

Étude de la gélivité sur chaussée existante

Problématique

La plupart des techniques d'entretien ou d'amélioration ne peuvent connaître qu'un succès mitigé sur une structure de chaussée qui se déforme annuellement sous les effets du gel. Il est donc essentiel d'en tenir compte lors de la conception ou lors du choix du type d'intervention. Cela est plus facile dans le cas d'une chaussée existante puisqu'il suffit d'observer son comportement durant l'hiver, moyennant la collecte de quelques données de base complémentaires. Les problèmes de gel se manifestent par des soulèvements plus ou moins uniformes (figure 1). On les ressent principalement vers la fin de l'hiver lorsque la profondeur de gel est maximale. Ils sont causés par la formation de lentilles de glace produites par cryosuccion dans les sols gélifs. Ce phénomène est reproductible en laboratoire (*Info DLC*, vol. 7, n°2). Il existe également quelques méthodes théoriques permettant de le simuler dans un calcul en fonction du climat et des couches de matériaux (*Info DLC*, vol. 11, n° 6).

Méthodologie

Les étapes de la méthode préconisée sont les suivantes :

1. Faire un relevé visuel et marquer les emplacements à mesurer. Privilégier une visite d'hiver (février-mars) pour cibler les endroits sensibles au gel.
2. Collecter les données stratigraphiques. On effectue en général quelques sondages et on caractérise quelques échantillons de sols (granulométrie, teneur en eau, limites d'Atterberg). Il est possible que ces données soient disponibles dans des rapports d'études antérieures.
 - a. En option : insérer un gélomètre dans l'un des sondages et effectuer des analyses de sols complémentaires (sédimentométrie, valeur au bleu de méthylène, potentiel de ségrégation).
3. Mesurer les élévations de la surface en hiver (février-mars) et en été (mai-novembre). La méthode la plus abordable consiste en un relevé d'arpentage avec mire et niveau (figure 1). Les mesures doivent être reprises exactement au même endroit, ce qui implique un marquage en conséquence (peinture, clous d'arpentage).

Elles doivent aussi être référencées par rapport à un repère fixe (roc, bâtiment ou structure) afin de permettre la soustraction des valeurs des deux relevés.

- a. En option : ajouter des relevés au profilomètre pour augmenter la densité de points (mesure en continu) et interpréter le confort de roulement ($\Delta IRI = IRI_{\text{hiver}} - IRI_{\text{été}}$).
 4. Tracer les résultats sur un graphique (figure 2). Délimiter les secteurs homogènes. Interpréter les résultats, tirer les conclusions, dégager les avenues de solution. Choisir les points caractéristiques pour les calculs de dimensionnement.
 5. Importer les données climatiques mesurées à l'étape 3. Les températures journalières sont publiées mensuellement sur le site Internet d'Environnement Canada. Le chapitre « 8.2.2 Édition d'un fichier CLM » du guide d'utilisation du logiciel Chaussée 2 décrit la procédure.
 6. Étalonner le logiciel Chaussée 2 pour assurer sa représentativité par rapport au site étudié.
- Pour ce faire, choisir l'hiver de la mesure et entrer les autres données disponibles (matériaux, épaisseurs, teneurs en eau, masse volumique). Le pourcentage de saturation (S_r) est affiché par le logiciel afin d'assister le choix d'une masse volumique sèche compatible avec la teneur en eau utilisée. Il est aussi possible de subdiviser les strates de sol en fonction de leur nature ou de la position de la nappe phréatique. Ajuster au besoin le potentiel de ségrégation du sol de façon que les résultats du calcul soient représentatifs du comportement observé sur le site (profondeur de gel et soulèvement).
7. Retenir les caractéristiques du sol obtenues à l'étape précédente, choisir l'hiver de conception et simuler les variantes envisageables. Dimensionner ces variantes de façon à contrôler les soulèvements à l'intérieur du seuil acceptable. Le seuil se situe entre 50 et 70 mm, suivant le tableau 2.4-1 de la norme du MTQ (collection Normes-Ouvrages routiers, *Tome II – Construction routière*, chapitre 2).

Étude de cas

Les mesures d'une étude réelle sont illustrées à la figure 2. On y trouve le tracé des profils longitudinaux d'été et d'hiver, ainsi que la différence entre les deux (soulèvement représenté en rouge). Les points rouges ont été mesurés à la mire et au niveau tandis que les traits continus proviennent d'un profilomètre portatif. Les lignes verticales illustrent l'emplacement des sondages pour lesquels on connaît la stratigraphie.

Plusieurs déductions peuvent être faites avant même d'utiliser Chaussée 2. Le sondage situé au chaînage 5+150 avait atteint le roc à 1,2 m de profondeur : le soulèvement y est nul – résultat logique –, et le tracé des soulèvements délimite exactement l'étendue (20 m) de cet affleurement de roc. La transition sol/roc y est jugée déficiente avec des pointes d'IRI_{10 mètres} de 4,7 et 11,3 m/km en octobre et mars respectivement. L'IRI est mauvais en divers autres points où le profil s'avère irrégulier (p. ex. : 5+250, 5+300 et 5+400). Dans l'ensemble, les soulèvements au gel atteignent plus de 150 mm dans les pires endroits. Les fissures, distorsions et lézards réapparaîtront sûrement l'hiver suivant si on se contente d'un retraitement en place ou de travaux d'asphaltage. L'élimination du problème nécessite une intervention plus lourde telle que la surexcavation ou l'insertion de panneaux isolants en polystyrène. La figure 2 fait ressortir l'emplacement d'endroits exempts de soulèvement, que l'on pourrait choisir pour amorcer et terminer la pose de polystyrène. Ces endroits pourraient correspondre aux deux extrémités du secteur étudié (5+050 à 5+520). Ils pourraient aussi être situés entre les différents secteurs « gélifs », dans le cas où le budget ne permettrait de réparer qu'une portion du projet.

Le logiciel Chaussée 2 permet enfin de dimensionner les variantes d'intervention. Aux fins de l'exercice, nous avons choisi le profil stratigraphique initial du sondage situé à 5+410, où nous avons mesuré, en date du 19 mars 2009, une profondeur de gel (Z) de 2,37 m et un soulèvement (h) de

139 mm. Le premier calcul est illustré à la figure 3. On y trouve les données du sondage, ainsi que les valeurs de potentiel de ségrégation (SP_o de 4.8 et 8.5) qui permettent de reconstituer la profondeur de gel et le soulèvement au gel mesuré sur la route. On obtient de cette façon un modèle représentatif du comportement de la chaussée à cet endroit. Il ne reste plus qu'à sélectionner l'hiver de conception et à modifier la structure de chaussée conformément aux variantes envisagées. Le logiciel indiquera les conséquences attendues relativement au soulèvement au gel. Pour ce cas précis, l'étude suggère soit de rehausser la chaussée de près de 1 m (variante rejetée), soit de reconstruire jusqu'à 2,25 m de profondeur, ou de reconstruire jusqu'à 650 mm de profondeur pour insérer des panneaux de polystyrène de 50 mm d'épaisseur.

Conclusion

La méthode proposée se base sur des paramètres couramment accessibles et conduit à des indicateurs de performance quantifiables. L'étalonnage du calcul avec des mesures de soulèvement *in situ* permet de garantir la représentativité de l'analyse au point de vue du système sol-chaussée-climat. L'approche nécessite un peu de planification à cause du suivi d'un hiver, mais elle est très prisee en raison de son efficacité pour aborder les problèmes de gel. Elle a été utilisée avec succès à plusieurs reprises au Ministère.

RESPONSABLE :

Denis St-Laurent, ing., M. Sc.
Service des chaussées

DIRECTEUR :


Guy Tremblay, ing. M.Sc.A.

Figure 1 :
Mesure des soulèvements
au gel (mire et niveau et
profilomètre portatif)



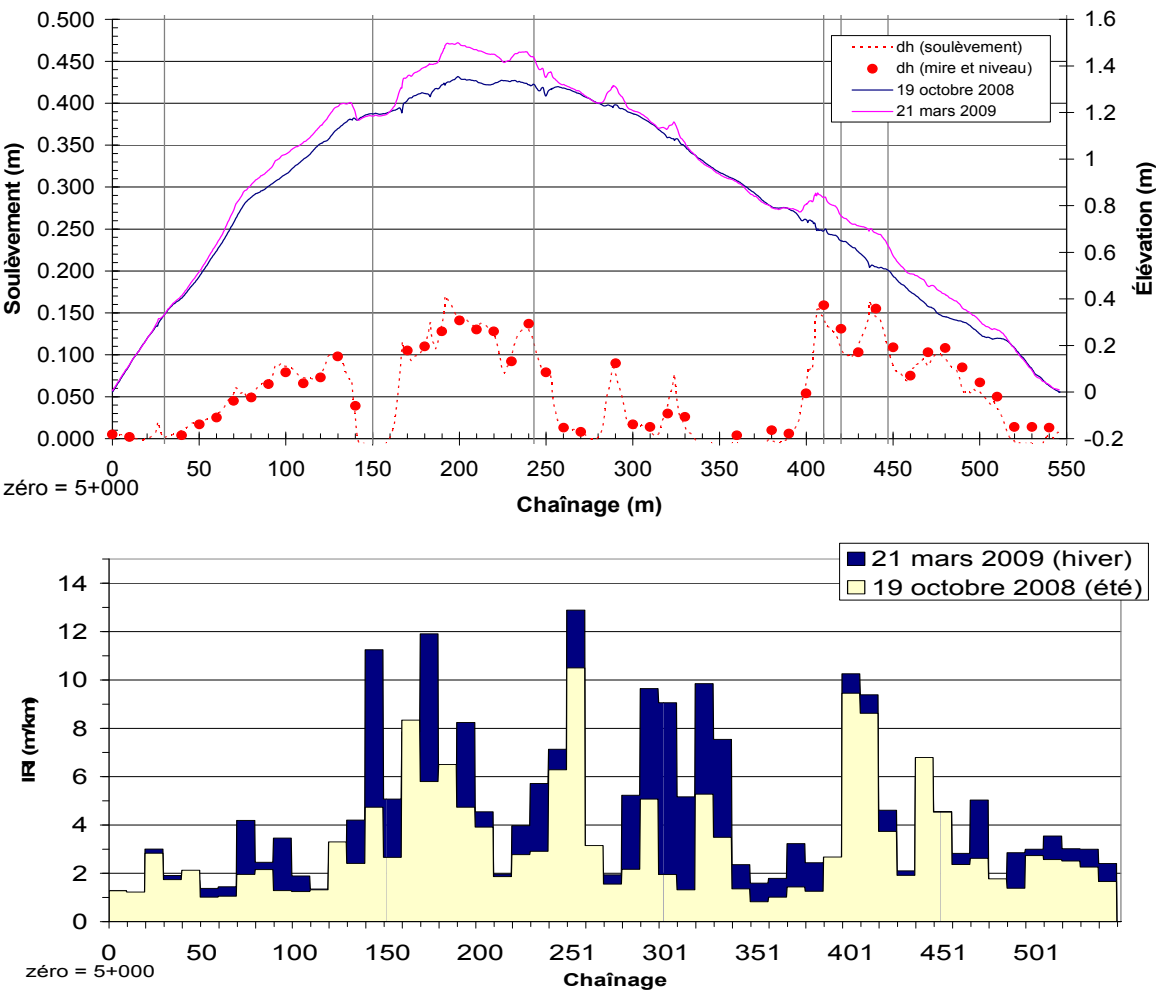


Figure 2 : Tracé des profils, soulèvements au gel et indices IRI

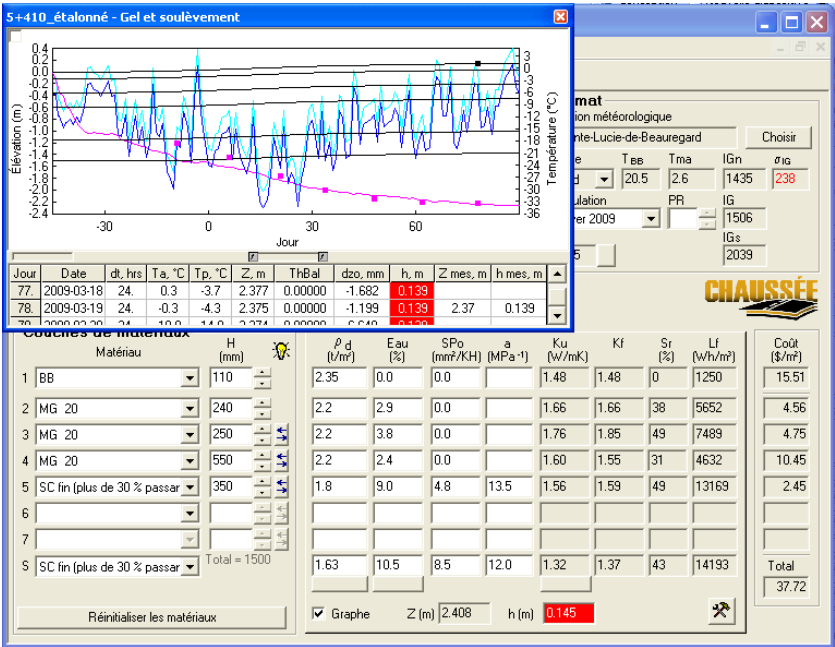


Figure 3 : Simulation Chaussée 2, étalonnée pour le sondage 5+410