

Comparaison de l'efficacité des systèmes de drainage de chaussées en période estivale par simulations numériques

PROBLÉMATIQUE

L'installation d'un système de drainage permet d'améliorer le comportement d'une chaussée et d'en assurer la pérennité. Étant donné l'investissement supplémentaire appréciable qu'elle entraîne, il est important de déterminer quels sont les systèmes les plus performants. En comparant leur efficacité, cette étude permet également de comprendre leur impact sur la circulation de l'eau interstitielle dans le milieu poreux non saturé qui constitue la structure de chaussée. Cette étude présente, pour la période estivale, des analyses numériques d'infiltration de l'eau par les joints ou les fissures, par l'accotement et par l'arrondi de talus.

TRAVAUX RÉALISÉS

Des simulations d'écoulements transitoires isothermes et bidimensionnels ont été effectuées au moyen de la méthode des éléments finis. Ainsi, les lois de comportement qui décrivent les écoulements en milieu poreux non saturé ont été appliquées à une structure type de chaussée comprenant l'un des trois systèmes de drainage les plus utilisés au Québec :

- l'extension d'une partie de la sous-fondation jusqu'aux fossés (ESF);
- l'écran drainant géocomposite en rive de chaussée (EDRC), à la ligne de rive (LR) ou à la limite de l'accotement (LA);
- le tuyau de drainage au niveau de la ligne d'infrastructure (TDI), à la ligne de rive (LR) ou à la limite de l'accotement (LA). Les matériaux entourant le TDI sont un gravier à granulométrie uniforme non capillaire (TDI-NC) ou un sable uniforme capillaire de sous-fondation (TDI-C).

Les simulations ont été réalisées pour un revêtement exempt ou non de fissures et pour un accotement revêtu ou non, dans le cas d'une infiltration par le joint longitudinal en ligne de rive et par l'arrondi de talus. Le sol d'infrastructure et les matériaux de remblai sont considérés imperméables en raison du contraste élevé de perméabilité avec les matériaux de la structure de chaussée, tandis que la nappe phréatique initiale correspond au niveau du fond du fossé. Les propriétés hydrauliques choisies sont représentatives des matériaux de chaussées utilisés au Québec. Pour les besoins de l'étude, une section de route a été soumise à une précipitation continue de 0,6 mm/h durant 190 jours afin d'obtenir des conditions quasi stationnaires. Des simulations unidimensionnelles préliminaires avaient démontré que l'intensité d'une précipitation n'a pas d'influence sur le degré de saturation des

matériaux de la structure de chaussée, car le ruissellement ne fait qu'augmenter avec l'intensité, tandis qu'une précipitation intermittente ne fait qu'augmenter le temps nécessaire pour atteindre les conditions quasi stationnaires.

PRINCIPAUX RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La figure 1 présente la distribution des pressions d'eau interstitielle dans une structure comprenant un écran drainant en ligne de rive et ayant subi, pendant 190 jours, des infiltrations d'eau par le joint en ligne de rive et par l'arrondi de talus. Les pressions d'eau négatives indiquent que le milieu poreux est non saturé. L'eau s'infiltré dans la fondation en formant un bulbe d'imbibition et progresse verticalement jusqu'à la ligne d'infrastructure. La forme et le déplacement de ce bulbe dépendent de l'épaisseur de la fondation et de la durée ou de l'intermittence de la précipitation. Une fissure dans le revêtement induit généralement un bulbe de 100 mm ou de 300 mm de diamètre pour des degrés de saturation de 80 % ou de 70 % respectivement. L'eau s'écoule ensuite le long de la ligne d'infrastructure vers le remblai. L'eau qui continue de s'infiltrer se répand dans les matériaux de la structure de chaussée et migre vers les endroits de moindre charge hydraulique totale. Sur la figure 1, on constate que l'écran vertical agit non pas comme un élément de drainage mais comme une barrière hydraulique qui confine l'eau sous l'accotement. En effet, l'eau ne peut être évacuée que si sa charge totale est plus élevée que celle de l'écran. Or, cette condition ne se produit qu'à la ligne d'infrastructure, où les pressions d'eau sont positives.

Les degrés de saturation correspondant aux conditions quasi stationnaires en piste de roue droite sont tracés en fonction de la profondeur pour différents systèmes de drainage à la figure 2. À la figure 2a, on considère que le revêtement est exempt de fissures. Le matériau entourant le TDI est un gravier NC. Le système EDRC(LR) conduit à des degrés de saturation plus faibles des matériaux de la structure de chaussée, attribuables à sa capacité de confiner l'eau sous l'accotement. Toutefois, lorsque l'écran est placé à la limite de l'accotement (EDRC(LA)), l'infiltration provenant du joint longitudinal à la ligne de rive et de l'arrondi de talus réduit considérablement l'efficacité de ce type de système. En fait, sa capacité de confinement est perdue et le système est réduit à un exutoire à la ligne d'infrastructure, comme pour le TDI-NC. Le système ESF donne un résultat intermédiaire, car l'élévation de son exutoire, situé à la sortie de la sous-fondation dans le fossé, est inférieure à celle des autres systèmes. À la figure 2b, on considère que le revêtement est exempt de

fissures et que le matériau entourant le TDI est le sable capillaire. La capillarité a pour effet d'abaisser l'élévation de l'exutoire du système TDI jusqu'au niveau du radier du tuyau, améliorant ainsi son rendement de façon significative par rapport aux autres systèmes. Finalement, à la figure 2c, on peut apprécier l'influence d'une fissure dans le revêtement au milieu de la voie. Dans ce cas, le système EDRC(LR) est réduit à un exutoire au niveau de la ligne d'infrastructure et son rendement est proportionnel à la profondeur de l'exutoire. Ce résultat fait ressortir l'importance de maintenir étanche le revêtement pour conserver l'avantage du système EDRC(LR). Sinon, il est préférable d'utiliser un TDI-C ou une ESF plutôt qu'un EDRC (figure 2c). Cependant, une analyse du comportement mécanique de la chaussée s'impose, car l'effet du drainage est moins marqué au niveau de la fondation, région plus fortement sollicitée par les contraintes, qu'à celui de la sous-fondation.

CONCLUSION

L'application d'un modèle d'écoulement dans une structure non saturée de chaussée a été présentée. Une approche numérique a été utilisée pour évaluer l'efficacité de différents systèmes de drainage en période estivale. Entre autres choses, il apparaît que l'écran drainant en rive de chaussée confine l'écoulement sous l'accotement lorsque le revêtement est exempt de fissures. Quand le revêtement est fissuré, l'efficacité de tous les systèmes est proportionnelle à la profondeur de leur exutoire.

On doit toutefois considérer la période de gel-dégel avant de statuer sur la performance d'un système de drainage. En période de dégel, l'eau ne circule pas comme en période estivale puisqu'elle

est confinée dans la portion supérieure de la structure par la présence sous-jacente de sol gelé imperméable. Cet aspect fait présentement l'objet de recherches. De plus, des sites expérimentaux sont instrumentés et font l'objet d'un suivi de performance afin de valider les résultats obtenus dans la présente étude.

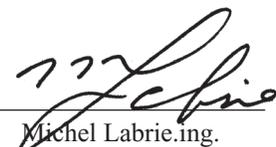
Note : Ces travaux ont été réalisés dans le cadre des travaux de maîtrise de Marc Lebeau, sous la direction de Jean Lafleur, École polytechnique de Montréal, Québec.

RÉFÉRENCES

Lafleur, J., Lebeau, M., 1999, « Modélisation de l'état hydrique dans les structures de chaussées en période estivale », *Rapport CDT-P1780* soumis par l'École polytechnique de Montréal au ministère des Transports du Québec, mars 1999, 205 pages.

Lebeau, M., Lafleur, J., Savard, Y., 1998, « Comparison of Different Internal Drainage Systems Based on FEM », *Proceedings of the International Symposium on Subdrainage in Roadway Pavements and Subgrades*, Grenade, Espagne, novembre 1998, p. 153-162.

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

DIRECTEUR : 
Michel Labrie, ing.

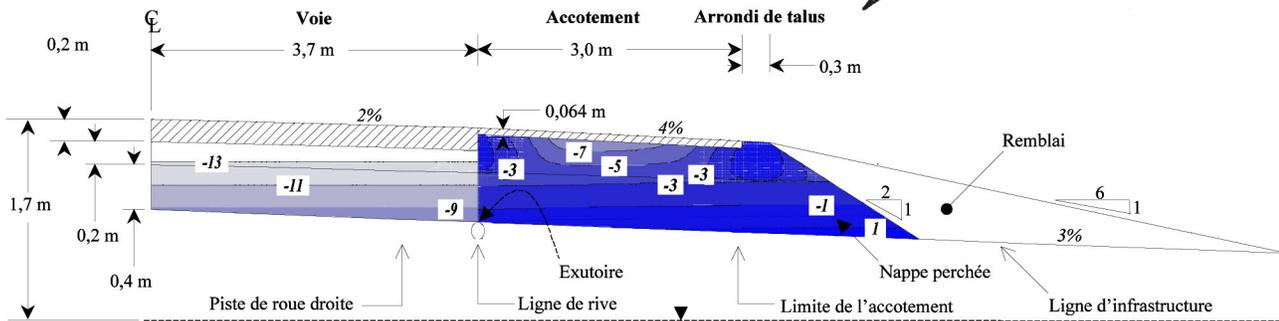


Figure 1 : lignes d'égaux pressions d'eau interstitielle (kPa) avec un écran drainant géocomposite en ligne de rive.

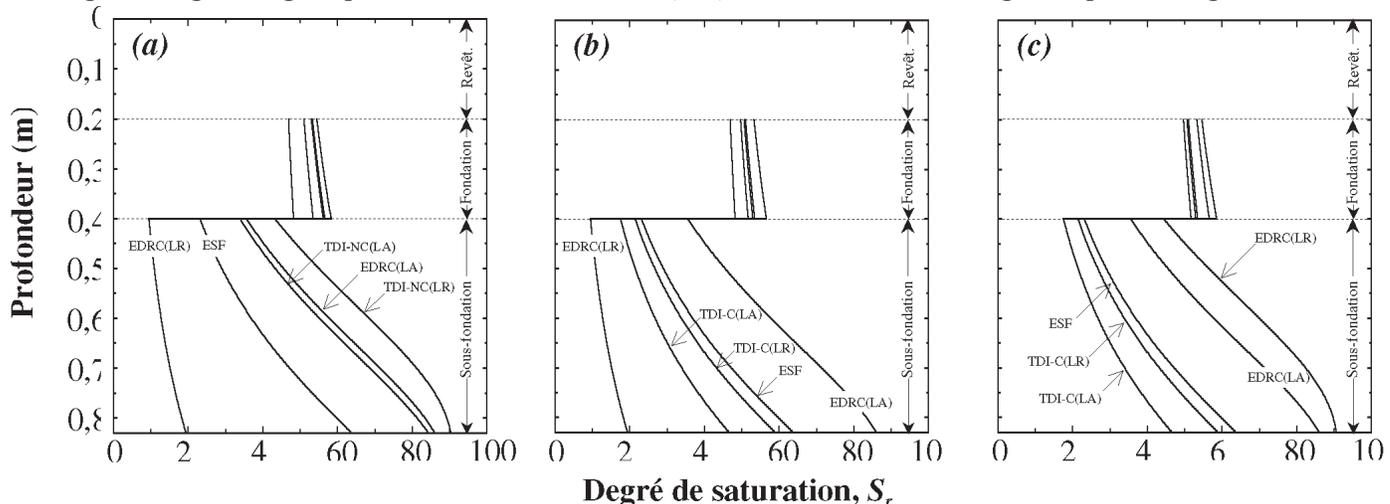


Figure 2 : condition quasi stationnaire en piste de roue droite pour différents systèmes de drainage.

- (a) Revêtement exempt de fissures ; matériau entourant TDI non capillaire (TDI-NC).
- (b) Revêtement exempt de fissures ; matériau entourant TDI capillaire (TDI-C).
- (c) Revêtement fissuré au centre de la voie ; matériau entourant TDI capillaire (TDI-C).