à 1000 MPa à J+0;
- Des performances améliorées avec un module de 5000 MPa atteint dans les 15 premiers jours sur les éprouvettes simulant un recouvrement;
- Des performances mécaniques qui ne sont pas affectées par un recouvrement directement après la fin du compactage.

Il est donc possible de s'affranchir du délai de cure sur chantier pour cette gamme de graves traitées à froid en usine Hautes Performances.

Sur l'exemple de la figure # 2, cité précédemment, les graves Hautes Performances permettent d'obtenir une rigidité adéquate de façon quasi instantanée. Les efforts de traction dans les enrobés mis en œuvre en épaisseurs plus faibles (bénéfices de la grave traitée), sont ainsi comparables, sans aucun délai de cure, à ceux des enrobés de la structure conventionnelle.

De façon plus précise, le module de la grave traitée doit atteindre une valeur de 1700 MPa pour assurer l'équivalence des efforts de traction entre les deux structures. Ce niveau de module est atteint en quelques heures à peine.

Des essais rhéologiques complémentaires ont été menés sur les formulations, notamment des modules en traction compression, permettant d'évaluer le comportement visco-élastique de ces matériaux. Ces essais ont confirmé le comportement à tendance élastique de ce type de matériaux – faibles angles de phase – et leur faible susceptibilité aux variations de températures, (voir tableau # 5 et figure # 4).

Des essais sont actuellement en cours pour approfondir les connaissances sur les matériaux, notamment des essais de fatigue.

La figure # 4 montre clairement la différence de comportement entre un enrobé à chaud conventionnel et une grave traitée à froid.

TABLEAU # 5 – Valeurs de modules en Traction compression directe - grave traitée

T (°C)	Fr (Hz)	E* (MPa)	ϕ_E (°)	E1 (MPa)	E2 (MPa)
10	10	4096	7,66	4059	546
	3	3785	8,35	3745	550
	1	3523	8,97	3480	549
	0,3	3236	9,69	3189	545
	0,1	2997	10,49	2947	546



Image # 6 - Éprouvette de grave traitée instrumentée pour essai de module en traction compression directe ou fatigue

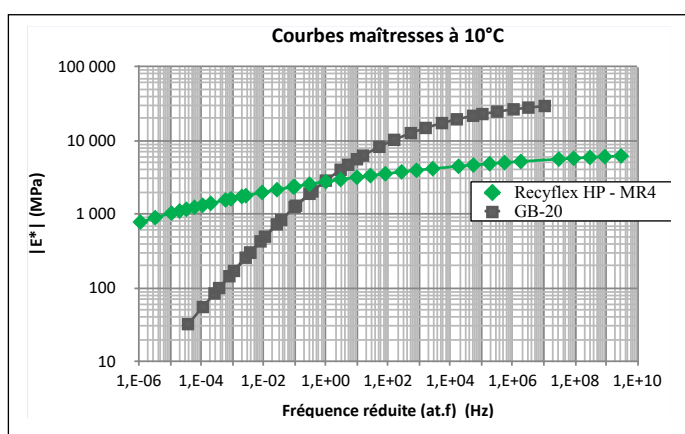


Figure # 4 – courbes maîtresses à 10°C

Le module évolue peu sur la plage de température et fréquence ayant servi à établir la courbe maîtresse :

- À faible température, la faible évolution de la rigidité assure l'excellente résistance au retrait thermique (fissuration transversale).
- A haute température, ce même comportement évite la perte de rigidité de la structure (limitation des efforts de traction dans la couche d'enrobé) et assure une très bonne performance contre les déformations de la plate-forme support.

Conclusion

Grâce à une émulsion de bitume et un liant hydraulique renouvelés, les graves traitées à froid en usine Hautes Performances présentent une montée en cohésion très rapide et un module de rigidité significatif dès que le compactage est terminé. L'évolution du module, propre aux matériaux à froid, n'est pas affectée par leur recouvrement dès la fin de leur application-compaction. Après un mois, le module de rigidité est supérieur à 5000MPa.

Cette nouvelle génération de graves traitées permet donc une souplesse d'utilisation similaire à un matériau granulaire pour l'organisation du chantier avec l'affranchissement des délais de cure. Elle présente le même apport structural significatif que les formulations de graves traitées de première génération et conserve les mêmes avantages environnementaux très intéressants, avantage des plus importants face aux défis climatiques actuels et à venir.

Le comportement rhéologique de cet eco-procédé est significativement différent de celui des enrobés bitumineux conventionnels, avec notamment une thermo-sensibilité fortement réduite.

Ce matériau de nouvelle génération, constitue une réelle solution aux besoins de décarbonisation en construction routière.

Contrôle de la qualité des matériaux de fondation pulvérisés et stabilisés

Manon RINIERI, étudiante à la maîtrise

Éric LACHANCE-TREMBLAY, ing., Ph. D., professeur

Michel VAILLANCOURT, ing., Ph. D., professeur

École de technologie supérieure

Introduction

Ce projet de recherche vise à accroître le potentiel d'utilisation d'une technique de réhabilitation des chaussées bitumineuses : le retraitement en place avec stabilisation. Il s'insère dans un des secteurs de recherche du Laboratoire sur les Chaussées et les Matériaux Bitumineux (LCMB) de l'École de Technologie Supérieure (ÉTS). Le financement du projet est assuré en collaboration avec l'entreprise Groupe Conseil SCT et l'organisme MITACS.

Mise en contexte

Le retraitement en place des chaussées âgées est une technique de réhabilitation réalisée *in situ* qui permet le recyclage en place des matériaux des couches supérieures de la structure de chaussée. Applicable aux structures de chaussée souple, cette technique permet la réutilisation et la valorisation des matériaux de la fondation granulaire et de l'enrobé bitumineux. Ce procédé de retraitement vise à reconstituer une nouvelle fondation à partir des matériaux existants en fragmentant puis en malaxant le revêtement bitumineux avec tout ou partie de la fondation granulaire et ajout d'éventuels additifs. Une première étape consiste donc à pulvériser sur une profondeur maximale de 300 mm le revêtement bitumineux sur toute son épaisseur avec une partie de la fondation (ARRA, 2001). On parle aussi de décohéssionnement. Après correction granulaire, si nécessaire et un reprofilage de la nouvelle fondation homogénéisée, une deuxième étape consiste à stabiliser sur une certaine épaisseur les matériaux à froid par addition d'un liant hydraulique et/ou bitumineux puis à compacter les matériaux. À partir du malaxage, les propriétés mécaniques des fondations retraitées et compactées évoluent rapidement du fait du processus de cure qui permet un gain de cohésion au sein du matériau. Ce phénomène qui est appelé la cure est d'une importance significative vis-à-vis de la réouverture au trafic et de la performance à long terme des matériaux stabilisés (Bocci et al., 2011).

de retraitement et de l'ajout de liants stabilisants, il est possible par rapport à l'ancienne chaussée (SETRA, 2004) : 1) d'améliorer les caractéristiques des couches de surface (ex. : amélioration de l'UNI) ; 2) d'obtenir un renforcement structurel. Le choix de la technique de retraitement en place est fixé par des études préliminaires, une étude de diagnostic de l'état passé/actuel de la chaussée et une enquête sur le terrain plus ou moins approfondies selon les cas. Ces analyses en vue du dimensionnement des travaux sont principalement :

- des recherches sur l'historique de l'ancienne chaussée;
- des relevés visuels détaillés des défauts majeurs en surface;
- une étude géotechnique (forage) pour déterminer les matériaux en place (épaisseur, type, granulométrie, etc.);
- une profilométrie de la chaussée en mesurant l'IRI été/hiver pour d'attester d'une potentielle sensibilité au gel;
- des essais de déflexion pour mesurer la capacité structurale de la chaussée (FWD ou essai de plaque).

Ce procédé de réhabilitation de chaussées présente des avantages à la fois économiques, environnementaux et techniques, les travaux étant réalisés en place et à froid (sans préchauffage ou montée en température excessive). La technique permet d'augmenter la capacité portante en préservant les ressources grâce à une valorisation optimale des matériaux de l'ancienne chaussée et un apport minimal de matériaux neufs. Cet élément représente un avantage majeur du point de vue environnemental, car cela permet une économie de ressources naturelles, d'énergie, du volume de transport, tout en diminuant les quantités mises en décharge (principe de réduction) et ultimement, les émissions de GES. Aujourd'hui, l'emploi du retraitement en place est d'autant plus justifié au vu des exigences environnementales et des actions de développement durable.

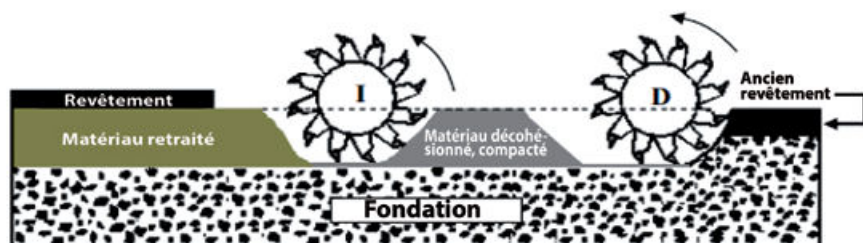


Figure 1 : retraitement en place de type 2 - Charte 2 de Bitume Québec

Cette technique sera utilisée de préférence sur une chaussée âgée dont les dégradations sont localisées en partie supérieure (revêtement bitumineux et tout ou partie de la fondation granulaire) et reposant sur une infrastructure non gélive (Laboratoire des chaussées, 1996). La zone de retraitement doit permettre de corriger au mieux le comportement de la partie supérieure de la chaussée dégradée par le temps et les facteurs extérieurs (environnement, charges). En fonction de l'épaisseur

Historique de la technique de retraitement au Québec

Le retraitement des anciennes chaussées n'est pas une technique nouvelle. Le recours à cette technique a débuté dans les années 1960 et s'est popularisé à partir des années 1980 et 1990 avec le développement d'équipements de retraitement en place plus appropriés et plus performants (Lefort & Girouy, 1997). Au Québec, la méthode de retraitement en place est utilisée depuis 1989, mais le recours à cette technique reste faible face à l'emploi des techniques conventionnelles (Laboratoire des chaussées, 1996). Entre 1991 et 1995, les travaux de retraitement en place ont permis la réhabilitation de plus de 700 km de chaussées (Info DLC, 2001) et de plus de 968 km entre 1991 et 2004, dont 17 %, stabilisées par l'ajout de liant (Bergeron, 2006).



Figure 2 : opération de retraitement en place (The Miller Group, 2017)

Bien que cette technique ne soit pas nouvelle, elle n'a pas été largement mise en œuvre pour diverses raisons. Cependant, la nécessité de reconstruire les infrastructures existantes d'une manière rentable, durable et plus respectueuse de l'environnement, a récemment encouragé certains acteurs de l'industrie à développer le potentiel d'utilisation de cette technique. À ce sujet, il n'existe pas encore de normes ou de directives nationales concernant ce processus pour aider à sa mise en œuvre à grande échelle, et les spécifications qui existent ont souvent un large éventail d'exigences (Bowers et al., 2020). Dans un rapport publié en 1996, le Laboratoire des Chaussées faisait état de défis par rapport au procédé de retraitement en place. Les principaux inconvénients étaient les suivants (Laboratoire des chaussées, 1996) :

- Période de cure requise;
- Conditions climatiques favorables requises;
- Méconnaissance du comportement à long terme des matériaux recyclés;
- Variabilité des matériaux de chaussées rencontrés.

À ce jour, ces défis sont toujours d'actualité au Québec et limitent le potentiel d'utilisation des procédés de retraitement en place. Notamment, en ce qui concerne la cure, aucune mesure ou suivi n'est effectué en chantier. De plus, les techniques de contrôle de la qualité utilisées sont peu représentatives de l'état réel des matériaux en place.





CLASSE AUTOROUTIÈRE



CLASSE COMMERCIALE



MINI-FINISSEUR



MONTREAL TRACTEUR

Dédié au succès de nos clients depuis 1982



Vente et location d'équipements lourds, pièces, composants et service.

MONTREALTRACTEUR.COM
INFO@MONTREALTRACTEUR.COM

1 800 361-2282

Objectif et description du projet

L'objectif de ce projet est d'accroître le potentiel d'utilisation de ce procédé de réhabilitation qui présente des avantages majeurs d'un point de vue environnemental. Pour y arriver, il est proposé d'évaluer l'applicabilité de certains outils existants afin d'effectuer le contrôle de la qualité et de suivre l'avancement de la cure des matériaux pulvérisés et stabilisés. En identifiant une ou des méthodes d'essais pour contrôler ces paramètres, il est prévu de fournir des lignes directrices concernant le contrôle de la qualité en tenant compte de la réalité de l'industrie. Les efforts porteront sur le développement d'essais en chantier visant à l'AQ/CQ (assurance qualité et contrôle qualité) principalement au niveau de la variabilité des matériaux, de l'évolution de la teneur en eau et des propriétés mécaniques des fondations stabilisées.

Méthodologie envisagée

Comme mentionné précédemment, l'évaluation *in situ* des matériaux pulvérisés et stabilisés est importante afin d'évaluer l'homogénéité et la qualité des matériaux produits, et de déterminer l'état d'avancement de la cure. À cet effet, l'utilisation d'essais tels que le deflectomètre à masse tombante portatif (Light Weight deflectometer, LWD) et le pénétromètre dynamique portatif (DCPT) présentent un potentiel très intéressant pour vérifier notamment la qualité des matériaux de même que l'évolution de la cure. Une autre technique intéressante pour suivre l'évolution de la cure consiste à mesurer la teneur en eau des matériaux stabilisés *in situ* à l'aide de capteurs sans fil.



Figure 3 : utilisation du LWD en chantier (Depatie, 2013)



Figure 4 : utilisation du DCPT en chantier (Depatie, 2013)

Le DCPT et le LWD deviennent de plus en plus populaires comme technique non destructive d'auscultation des couches constituant d'une chaussée en contexte de AQ/CQ. Ces instruments offrent la possibilité de mesurer rapidement, précisément et économiquement la résistance au cisaillement et la rigidité des matériaux de la couche de fondation en place, évitant ainsi la nécessité de prélever des échantillons et d'effectuer divers essais hors-chantier. Également, l'avantage majeur des capteurs sans fils réside dans le fait que la mise en place de ceux-ci est simple et permet d'avoir un portrait global de l'état d'avancement de la cure au sein de la couche stabilisée. La teneur en eau des matériaux stabilisés dans le temps et en profondeur conditionne la pose de l'enrobé de surface, mais aussi la performance à court et long terme de la fondation stabilisée; la mesure *in situ* permettrait donc une estimation de

la diminution de la teneur en eau pour préciser le moment de recouvrement adéquat.

La première partie du projet consiste en la préparation d'un programme d'essais d'AQ/CQ applicable à un chantier type de retraitement en place avec stabilisation. Le contrôle de la qualité *in situ* des matériaux pulvérisés et stabilisés est prévu selon différentes phases d'avancement du chantier : décohesionnement, stabilisation, compactage et cure. Une deuxième étape consistera à vérifier l'applicabilité des techniques retenues directement sur chantier pour évaluer le respect des exigences, l'homogénéité et l'uniformité des matériaux, l'effet de la cure et les propriétés mécaniques des couches stabilisées (rigidité, résistance en pointe). L'étape finale consistera à analyser les résultats des essais chantier et des mesures de teneur en eau dans le but de proposer des lignes directrices à l'industrie de la construction.

RÉFÉRENCES :

- ARRA. (2001). *Basic asphalt recycling manual*. Asphalt Recycling and Reclaiming Association.
- Bergeron, Guy. 2001. *Recyclage à froid des enrobés*. Bulletin d'information technique. INFO DLC. Vol. 6, n° 4.
- Bergeron, Guy. 2006a. *Le retraitement en place des chaussées au Québec*. Revue Routes/Roads, n° 330
- Bocci, M., Grilli, A., Cardone, F., & Graziani, A. (2011). A study on the mechanical behaviour of cement-bitumen treated materials. *Construction and Building Materials*, 25(2), 773-778. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.007>
- Bowers, B. F., Allain, D. E., & Diefenderfer, B. K. (2020). Review of Agency Pavement Recycling Construction Specifications. In *Transportation Research Record* (Vol. 2674, Numéro 8, p. 243-251).
- Depatie, J. (2013). *Évaluation des propriétés mécaniques et physiques des matériaux bitumineux recyclés produits par retraitement en place*
- Laboratoire des chaussées. (1996). *Retraitement en place des chaussées*. Laboratoire des chaussées.
- Lefort, M., & Girouy, J. (1997). *Le point sur le retraitement en place à froid des anciennes chaussées*. 19.
- SETRA. (2004). *Retraitement des chaussées et recyclage des matériaux bitumineux de chaussées*. 36.



Chartre #2: Processus décisionnel pour les options de retraitement en place à froid

CHAUSSEE EXISTANTE			DÉCOHÉSIONNEMENT		OPTIONS DE RETRAITEMENTS						
Enrobés mm	Épaisseur granulaire* (mm)		Classification % DENROBÉS**	Épaisseur de malaxage (mm)		Sélection de l'épaisseur type					Type de retraitement
	Minimale	Maximale		Minimale	Maximale***	75 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	
50	0	@ 9	100 à 85	50	@ 59	r	r	r	na	na	I
50	9	@ 50	85 à 50	59	@ 100	X	X	r	r	r	II
50	50	@ 93	50 à 35	100	@ 143	X	X	r	r	r	II
75	0	@ 13	100 à 85	75	@ 88	X	r	r	na	na	I
75	13	@ 75	85 à 50	88	@ 150	X	X	X	r	r	II
75	75	@ 139	50 à 35	150	@ 214	X	X	X	X	r	II
100	0	@ 18	100 à 85	75	@ 118	X	X	r	na	na	I
100	18	@ 100	85 à 50	118	@ 200	X	X	X	X	r	II
100	100	@ 186	50 à 35	200	@ 286	X	X	X	X	X	II
125	0	@ 22	100 à 85	75	@ 147	X	X	r	na	na	I
125	22	@ 125	85 à 50	147	@ 250	X	X	X	X	r	II
125	125	@ 232	50 à 35	250	@ 357	X	X	X	X	X	II
150	0	@ 26	100 à 85	75	@ 176	X	X	X	na	na	I
150	26	@ 150	85 à 50	176	@ 300	na	nr	X	X	X	II
150	150	@ 279	50 à 35	300	@ 400	na	nr	X	X	X	II
200	0	@ 35	100 à 85	75	@ 235	X	X	X	na	na	I
200	35	@ 200	85 à 50	235	@ 400	na	nr	X	X	X	II
200	200	@ 371	50 à 35	400	@ 400	na	nr	X	X	X	III
250	0	@ 44	100 à 85	75	@ 294	X	X	X	na	na	I
250	44	@ 250	85 à 50	294	@ 400	na	nr	X	X	X	III
250	250	@ 464	50 à 35	400	@ 400	na	nr	X	X	X	III
300	0	@ 53	100 à 85	75	@ 353	X	X	X	na	na	I
300	53	@ 300	85 à 50	353	@ 400	na	nr	X	X	X	III
300	300	@ 557	50 à 35	400	@ 400	na	nr	X	X	X	III

* Matériaux granulaires de fondation ou de correction lorsque requis

** Classification selon la teneur en enrobés

*** 400 mm , profondeur limitée par le matériel

Pour les dosages types en liant, voir la chartre #4

S'apparente à un MR-6

S'apparente à un MR-5

r Rechargement en enrobés

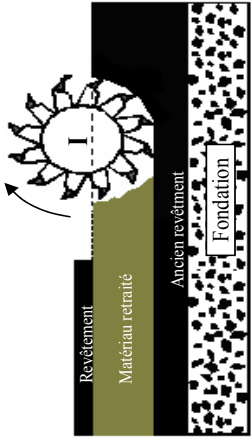
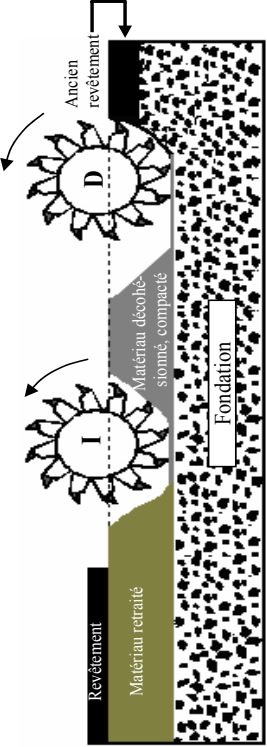
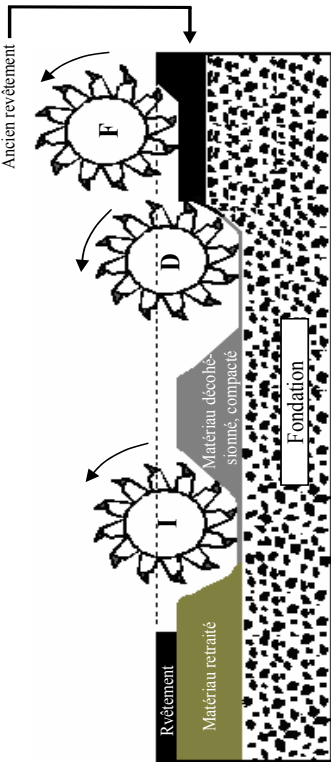
na Non applicable techniquement

nr Non recommandé économiquement

Pour les épaisseurs de recouvrement en enrobés, voir la chartre #3

S'apparente à un MR-7



TYPE DE RETRAITEMENT		OPÉRATIONS	
I		INTERVENTION UNIQUE	Opération qui consiste à rétablir les profils de surface et à fragmenter en une seule opération les enrobés bitumineux en place tout en introduisant un liant hydrocarboné ou un liant composé qui gagne en cohésion après le curage. Le matériau retraité est épanché mécaniquement au moyen d'un finisseur intégré selon l'alignement et la pente spécifiés. La compacité est obtenue par des rouleaux compacteurs. ▪ Séquence : 1- Fraissage / Reprofilage 2- Malaxage / Injection 3- Répandage / Mise en forme 4- Compactage
		D	Opération qui consiste à fragmenter l'enrobé bitumineux en place et de malaxer simultanément une partie de la fondation granulaire sous-jacente. Le matériau obtenu est mis en forme et compacté. Lorsque requis, l'ajout de granulat de correction est prévu à cette étape. ▪ Séquence : 1- Décohesionnement 2- Déblai en urbain 3- Mise en forme 4- Compactage
II		INTERVENTION DOUBLE	Opération qui permet d'introduire un liant hydrocarboné ou composé au matériau fragmenté qui gagne en cohésion après curage. Le matériau retraité est nivelé mécaniquement au moyen d'une niveleuse selon l'alignement, la pente et le bombement spécifiés. La compacité est obtenue par des rouleaux compacteurs. ▪ Séquence : 1- Malaxage / Injection 2- Mise en forme 3- Compactage
		I	Opération qui consiste à rétablir les profils de surface, à fragmenter et enlever en tout ou en partie la couche d'enrobés bitumineux existante. ▪ Séquence : 1- Fraissage / Reprofilage
III		INTERVENTION TRIPLE	Opération qui consiste à fragmenter les enrobés bitumineux en place et de malaxer simultanément une partie de la fondation granulaire sous-jacente. Le matériau obtenu est nivelé et compacté. ▪ Séquence : 1- Décohesionnement 2- Déblai en urbain 3- Mise en forme 4- Compactage
		I	Opération qui permet d'introduire un liant hydrocarboné ou composé au matériau fragmenté qui gagne en cohésion après curage. Le matériau retraité est nivelé mécaniquement au moyen d'une niveleuse selon l'alignement, la pente et le bombement spécifiés. La compacité est obtenue par des rouleaux compacteurs. ▪ Séquence : 1- Malaxage / Injection 2- Mise en forme 3- Compactage

Recyclage des plastiques souples post-consommation dans les enrobés

Gabriel OROZCO, CPI, Ph.D., chercheur postdoctoral, École de technologie supérieure

Carla DE OLIVEIRA PINTO, étudiante stagiaire, Université de São Paulo

Alan CARTER, Ing., Ph.D., professeur, École de technologie supérieure

Partenaires : RITMRG

1. Quelques chiffres pour encadrer le problème

Le Canada produit 3,27 mégatonnes (Mt) de déchets plastiques chaque année. Environ 86% sont enfouis, 4% sont incinérés et seulement 10% sont recyclés (Environnement et changement climatique Canada, 2019). Parmi ces 3,27 Mt on retrouve 0,55 Mt d'emballages plastiques souples (sacs, poches, stretch...), incluant les besoins de l'agriculture. Ces plastiques souples sont sans doute ceux dont le cycle de vie est le plus linéaire et le plus court. Pour répondre au cruel manque de voies de traitement plus responsable, le recyclage de ces plastiques post-consommation dans l'enrobé routier est une option réétudiée ces dernières années (Austroads, 2021). En effet, ces 0,55 Mt sont à comparer au 35 Mt d'enrobés posés annuellement. En ordre de grandeur, l'intégralité des déchets plastiques souples

produits ne représente donc « que » 1,5% de l'enrobé pavé. Ce n'est pas grand-chose, non?

2. Par quel bout prendre le problème?

Bien entendu, le calcul précédent ne répond pas aux vraies questions :

- L'enrobé modifié est-il plus performant? En l'absence de mesure incitative, l'ajout de plastique représente un coût. Le gain de performance permet-il d'équilibrer l'investissement?
- Faut-il incorporer le plastique en amont dans le bitume (voie « humide »), ou lors de l'enrobage (voie « sèche » ou « semi-sèche »)?








NOS SERVICES

- PLANAGE STANDARD
- PLANAGE FIN ■ 3D ■ AMIANTE
- PULVÉRISATION ■ DÉCOHÉSIONNEMENT
- RECYCLAGE À FROID ■ STABILISATION



Le partenaire par excellence!

Depuis 2017 toutes les formations CCQ sur grande fraiseuse et fraiseuse compacte sont assurées par des formateurs ayant acquis leur expérience au sein de la compagnie ACI. Nous sommes fiers de contribuer à former la main d'œuvre de demain.

450 755-6887 ■ www.acimb.com ■ info@acimb.com





- Quelle quantité de plastique peut-on introduire? Peut-on économiser du bitume?

Ces questions sont liées, puisque le mode et le taux d'incorporation du plastique influencent le rôle de ce dernier et les performances de l'enrobé modifié. Pour permettre de mieux encadrer ces réflexions, cet article présente l'approche par voie humide avec des essais de performances sur bitume modifié, et introduit l'approche par voie sèche et semi-sèche. L'étude est le fruit d'une collaboration continue avec la Régie de Traitement des Matières Résiduelles de la Gaspésie (RITMRG).

3. La voie humide

La voie humide consiste à fondre et incorporer le plastique recyclé dans le bitume pur, comme agent modificateur à l'échelle microstructurale, en amont de la production de l'enrobé. Si la modification aux polymères (SBS, EVA...) est banalisée et améliore nettement les performances des liants bitumineux, l'emploi de plastiques souples recyclés reste marginal. Premièrement, ces plastiques sont constitués de résines variables (PTE, PEHD, PVC, PEBD, PP, PS...). Seuls les thermoplastiques, qu'on peut faire fondre et durcir sans les détruire sont viables. Parmi ces polymères, les températures de fusion sont très variées. Le polypropylène (PP) ne fond pas en dessous de 200°C et serait a priori inutile pour la voie humide. *A contrario*, le polyéthylène basse densité (PEBD) s'avère être celui qui possède la température de fusion la plus basse ($T_{\text{fusion}} \approx 120^\circ\text{C}$). En outre, c'est la résine la plus commune dans les plastiques souples postconsommation; elle constitue la grande majorité de nos sacs jetables et des emballages stretch. Pour ces raisons, cette étude par voie humide a testé le potentiel du PEBD incorporé dans un bitume 58S-28 à hauteur de 5 et 10% en masse totale de liant. Ces teneurs sont volontairement élevées pour évaluer les performances critiques et le potentiel de recyclage maximal. Plusieurs aspects ont été étudiés :

- La microstructure du PEBD incorporé dans le bitume;
- Le grade de performance du bitume modifié (T_{haute} et T_{basse});
- La stabilité au stockage du bitume modifié.

3.1. Microstructure du PEBD

Le PEBD fond et s'incorpore facilement dans le bitume chauffé à 170°C (figure 2a). Comme c'est le cas pour les polymères standards, les

deux phases du bitume modifié ne sont pas miscibles. Cependant, le malaxage permet de construire une microstructure de plastique constituée de particules allongées de quelques centaines de μm reliées par des filaments très fins de quelques μm . Il est possible d'observer cette microstructure après extraction du PEBD à l'aide d'un solvant (figure 2c). Cette structure fibreuse est en suspension dans le bitume (figure 2b) et modifie fortement le comportement thermomécanique du liant.

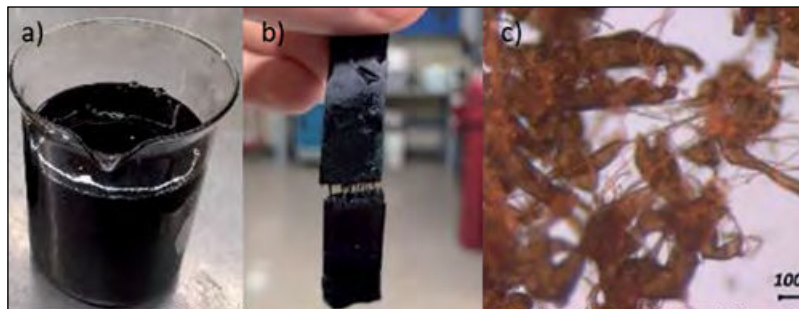


Figure 2. a) 58S-28 avec 10% PEBD, b) Poutre BBR à base de bitume modifié, c) filaments de PEBD extraits au solvant

3.2. Grade de performance du bitume modifié

La température haute (T_{haute}) du bitume modifié est évaluée par des essais de rigidité au *Dynamic Shear Rheometer* à différentes températures (AASHTO T 315, 2019). Les résultats sont présentés à la figure 3. Le PEBD augmente fortement la rigidité du liant. Les températures hautes sont quant à elles très élevées 106 et 124°C pour respectivement 5 et 10% de PEBD. Ces gains de performances importants sont exclusivement dus à la microstructure filamenteuse rigidifiante et beaucoup moins thermosensible que la matrice de

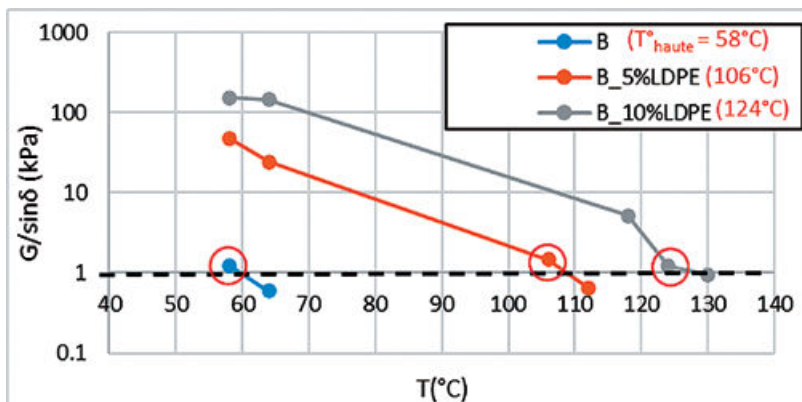


Figure 3. Rigidité du bitume pur (B) et modifié avec 5 et 10% de PEBD (1,59 Hz)

bitume. Ces résultats indiquent que le bitume modifié devrait présenter une excellente résistance à la déformation permanente. L'augmentation de rigidité est telle que 5% de PEBD constitue probablement une limite haute concernant les performances à haute

température. Au-delà, d'autres problèmes (ex : maniabilité) pourraient surgir pour un gain mécanique marginal.

La température basse (T°_{basse}) du bitume modifié est évaluée par un essai de flexion au *Bending Beam Rheometer* (BBR) après un vieillissement accéléré (RTFO + PAV) (AASHTO T 313, 2019). L'ajout de 10% de PEBD fait perdre un grade, T°_{basse} passant de -28 à -22. Cette légère baisse de performance est à relativiser avec la considérable amélioration à haute température et la forte concentration de plastique. *In fine*, au regard des performances thermomécaniques étudiées, le PEBD pourrait être un bon choix pour améliorer sensiblement le comportement à haute température des bitumes les plus mous.

3.3. Stabilité au stockage

La stabilité au stockage est une contrainte industrielle majeure pour garantir une homogénéité des bitumes modifiés aux polymères. Elle est simulée en laboratoire en maintenant un échantillon dans un tube à la verticale pendant 48 h à 163°C ($T^{\circ}_{\text{stockage}}$). Les parties supérieures et inférieures de l'échantillon sont ensuite soumises à un test de consistance (température de bille et anneau) (LC 25-003, 2021). Le résultat de l'essai avec le bitume

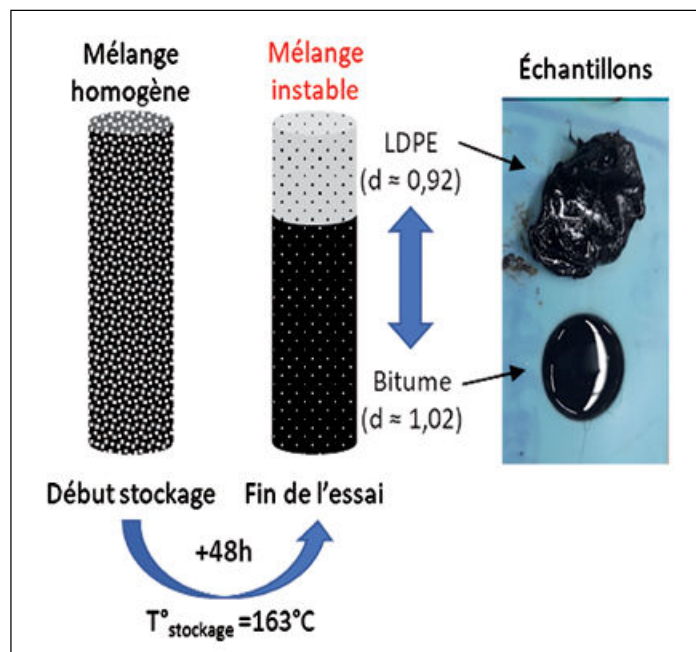


Fig 4. Essai de stabilité sur bitume modifié à 10% de PEBD

FORMATION TECHNIQUE ANNUELLE

7-8 DÉCEMBRE 2022

HILTON QUÉBEC – QUÉBEC

À

METTRE

À VOTRE

AGENDA

modifié à 10% de PEBD est présenté à la figure 4. Le mélange est instable : le polymère décanse et flotte au-dessus du bitume. À 5% de PEBD, le même problème de stabilité a été observé. Il est impossible de tester ces échantillons en l'état. La stabilité au stockage de ce polymère est donc un des grands défis de la voie humide. Deux options sont possibles pour rendre le mélange stable (Yin et al., 2019) :

- Baisser la concentration de PEBD.
- Ajouter un agent compatibilisant (réticulation...).

4. La voie sèche ou semi-sèche

Les limites de la voie humide peuvent également être contournées en ajoutant le plastique recyclé dans l'enrobé lors de sa production. Si le plastique ne fond pas (ex : avec des pellets de PP) et remplace une partie des granulats, on parle de « voie sèche ». Si une partie du plastique fond et ce mélange sert de/dans le liant, on parle de voie « semi-sèche » : c'est le cas pour le PEBD dans un enrobé formulé à chaud. Le potentiel de recyclage est beaucoup plus grand par rapport à la voie humide et bien plus pratique industriellement. En contrepartie, le conditionnement du plastique recyclé (pellets, particules, poudre...) et les paramètres de malaxage/compactage (température, durée...) sont critiques, car ils font varier l'incorporation du plastique dans le mélange. Un ESG-10 avec 5% de PEBD en masse totale de l'enrobé a été produit, compacté et testé en laboratoire (figure 5). Les premiers résultats indiquent une meilleure tenue à l'eau, une excellente résistance à la traction indirecte, comme à la fissuration par rapport à l'enrobé de référence. Une campagne de recherche financée par Recyc-Québec et Développement Économique Canada aura pour but de poursuivre ces travaux et de formuler un enrobé plastique souple recyclé, culminant avec une planche d'essai dans la ville de Percé, en Gaspésie.

Les résultats préliminaires de cette étude sont suffisamment positifs pour pousser plus loin cette étude qui, à moyen terme, devrait permettre non seulement de diminuer la quantité de plastique enfoui, mais aussi de diminuer la consommation de bitume dans la construction et la réhabilitation des chaussées.

5. Références

AASHTO T 313, 2019. AASHTO T 313 Standard Method of Test for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer.

AASHTO T 315, 2019. AASHTO T 315 Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer.

Austroroads, 2021. Road-Grade Recycled Plastics for Sustainable Asphalt Pavements - Overview of recycled plastic industry and plastic types (No. AP-R648-21).

Environnement et changement climatique Canada, 2019. Étude économique sur l'industrie, les marchés et les déchets du plastique au Canada.

LC 25-003, 2021. LC 25-003 - Stabilité au stockage.

Yin, F., Turner, P., Moares, R., 2019. Storage Stability Testing of Asphalt Binders Containing Recycled Polyethylene Materials. NCAT.

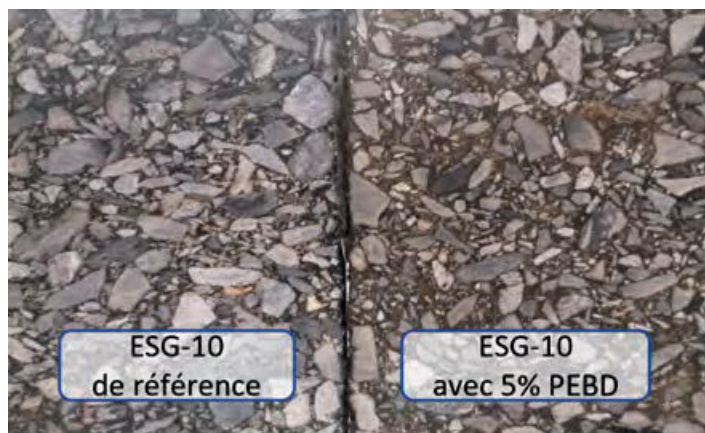


Fig. 5 Enrobé ESG-10 de référence et modifié avec 5% (masse totale) de PEBD



TOURNOI DE GOLF ANNUEL

25 AOÛT 2022

CLUB DE GOLF DE SAINT-HYACINTHE

Tous les détails seront disponibles en mai
prochain sur notre site web.





Émilie Filiatre

Émilie Filiatre est bachelière en Communications - profil Relations Publiques de l'Université du Québec à Montréal. Ses premières expériences professionnelles furent en tant que coordonnatrice aux communications pour une agence de communications et comme attachée de presse pour un parti politique.

De 2011 à 2016, Mme Filiatre a acquis une expérience solide en marketing et événementiel dans le milieu de la construction, en tant que coordonnatrice publicité, promotions et événements chez Hewitt Équipement Limitée (maintenant Toromont Cat), notamment grâce à l'organisation de congrès annuels et mi annuels, de tournois de golf et à son implication à de nombreux salons commerciaux et expositions de toute envergure.

Depuis janvier 2017, elle occupe le poste de planificatrice d'événements chez Bitume Québec. Elle chapeaute l'organisation des événements ainsi que les communications de l'Association. Elle travaille de concert avec les membres de l'industrie au niveau

du comité Événements afin d'offrir aux participants des événements à la hauteur de leurs attentes. Elle collabore également avec le comité Via Bitume afin d'offrir, à chaque édition de la revue, des articles pertinents et intéressants. Elle assiste également Renald Leclerc, directeur général de l'Association, dans les dossiers administratifs de Bitume Québec.

Entrevue

Est-ce que vous êtes introvertie ou extravertie?

Introvertie à la première approche, mais plus je suis à l'aise avec les gens, plus je peux être extravertie.

Quel est votre film préféré?

P.S. I love you (P.S. Je t'aime).

Que feriez-vous si vous aviez 1 million \$?

Je voyagerais avec ma famille et probablement construire ma maison de rêve.

Quel métier vouliez-vous faire lorsque vous étiez enfant?

Chanteuse.

Quel est votre talent caché?

Facilité à apprendre les langues, la cuisine.

Quel était votre premier travail?

Professeur de patinage artistique.

À quoi ressemblera votre vie dans 10 ans?

Ma famille complétée avec un deuxième enfant, profiter des petits plaisirs de la vie avec famille et amis et voyager pour faire découvrir le monde à mes enfants.

Quel est le meilleur conseil que vous ayez reçu?

Que chaque chose arrive pour une raison dans la vie.

Quel est votre péché mignon?

Bon repas et bon vin entre amis. J'ai un faible pour les vins de Bordeaux, surtout les Saint-Estèphe.

Dans quelle compétence voudriez-vous être meilleure?

La créativité artistique.

Avec quel personnage historique voudriez-vous prendre un café?

Ce n'est pas un personnage historique à proprement parlé car elle est encore en vie, mais ça serait Michelle Obama. Je la trouve inspirante.

Une chose sans laquelle vous ne pouvez vivre?

Ma famille et mes amis.

Quelle est votre chanson préférée?

You are the reason – Callum Scott.

Si vous pouviez vivre à une autre époque, ça serait laquelle?

Dans le futur pour voir les avancés scientifiques au niveau des maladies et espérons-le en environnement.

Une chose que peu de personne savent sur vous?

J'ai fait du patinage artistique pendant une dizaine d'années et j'ai même enseigné.

Qu'est-ce qui vous fait rire à chaque fois?

Les vidéos de gens/animaux qui sont maladroits

Quelle folie voudriez-vous faire une fois dans votre vie?

Manger dans un restaurant étoilé Michelin.

Avez-vous des animaux domestiques?

Oui, un chien nommé Milo. C'est un bouvier bernois de 2 ans.

Avez-vous une passion? Si oui, laquelle?

Oui, j'en ai plusieurs : la cuisine, les vins et alcools forts (mixologie), les voyages.

Qu'est-ce qui vous étonne encore aujourd'hui?

La méchanceté de l'Homme ET l'évolution rapide des technologies et avancés scientifiques.

Si vous pouviez revenir en arrière et recommencer, que changeriez-vous?

Je prendrais plus de temps avec certaines personnes qui nous ont quittées.

Au bout du compte, de quoi voulez-vous qu'on se souvienne à propos de vous? Quel héritage souhaitez-vous laisser?

Que j'ai été présente pour ma famille et mes amis et que j'ai fait une certaine différence dans l'accomplissement de mon travail.

Asphalt Institute

Info : www.asphaltinstitute.org

Asphalt Academy – recorded webinars
Live and online training

AQTR – Association québécoise du transport et des routes

Info : www.aqtr.qc.ca
(onglet Formations)

Signalisation de chantiers routiers :

STC-SIR-1 : Signaleur routier - Avec attestation
(avec certification sous forme de carte)

STC-SIR-0 : Signaleur routier - Sans attestation
(aucune certification sous forme de carte)

STC-INS-T : Installation de la signalisation de
chantiers routiers, VOLET 1 (STC-101)

STC-INS-2 : Installation de la signalisation de
chantiers routiers, VOLET 2 ET 3 (STC-101)

STC-SUP-1 : Supervision et surveillance de la
signalisation de travaux de chantiers routiers
(STC-102)

STC-GES-2 : Gestion des impacts des travaux
routiers

STC-ENT-0 : Petites entraves en milieu urbain

STC-SCH-0 : Signaleur de chantier

Infrastructures et environnement :

INF-MUN-2- Gestion de la mise en œuvre des
travaux d'infrastructures municipales –
Version 2

Gestion des chaussées :

GES-CH2-0 : Chaussée 2 : Logiciel de
dimensionnement structural des chaussées
souples du ministère des Transports

GES-EXP-0 : Expertise en chaussées souples

GES-LAT-0 : Apprentissage du logiciel
Analyseur Thermo

GES-INT-0 : Intervention d'entretien et de
réfection des chaussées souples

GES-THE-0 : Utilisation de la thermographie
pour le contrôle qualitatif de la mise en place
des enrobés bitumineux

Bitume Québec

Info : www.bitumequebec.ca

Formation technique annuelle 2022 –
7 et 8 décembre 2022 – Hilton Québec

CERIU

Info : www.ceriu.qc.ca

Utilisation des joints bitumineux pour la
réfection des chaussées et la réalisation des
tranchées

Contrôle de la qualité du Remblai sans
retrait

Encadrement de la gestion des matières
résiduelles et des sols contaminés, des
carrières et sablières et de l'entreposage
des sels de voirie (REAFIE)

Gestion des actifs urbains - Infrastructures
de surface (chaussées et trottoirs)

Centre patronal de santé et sécurité du travail du Québec

Info : www.centrepatronalsst.qc.ca

14 juin 2022 : Réunions efficaces du
comité de santé-sécurité, en ligne

14 juin 2022 : Télétravail : politique
commentée et clauses incontournables!,
en ligne

9 septembre 2022 : Harcèlement
psychologique au travail de A à Z, Québec
(14 oct. – Montréal)

27 septembre 2022 : Règlement canadien
sur la santé et la sécurité au travail
(RCSST), Brossard

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité au travail

Info : www.cnesst.gouv.qc.ca

Programme de secourisme en milieu de
travail

ÉTS (École de technologie supérieure)

Info : www.perf.etsmtl.ca

Gestion de projet : concept et savoir-
faire

Gestion de projet : organiser et gérer
son équipe pour atteindre l'objectif

Gestion de projet : gérer les attentes des
parties prenantes

Université de Sherbrooke

Info : [www.usherbrooke.ca/cfcgenie/
seminaires/](http://www.usherbrooke.ca/cfcgenie/seminaires/)

Gestion des risques pour ingénieurs et
autres professionnels

Sécurité des machines et équipements
industriels

Construction et réparation de structures
pour les entrepreneurs et leurs sous-
traitants œuvrant pour le MTQ

Conception des structures

Université Laval

Info : [www.fsg.ulaval.ca/formation-
continue](http://www.fsg.ulaval.ca/formation-continue)

Formation continue – en ligne

**ACRGQ - Association des
constructeurs de routes et
grands travaux du Québec**

Info : www.acrgtq.qc.ca

Congrès annuel

2-3 juin 2022

Centre des congrès de Québec

ADMQ

Info : www.admq.qc.ca

Congrès 2022

15 au 17 juin 2022

Centre des congrès de Québec

Bauma Munich 2022

Info : www.bauma.de/index-2.html

**Foire de véhicules et
d'équipements de construction**

24 au 30 octobre 2022

Munich, Allemagne

ADGMQ

Info : www.adgmq.qc.ca

Congrès 2022

8 au 10 juin 2022

Hôtel Delta, Trois-Rivières

AQTR

Info : <https://aqtr.com/>

Congrès annuel 2022

6 au 8 juin 2022

Centre des congrès Sheraton, Laval

BITUME QUÉBEC

Info : www.bitumequebec.ca

Tournoi de golf 2022

25 août 2022

Club de golf de Saint-Hyacinthe

Formation technique annuelle 2022

7 et 8 décembre 2022

Hilton, Québec

**+ Les
Nouvelles**

Bitume Québec aimerait souhaiter la bienvenue à ses nouveaux membres :



NOUVEAU DIRECTEUR DE COMPTE PAVAGES, QUÉBEC

Nous avons le plaisir de vous annoncer la nomination de monsieur Donavan Savoie au poste de directeur de comptes pavages, Québec chez Bitumar.

Titulaire d'un baccalauréat en administration des affaires et ayant à son actif plus de 15 ans en gestion de compte ainsi qu'en développement des affaires, Donavan souhaite aujourd'hui mettre son savoir-faire au service de Bitumar. En plus de ses activités professionnelles, celui-ci est également impliqué activement comme bénévole dans sa région.

Veuillez-vous joindre à nous pour lui souhaiter la bienvenue au sein de l'équipe et bon succès dans ses nouvelles fonctions.

**+ Nouveaux
Membres**

Bitume Québec aimerait souhaiter la bienvenue à ses nouveaux membres :

ABTECH

HES
Heavy Equipment Solutions Inc.



Peu importe la course,

nous sommes prêts à relever le défi!

EVERLIFE®

mélanges d'enrobés spécialisés



RECYCLAGE



REVÊTEMENTS
ULTRA-MINCES



RÉSISTANT AUX
CARBURANTS



ÉTANCHÉITÉ ÉLEVÉE



mcasphalt.com

ISO 9001/14001/45001



ALIMENTER LES ROUTES



Entièrement dédiés à votre succès!

Équipement SMS : votre guichet unique pour des
solutions, des équipements et un soutien de pointe

KOMATSU

BOMAG
GROUPE FAYAT

TAKEUCHI

NPK

1 866 458 0101
smsequipment.com

TROUVEZ
LE BON
ÉQUIPEMENT

