

PROBLÉMATIQUE

L'isolation thermique est une technique utilisée par le ministère des Transports du Québec (MTQ) depuis le début des années 70. Cette technique permet de réduire la détérioration des chaussées sous l'effet du gel des sols d'infrastructures. Par contre, le refroidissement de surface plus intense consécutif à la mise en place d'un isolant favorise, dans certaines conditions climatiques, la formation et le dépôt de givrage différentiel. Le terme « givrage différentiel » désigne la formation de givre ou de gelée blanche à la surface des sections isolées alors que la surface des sections adjacentes sans isolant demeure sèche. Il est connu que plus l'isolant est placé profondément sous la surface, plus le risque de givrage différentiel est faible. La couche de matériaux granulaires placée sur l'isolant sert de tampon thermique avant que le gel n'atteigne l'isolant (*Info DLC*, vol. 5, n°11, novembre 2000). La pratique du MTQ de placer une couche de 450 mm de matériaux granulaires MG-20 sur la couche isolante (1) est étendue à l'ensemble du territoire québécois.

L'objectif de cette étude est de développer une approche régionale de conception de la couche de protection granulaire pour réduire au minimum le risque de formation de givrage différentiel sur les chaussées comportant un isolant thermique. Elle permettra d'améliorer la norme sur l'isolation (1).

MÉTHODOLOGIE

À partir d'une étude du givrage différentiel sur le terrain et d'une étude paramétrique effectuée à l'aide du logiciel de calcul thermique VERGLAS (2), une analyse régionale du risque de formation de givrage différentiel a été réalisée pour huit villes du territoire québécois (figure 1). Cette analyse a permis de constater que la température de surface d'une chaussée comportant un isolant thermique diminue progressivement par rapport à une chaussée sans isolant seulement après que l'isotherme 0 °C (front de gel) eut pénétré dans la couche isolante. L'analyse a également permis d'observer que la période où le risque de givrage différentiel est le plus élevé se situe à la fin de l'automne, la durée de cette période variant en fonction du climat régional. Pour réduire au minimum le risque de formation de givrage différentiel, la couche de protection granulaire doit donc être suffisamment épaisse pour que le gel ne pénètre la couche isolante qu'après la fin de la période à risque élevé. La conception régionale de l'épaisseur de la protection granulaire à l'aide de VERGLAS s'appuie aussi sur le temps nécessaire au gel pour pénétrer dans la couche isolante (3).

RÉSULTATS

Une série d'abaques de conception a été produite afin de déterminer l'épaisseur minimale (e_{MG-20}) de la couche de protection granulaire nécessaire à la réduction du risque de givrage différentiel (figures 2 à 5). L'abaque adéquat est choisi en fonction de la conductivité thermique de la pierre de fondation k_s (tableau 1). L'épaisseur e_{MG-20} est obtenue en reportant la valeur de la température moyenne annuelle T_{ma} de la région étudiée sur la droite correspondant à l'épaisseur de la couche isolante e_{iso} utilisée sur le site (figure 4). Cette méthode est applicable à toutes les régions du Québec en utilisant la température moyenne annuelle (T_{ma}). Par exemple, à Québec ($T_{ma} = 4$ °C), avec une fondation en pierre granitique ($k_s = 2,5$ W/m °C), il est requis d'étendre une couche de 430 mm de MG-20 au-dessus de l'isolant. Le T_{ma} varie généralement entre 0,9 °C (Sept-Îles) et 6,1 °C (Montréal). Une correction de e_{MG-20} en fonction de la teneur en eau peut aussi être faite lorsque la teneur en eau anticipée dans la fondation est différente de 3,5 % (w_f = teneur en eau massique dans la fondation) :

$$e_{MG-20(w)} = (1,16 - 0,044w_f) \times e_{MG-20(abaque)} - 52 \ln w_f + 66 \quad [\text{mm}]$$

CONCLUSION

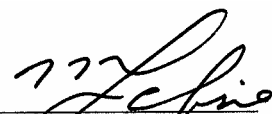
Il est possible de dimensionner une chaussée comprenant un isolant thermique en tenant compte du climat régional afin de réduire le risque de formation de givrage différentiel. Cette méthode est plus économique au sud du Québec et plus sécuritaire au nord du Québec que celle qui consiste à placer 450 mm de MG-20 sur la couche isolante dans l'ensemble du territoire de la province. Elle permet d'élargir le domaine d'application des isolants thermiques.

NOTE : Ces travaux ont été réalisés par Jean Côté, Ph.D. attaché de recherche au Département de génie civil de l'Université Laval.

RÉFÉRENCES

- (1) Ministère des Transports du Québec, Tome II, Construction routière, chapitre 1 « Terrassement », Les Publications du Québec, Québec, 1995, 13 pages (collection Normes-Ouvrages routiers).
- (2) Côté, J. et J.M. Konrad, « A field study of hoarfrost formation on insulated pavement », *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 39, 2002, p. 547-560.
- (3) Côté, J. et J.M. Konrad, Une nouvelle approche régionale de conception des chaussées avec isolant thermique tenant compte

RESPONSABLE : Yves Savard, ing. M.Sc.
Service des chaussées

DIRECTEUR : 
Michel Labrie, ing.

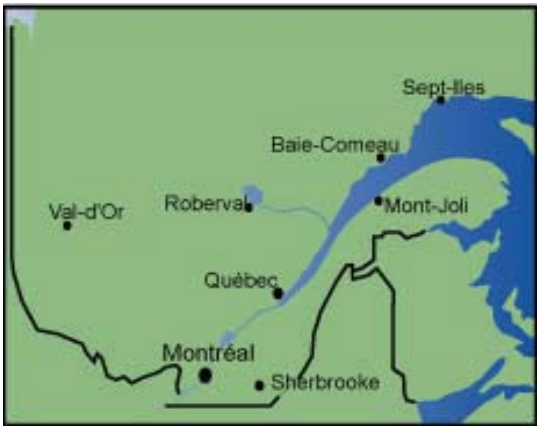


Figure 1 : Villes du territoire couvert par l'étude

Matériaux	ρ_s [kg/m³]	k_s [W/m°C]
argile et silt	2,75	2,8
basalte	2,9	1,7
calcaire	2,7	2,5
dolomie	2,9	3,8
gneiss	2,75	2,6
gneiss granitique	2,75	2,5
granite	2,75	2,5
grès dur	2,8	2,5
grès mou	2,1	1,0
marbre	2,8	3,2
schiste	2,65	<1,5
shale	2,65	2,0
tourbe	1,3	0,25
trapp rock	2,9	2,0

Tableau 1 : Conductivité thermique moyenne des particules solides des pierres et de certains sols

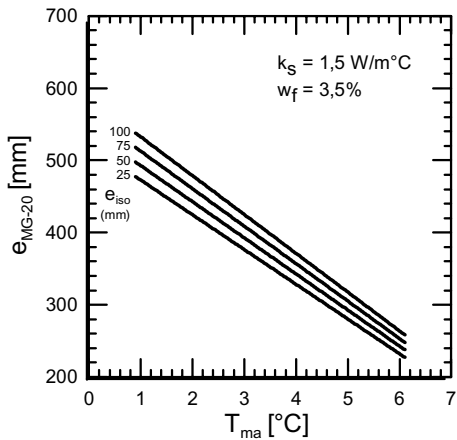


Figure 2 : Abaque de conception pour $k_s = 1,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

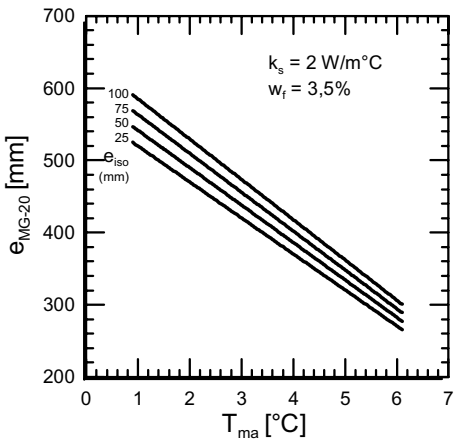


Figure 3 : Abaque de conception pour $k_s = 2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

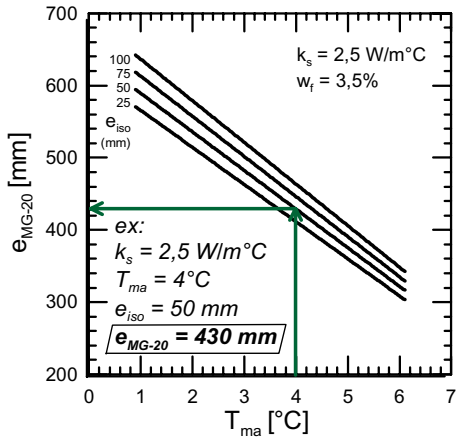


Figure 4 : Abaque de conception pour $k_s = 2,5 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

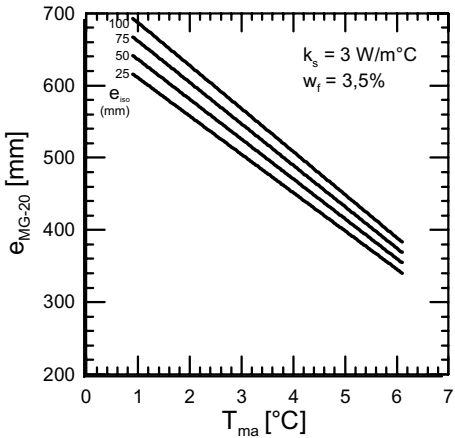


Figure 5 : Abaque de conception pour $k_s = 3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$