

PROBLÉMATIQUE

Il est généralement admis que la détérioration de la chaussée induite par le gel origine du sol d'infrastructure gélif, et que la contribution des matériaux granulaires de la fondation à cette détérioration est minime. Des phénomènes de soulèvement au gel qui ne peuvent être associés à l'action du gel dans l'infrastructure ont toutefois été observés lors d'études du comportement hivernal de chaussées au Québec. Un de ces phénomènes, qui a souvent fait l'objet de discussions entre spécialistes mais qui est peu documenté, est le soulèvement de la surface de la chaussée au voisinage d'une discontinuité du revêtement. Le phénomène est généralement observé aux abords de fissures, mais aussi en bordure du revêtement. Son incidence sur la détérioration de l'uni peut être considérable, surtout dans le cas des fissures transversales. On associe ce soulèvement à l'infiltration de sels déglaçants qui créent des conditions hétérogènes de gel dans les fondations de la chaussée. Jusqu'à tout récemment, le mécanisme responsable du soulèvement n'était toutefois pas bien compris.

La figure 1 (Lupien 1994) illustre le profil longitudinal d'un cas sévère mais typique du Québec. Elle indique des soulèvements d'environ 70 mm de hauteur par rapport à la surface de la chaussée. Les soulèvements sont maximaux à 300 mm de part et d'autre de la fissure. Ces observations suggèrent que la contamination des matériaux granulaires de fondation par le sel de déglçage est un facteur déterminant du processus de soulèvement observé.

ESSAIS DE LABORATOIRE

Des essais de laboratoire ont été réalisés dans des matériaux de fondation MG 20, à gradient de température nul, avec une teneur en sel décroissante entre la base et le sommet de l'échantillon. La figure 2 illustre le comportement de trois échantillons. Les soulèvements de 4,7 mm et de 4,2 mm sont supérieurs aux quelque 2 mm qui peuvent être attribués au gonflement associé au gel complet de l'eau interstitielle dans un échantillon saturé, et au 0,7 mm observé sur l'échantillon ayant une salinité uniforme. Le taux de soulèvement observé de 5 à 6 mm/jour correspond à celui d'un sol très gélif. Les teneurs en eau de 25 % et de 16 % mesurées dans la partie supérieure des deux échantillons avec gradients de salinité sont supérieures à la teneur en eau à l'état saturé (environ

9 %). Ces échantillons ont donc été soumis à un mécanisme qui s'apparente au gel de ségrégation dans les sols gélifs. La figure 3 illustre le mécanisme responsable du soulèvement des fissures dans la chaussée.

COMPORTEMENT ROUTIER

La recherche démontre qu'un processus d'enrichissement en glace peut se produire dans les fondations granulaires en présence de saumure. Les soulèvements localisés de la surface qui en résultent sont de courte longueur d'onde et sont généralement alignés le long des discontinuités. La qualité de roulement est affectée par ce genre de déformation. Par exemple, si une déformation transversale, telle que celle illustrée à la figure 1, se produit tous les 30 mètres, la détérioration résultante de l'uni exprimé en IRI (indice de rugosité internationale) est de 8 m/km. Considérant qu'un indice de 1 m/km correspond à une route neuve et que des valeurs variant entre 4 et 6 m/km sont généralement utilisées comme seuils d'intervention, les conséquences du soulèvement des fissures sur les usagers de la route peuvent être considérables.

L'uni d'hiver est donc susceptible de subir une importante détérioration rendant la route inconfortable, voire dangereuse. L'observation des sections de route affectées indique que les déformations ne se résorbent pas complètement après dégel. Le soulèvement des fissures a donc un effet sur l'évolution à long terme des valeurs estivales d'uni, qui sont généralement utilisées dans les processus de prise de décisions relatives aux interventions. De plus, le phénomène accélère la détérioration du revêtement autour de la discontinuité qui est à l'origine du problème. Les soulèvements engendrés de part et d'autre de la fissure principale entraînent la formation de fissures secondaires parallèles. L'augmentation ultérieure de la salinité dans les matériaux de fondation repoussera le phénomène d'enrichissement en glace à plus grande distance de la discontinuité originale et induira des fissures additionnelles.

L'action de la circulation est également en cause. Les teneurs en eau élevées résultant de la fonte de la glace de ségrégation au printemps rendent les zones affectées très vulnérables au chargement par les véhicules lourds. Le problème est d'autant plus important que l'eau est emprisonnée dans le « bulbe de dégel »

que constitue la zone contaminée, que le revêtement est affaibli à cet endroit par la fissuration, et que la déformation de la chaussée induit des charges dynamiques importantes qui s'ajoutent à la charge statique des véhicules.

REMÈDES

Plusieurs cas de soulèvement des fissures sont rapportés et étudiés chaque année au Québec. Le phénomène est particulièrement marqué dans les sections de route en pente en raison de la plus forte infiltration de saumure dans les fissures transversales qui interceptent l'écoulement de surface.

Une nouvelle couche de revêtement atténue le problème à court terme; cependant, les fissures réapparaissent un ou deux ans après, et le phénomène est réactivé par l'infiltration de saumure dans la zone contaminée. Les principes à observer à l'occasion de la réparation d'une intervention sont les suivants : 1- les matériaux de fondation doivent être homogénéisés pour « défaire » les zones de concentration de sel; 2- la surface doit être maintenue étanche le plus longtemps possible après réhabilitation.

Le retraitement en place (mélange du revêtement décohésionné avec une partie de la fondation granulaire) avant la pose d'un nouveau revêtement, s'il est applicable, constitue une bonne solution au problème. Une autre solution consiste à enlever le revêtement en place, à scarifier la fondation avant compactage et à poser un nouveau revêtement. Les fissures qui se formeront probablement dans le nouveau revêtement au cours des trois ou quatre premières années d'exploitation doivent être scellées.

CONCLUSION

L'étude démontre qu'un phénomène important d'enrichissement en glace peut se produire dans des sols granulaires réputés non gélifs, notamment dans les fondations de chaussées soumises à l'action du gel. En conditions salines, le gel de ségrégation peut être un facteur important de détérioration du revêtement et affecter considérablement la qualité de roulement. À défaut de régler les problèmes à la source à l'occasion de la réhabilitation des chaussées affectées, les traitements seront inefficaces.

RÉFÉRENCES

Lupien C., Aitcin P.C., Roireau M. « Importance de l'étanchéité des chaussées », *Recueil des communications, 29^e Congrès annuel de l'Association québécoise des transports et des routes (AQTR)*, du 10 au 12 avril 1994, Salaberry-de-Valleyfield, Québec, Tome 1, p. 283-293.

Doré, G., Konrad, J.M. et Roy, M. « Mécanisme de gel dans les matériaux granulaires de fondation contaminés par les sels de déglaceage », *Recueil des communications, 32^e Congrès annuel de l'AQTR*, avril 1997, Trois-Rivières, Québec, Tome 1, p. 31-50.

RESPONSABLE : Nelson Rioux, ing.
Service des chaussées

Note : article rédigé par Guy Doré, ing., Ph.D.,
professeur à l'Université Laval

DIRECTEUR : _____
Pierre La Fontaine, ing.

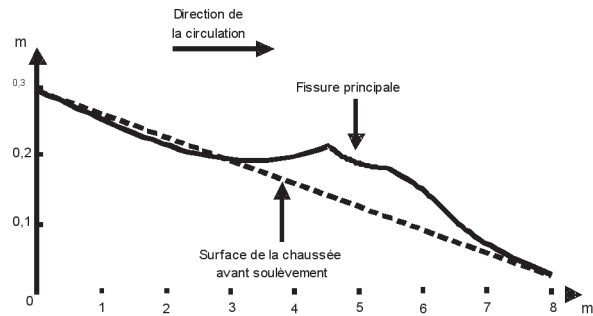


Figure 1 : profil longitudinal d'une section affectée par le soulèvement au gel d'une fissure transversale (d'après Lupien et coll., 1994)

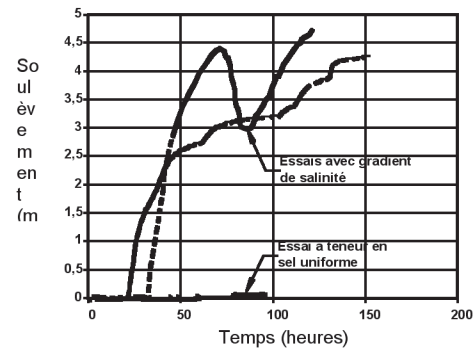


Figure 2: résultats des essais de gel sur les échantillons

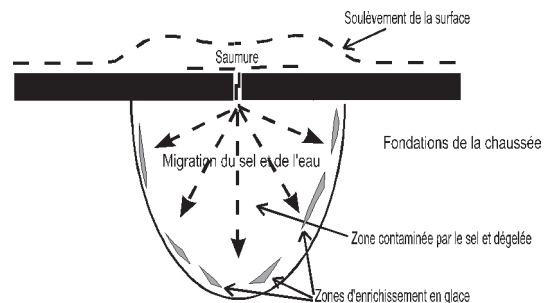


Figure 3: processus de soulèvement par le gel dans les fondations granulaires