

Utilisation des revêtements économiques pour les routes locales et les routes d'accès aux ressources

Par **Vincent Boishardy**, ing.

Guy Doré, ing., Ph.D.

Jean-Pascal Bilodeau, ing., Ph.D.

Université Laval

Les revêtements économiques peuvent représenter des solutions avantageuses, principalement au niveau fonctionnel, pour les routes locales et les routes d'accès aux ressources. Cependant, il existe peu d'outils pour quantifier leurs effets afin d'appuyer les décisions techniques des gestionnaires.

L'objectif du projet décrit dans cet article est de déterminer qualitativement et quantitativement l'avantage socio-économique de la pose d'un revêtement économique sur une chaussée non revêtue. Les chaussées en question sont les routes à faible volume, qui représentent plus des trois quarts du réseau routier canadien.

Un revêtement économique est un revêtement mince d'épaisseur inférieure à 40 mm. Les plus connus sont les traitements de surface qui sont composés de plusieurs couches de granulats enrobés par une émulsion de bitume. Ils permettent tout d'abord d'imperméabiliser la fondation, ce qui augmente la rigidité de la structure et donc aussi sa durée de vie. Ces revêtements peuvent représenter un bénéfice économique à long terme, mais ils sont aussi un avantage écologique car, apposés sur une route gravelée, ils limitent la poussière et la sédimentation. Finalement, le confort de roulement étant amélioré, ils sont aussi un atout social.

Une campagne de mesures a été menée au Site Expérimental Routier de l'Université Laval (SERUL), localisé au cœur de la forêt Montmorency. L'objectif de cette campagne est de quantifier l'augmentation de rigidité de la fondation procurée

par un revêtement mince. Plusieurs sections sont étudiées : 3 sections revêtues et une section témoin non revêtue (\emptyset). Les 3 revêtements comprennent deux enrobés coulés à froid (ECF) de 20 mm d'épaisseur (à base d'émulsion bitumineuse), un traitement de surface (τ) et un microrevêtement (μ) ainsi qu'un béton bitumineux (ou enrobé coulé à chaud : ECC) de 50 mm d'épaisseur (α).

Rigidité des fondations

L'idée est d'observer la rigidité de la fondation granulaire sous le revêtement en fonction de la teneur en eau, influencée par les précipitations. La résistance de la fondation a été mesurée à l'aide du pénétromètre dynamique (*Dynamic cone penetrometer* ou DCP). L'utilisation du DCP donne un Indice de Pénétration (IP) pour chaque fondation étudiée. Cet IP peut être corrélé à un paramètre mécanique utilisé pour l'analyse des chaussées, le module réversible. L'équation de George et Uddin a été utilisée (Boutet, Pierre et Doré, 2007) :

$$M_r \text{ (MPa)} = 235,3 * IP \text{ (mm/coup)}^{-0,475}$$

Le module réversible en fonction de la teneur en eau de chaque fondation à différentes dates ainsi déterminées, il est possible de déterminer la relation entre les deux paramètres. Il est utilisé l'équation de Witczak (NCHRP, 2000) :

$$\log\left(\frac{M_r}{M_{r_{opt}}}\right) = a + \frac{b - a}{1 + \exp(\beta + k_s(w - w_{opt}))}$$



LA RÉFÉRENCE LA PLUS COMPLÈTE SUR L'ENTRETIEN DES ROUTES

- > Découvrez nos nouveaux devis types
- > Optimisez vos interventions de remise en état
- > Plusieurs techniques d'entretien et de réhabilitation expliquées



Le modèle ajusté aux données expérimentales est présenté à la **Figure 1**. Le module réversible de la fondation de la section \emptyset est nettement inférieur à celui des 3 autres. Un point d'inflexion se situe au niveau de la teneur en eau de 2,5 %, caractérisant la chute de rigidité causée par la présence d'eau, ceci traduit l'importance de l'imperméabilisation de la structure de la chaussée.

Déformations permanentes du sol d'infrastructure

Toujours dans l'optique de déterminer l'augmentation de la durée de vie apportée par les revêtements minces, des modélisations par éléments finis des sections étudiées sous différents chargements sont réalisées avec le code de calcul Sigma-W du logiciel Géostudio. Une structure type de chaussée à faible volume est étudiée : un revêtement mince (s'il y a lieu) et 350 mm de fondation mis en place sur un sol d'infrastructure (sable avec un peu de limon (SM) : $M_{r\text{ sol}}=89$ MPa).

La déformation élastique verticale au niveau du sommet du sol d'infrastructure suite au passage d'un essieu de camion est présentée pour les trois sections. Les deux ECF étant de même épaisseur et de même résistance, ceux-ci ont été réunis pour l'analyse.

En utilisant l'approche suggérée, les déformations calculées sous les fondations granulaires peuvent être reliées à leurs différentes teneurs en eau (voir **Figure 1**). Le même point d'inflexion est visible dans la courbe de déformation de la section \emptyset , les autres sections étant imperméabilisées, leur teneur en eau ne dépasse pas cette valeur critique de 2,5 %. Ainsi, les déformations sont plus faibles dans les sections revêtues. À même teneur en eau, les déformations des sections revêtues restent inférieures à celles de la section \emptyset , ceci peut s'expliquer par la cohésion de surface procurée par le revêtement, en effet cette cohésion augmente la résistance de la fondation à hauteur de 10%.

Coût de cycle de vie

Les durées de vie des différentes structures sont calculées grâce à la fonction de transfert empirique de Le Vern (2016), qui se base sur un niveau critique de déformations au niveau du sol d'infrastructure, associé à un nombre de répétitions admissibles. Par la suite, les différentes durées de vie sont alors calculées de façon pondérée, selon la teneur en eau et la proportion de trafic lourd.

En comparant le nombre de passages admissibles sur les sections ECC et ECF avec la section \emptyset , une augmentation relative de durée de vie (ARDV) est déterminée. Celle-ci dépend essentiellement de la proportion de trafic lourd, l'augmentation relative de durée de vie est donc présentée en fonction de cette proportion sur la **Figure 2**. Un ECC de 50 mm d'épaisseur permet d'augmenter considérablement la durée de vie du sol d'infrastructure, mais cette ARDV diminue rapidement quand le trafic lourd augmente. Un ECF permet une ARDV de 58 à 75%. Au-delà de 30% de trafic lourd, l'ARDV est constante et vaut 58% pour l'ECF et 80% pour l'ECC. ▶



Entretien et réhabilitation de chaussées

- Pulvérisation et stabilisation
- Planage (0.5 m, 1.0 m, 1.2 m, 2.2 m et 2.5 m)
- Planage 3D
- Balayage (mécanique et aspirateur)
- Camions citernes
- Pavage d'asphalte

1.844.4.PLANAGE

Téléphone : 418.246.5219 | Télécopieur : 418.246.5236
estimation@constructions hdf.com
constructions hdf.com

Pour intégrer les montants dépensés au court du temps, il est intéressant de tracer les coûts d'entretien cumulés. Le graphique présenté à la **Figure 3** correspond à un cycle de 6 ans pour une chaussée non revêtue et 20 ans pour une chaussée avec traitement de surface. Dans cette analyse, la fin de vie est considérée à 40 ans pour la chaussée revêtue, ce qui correspond à 25 ans pour la chaussée non revêtue (proportion de camions : 30%), moment où une réhabilitation a lieu. La mise en place d'un traitement de surface permet d'économiser plus de 10 000 \$ CAD pour chaque kilomètre de chaussée revêtue après 40 ans de service. Si la durée de service est comprise entre 25 et 40 ans, alors l'avantage du traitement de surface est d'autant plus important, car, dans ce cas, il n'y a pas de cycle de réhabilitation pour la chaussée revêtue selon les hypothèses formulées.

Il est important de rappeler à quel point cette analyse de coût est dépendante des hypothèses établies. En effet, les cycles

d'entretien peuvent varier, comme les opérations, leur coût ou encore le niveau de service attendu. Pour l'analyse effectuée, l'entretien prodigué pour chaque type de chaussée ainsi que le coût alloué aux opérations sont disponibles dans le **Tableau 1**.

Ce projet a permis de quantifier l'avantage mécanique procuré par la pose d'un revêtement économique, celui-ci se traduisant par une augmentation relative de durée de vie. Cette augmentation de durée de vie se traduit par des économies à long terme. La prise en compte d'autres critères tels l'usure matérielle, le coût salarial ou encore les dégâts écologiques, sont susceptibles d'influencer les calculs, potentiellement à l'avantage des revêtements minces.

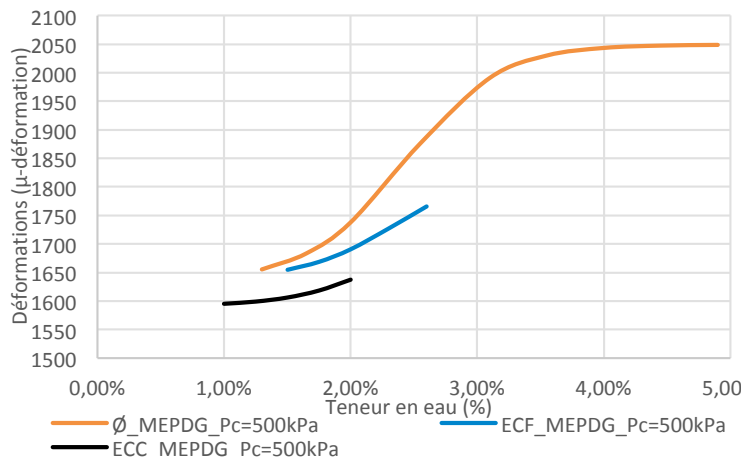
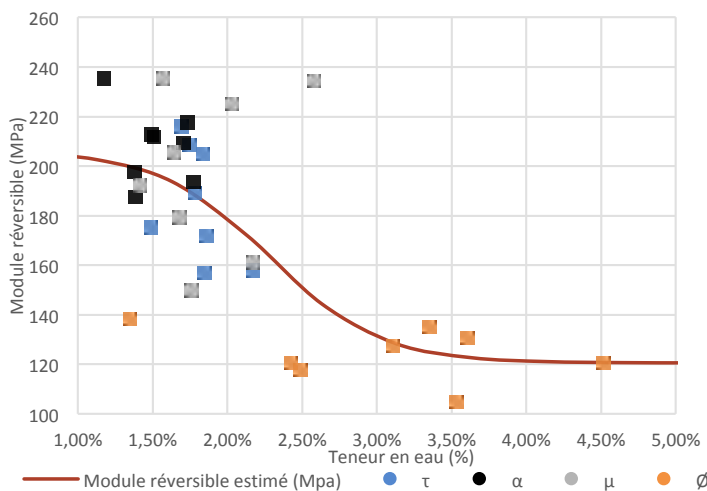


Figure 1 : **Module réversible de la fondation en fonction de la teneur en eau (gauche) et déformation verticale au sommet du sol d'infrastructure en fonction de la teneur en eau sous un essieu de camion (55 tonnes) (droite)**

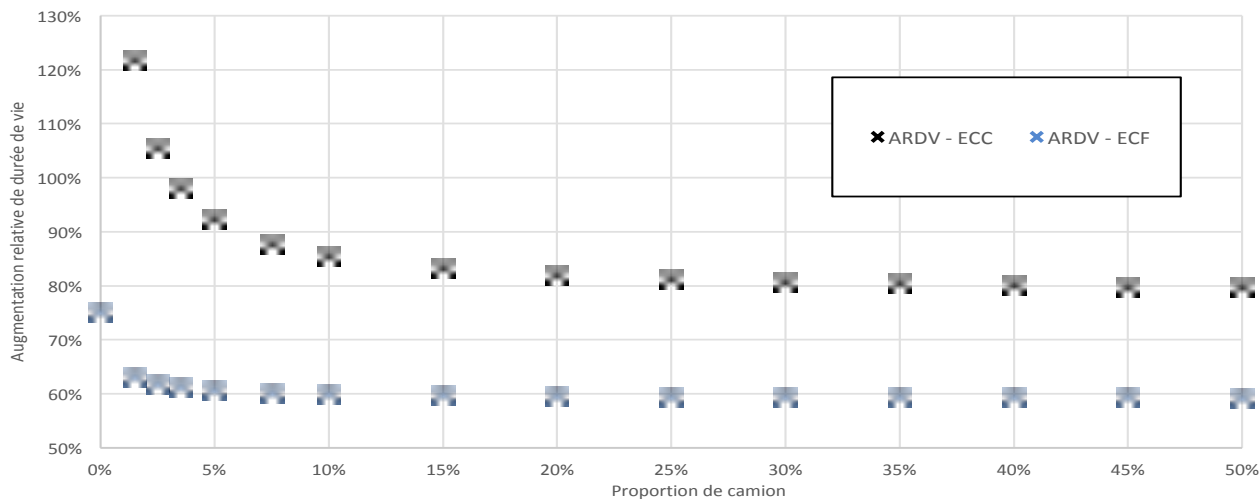


Figure 2 : **Augmentation relative de la durée de vie d'une route à faible volume procuré par la pose d'un revêtement économique**

Tableau 1: Scénario d'entretien des deux sections étudiées pour l'ACCV

Section	Nom	Coût (CAD/km)	Année de la 1ère opération	Récurrence
TS	Revêtement initial	60 900 CAD	0	0
	Renforcement	18 200 CAD	1	20
	Entretien	49 700 CAD	10	20
	Redémarrage du cycle	71 400 CAD	20	20
Ø	Nivellement	2 500 CAD	0	1
	Abat poussière	1 500 CAD	0	1
	Rechargement granulaire	22 500 CAD	5	6
Ø et TS	Réhabilitation	80 000 CAD	?	?

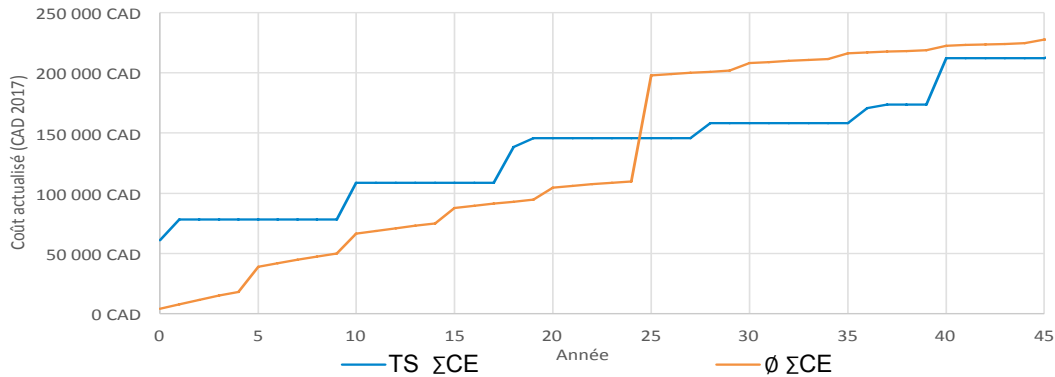


Figure 3 : Évolution des coûts d'entretien sur 45 ans, avec un cycle de 6 et 20 ans pour les chaussées non revêtue et revêtue

BROYAGE ■ CONCASSAGE ■ TAMISAGE ■ TRIAGE ■ MINE ■ CARRIÈRE ■ PAVAGE ■ RECYCLAGE

ÉQUIPEMENT

CONDEROC



info@conderoc.com | conderoc.com

450 745-0303 | Ontario : 647 235-0807