

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal

Les conditions hivernales ont une très grande incidence sur l'état des routes, car elles affectent la sécurité et la mobilité des usagers de la route. Les entrepreneurs d'entretien régionaux suivent les pratiques exemplaires et les conditions contractuelles pour déblayer, déneiger et déglacer les routes afin d'offrir des conditions de conduite sécuritaires en hiver. L'épandage de sel sec sur la chaussée est une méthode courante de déneigement et de déglacage.

Les pratiques d'entretien hivernal de l'Ontario comprennent l'épandage de sel prémouillé. Ainsi, on mouille le sel en le vaporisant d'un liquide d'entretien hivernal à mesure qu'il est épandu sur la chaussée. Le rapport type entre sel et liquide est d'environ 5 %. Cette méthode permet d'épandre moins de sel, puisque le sel enduit de liquide adhère mieux à la chaussée et fait fondre la neige plus rapidement, tout en permettant d'utiliser du sel sec lorsque les conditions le permettent. Un programme d'essais sur le terrain mené entre 1998 et 2001 a démontré que le sel prémouillé a un rendement équivalent à celui du sel même lorsqu'il est appliqué à des doses jusqu'à 30 % plus faibles que le sel. Récemment, les fournisseurs ont fait la promotion du sel prétraité comme solution de rechange au sel prémouillé. Le sel est prétraité en y appliquant directement de la saumure. Cette pratique fait en sorte qu'il n'est plus nécessaire de disposer de réservoirs de



Figure 1 : Matériel d'entretien utilisé pour l'application du sel prétraité. À Verner, les véhicules utilisés pour l'entretien hivernal sont des camions polyvalents qui peuvent à la fois déneiger la route et épandre du sel.

stockage de saumure dans les entrepôts de sels ni d'installer du matériel de pulvérisation sur les véhicules d'entretien hivernal. Au premier abord, on pourrait s'attendre à ce que le prétraitement donne des résultats semblables au prémouillage pour améliorer le rendement du sel.

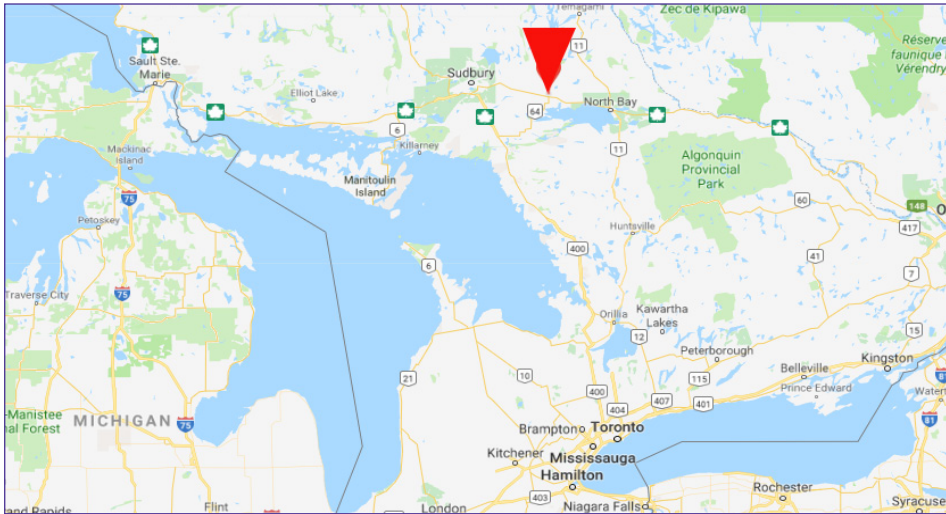
Les autorités responsables des routes de l'Ontario et d'ailleurs comprennent maintenant bien le rendement relatif du sel sec et du sel prémouillé. Toutefois, elles ne disposent d'aucune documentation officielle sur le rendement comparatif du sel prétraité. Le Ministère, en partenariat avec ses entrepreneurs d'entretien régionaux, a choisi de mener des essais pour comparer les avantages de chaque méthode.

Un programme d'essai et d'analyse comparatifs a donc été élaboré par le Groupe de travail sur les produits pour l'entretien hivernal, organisme réunissant l'industrie et le Ministère qui discute deux fois l'an de questions liées à l'utilisation du sel de voirie et du sable d'hiver sur les routes provinciales. Il visait à établir les taux d'application équivalents du sel sec et du sel prétraité, à l'instar du programme d'essai mené entre 1998 et 2001 qui a permis d'établir les taux d'application équivalents en vigueur pour le sel et le sel prémouillé.

Emplacement

Le groupe de travail a retenu les services d'une société d'experts-conseils indépendante, CIMA+, pour recueillir des données et effectuer l'analyse

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal, suite



Carte avec l'aimable autorisation de Google Maps

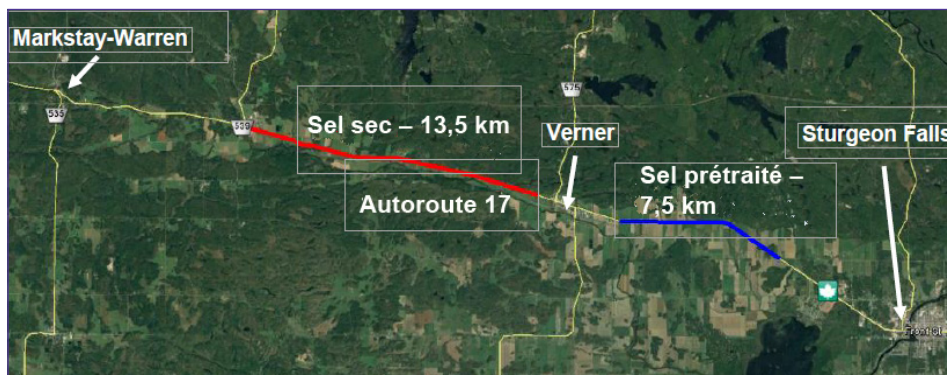


Figure 2 : Zone d'essai Verner

comparative du sel sec et du sel prétraité. Quatre zones contractuelles ont d'abord été ciblées pour acquérir de l'expérience dans diverses conditions d'utilisation, soit les entrepôts de sels situés près de Harriston, Verner, Morrisburg et Huntsville. Quatre entrepreneurs d'entretien régionaux ont pris part à ces essais : Miller Maintenance, Broadpectrum (autrefois Transfield), Carillion et Highroads Maintenance. À chacun de ces sites, des tronçons de

route adjacents présentant des conditions de circulation et des conditions météorologiques semblables ont été désignés comme tronçons de contrôle à traiter uniquement avec du sel (ou du sable d'hiver, le cas échéant) ou comme tronçons d'essai à traiter avec du sel prétraité.

Au cours de la deuxième saison, les essais se sont limités à la zone de Verner afin d'obtenir un ensemble de données plus exhaustif.

Matériaux

Les taux d'application utilisés à chaque tempête varient selon les précipitations locales, la température et les conditions routières.

Des doses d'épandage de 130 kg/km de double voie et de 170 kg/km de double voie ont été utilisées pour le sel sec, selon les conditions routières et météorologiques.

Les doses d'application utilisées pour le sel prétraité ont été de 90, 105 ou 130 kg/km de double voie selon les conditions routières et météorologiques. Ainsi, il a été possible de recueillir une foule de données sur les débits d'épandage au cours de l'hiver.

Le même sel et les mêmes liquides ont été utilisés sur les tronçons d'essai et de contrôle. Le liquide, soit une solution concentrée composée surtout de $MgCl_2$, a été épandu à une dose de 2 ou 3 % de la masse, alors qu'il a été utilisé à une dose d'environ 5 % de la masse pour mouiller le sel au préalable.

Collecte de données

Le programme prévoyait une collecte de mesures de rendement précises par le personnel de patrouille régulier et un camion de patrouille spécialement équipé d'un appareil mobile de collecte de données. À la suite de ses observations, le personnel de patrouille a ainsi tenu un registre des opérations hivernales pour consigner les activités menées par les véhicules d'entretien chaque fois qu'ils quittent l'entrepôt de sels, un registre des patrouilles hivernales pour consigner les conditions météorologiques et l'état des routes

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal, suite

tout au long du parcours, un journal d'observations sur les conditions relatives prévalant sur les tronçons d'essai et de contrôle, ainsi qu'un registre électronique de l'application des matériaux sur chaque tronçon en fonction des données du [Système de localisation automatisée des véhicules \(Système LAV\)](#) recueillies grâce aux systèmes de commande électronique d'épandage et des thermomètres infrarouges embarqués.



Figure 3 : Remorque à friction



Figure 4 : Caméra spectrale

Les données du Système LAV ont fourni des relevés géographiques précis, à intervalles de dix secondes, concernant l'application des matériaux et la position du chasse-neige sur chaque traversée de chaque route. Le camion de patrouille était muni d'une remorque à friction permettant de mesurer le frottement de la roue gauche arrière du camion à la chaussée, ainsi que d'une caméra spectrale permettant de mesurer la température de surface et d'évaluer le type de revêtement, la profondeur et le frottement de la roue gauche avant du camion. Toutes les données ont été consignées à intervalles d'environ une seconde, avec coordonnées GPS.

Le Système d'information météorologique (SIM) a fourni des données sur la température de l'air et de la route, la vitesse et la direction du vent et les précipitations, et ce, environ toutes les 15 minutes. Deux stations du SIM sont en place dans la zone d'essai de Verner, l'une à l'est du tronçon déglacé par du sel prétraité et l'autre à l'ouest du tronçon traité au sel sec.

Traitement, intégration et contrôle de la qualité des données

L'analyse combinée des matériaux de déglacage porte sur 26 événements hivernaux pour lesquels on dispose d'un ensemble complet de données : cinq événements découlant des essais hivernaux de 2014-2015 et 21 événements provenant des essais hivernaux de 2015-2016. Les données provenant du SIM, de l'appareil mobile de collecte de données, de la remorque à friction et de la caméra spectrale ont été intégrées pour

former un seul ensemble de données comprenant tous les renseignements nécessaires à l'analyse.

On a procédé à une analyse qualitative des données à partir des observations des entrepreneurs d'entretien régionaux, puis à leur évaluation quantitative dans le cadre d'analyses exploratoires et statistiques. L'analyse statistique a exigé un énorme travail de modélisation pour comparer l'efficacité des traitements de déneigement utilisés.

Mesure de l'efficacité

L'analyse exploratoire a nécessité un examen détaillé des tendances temporelles observées dans la mesure de l'efficacité adoptée. Le rendement des matériaux de déglacage a été comparé à l'aide d'une série de mesures indiquant l'efficacité de chaque matériau pour rétablir des conditions de conduite sécuritaires. Ces mesures sont notamment le temps nécessaire pour retrouver une chaussée dégagée et le frottement sur la chaussée.

Résultats des analyses comparatives

Voici les conclusions et recommandations découlant des analyses qualitative, exploratoire et statistique.

Analyse qualitative (à partir de l'étude 2014-2015)

- La réapparition de conditions glacées semble plus fréquente après l'épandage de sel prétraité qu'après l'épandage de sel sec et de sel prémouillé, ce qui soulève des préoccupations.
- Selon les estimations, la dose d'épandage maximale rentable pour

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal, suite

le sel prétraité est de 105 kg/km de double voie, alors qu'elle est de 130 kg/km de double voie pour le sel sec.

- Lors de la majorité des tempêtes, les doses d'épandage de sel prétraité ont été inférieures à celles du sel sec, mais ont nécessité le même temps pour retrouver une chaussée dégagée, ce qui signifie qu'il est possible d'obtenir un rendement similaire en épandant moins de sel prétraité.

Analyse statistique

- L'analyse exploratoire a permis de déterminer que certains tronçons routiers sont plus favorables à la poudrierie ou présentent des caractéristiques de circulation aux intersections qui pourraient fausser l'analyse. Les extrémités de ces tronçons possiblement biaisés ont été définies, puis ceux-ci ont été automatiquement exclus de l'analyse statistique à l'aide des coordonnées GPS.
- L'indice de frottement moyen obtenu à chaque traversée pendant une tempête a été déterminé en guise d'indicateur de rendement clé en vue de comparer le sel sec et le sel prétraité. Une analyse de régression multiple a permis d'estimer les coefficients de rendement relatif du sel sec et du sel prétraité, lorsqu'appliqués à diverses doses pendant les tempêtes à l'étude, alors qu'une interaction variable a permis de tenir compte des différences de rendement liées aux différentes conditions de température de surface de la route. Les graphiques de la figure 5 résument les résultats de l'analyse en fonction du frottement moyen à chaque traversée sur les tronçons d'essai et de contrôle. Des résultats

semblables ont été obtenus lors de l'analyse de chaque événement.

- Chacune des lignes des graphiques repose sur les moyennes par traversée de toutes les valeurs de frottement mesurées à intervalles d'une seconde pour toutes les traversées de toutes les tempêtes comprises dans l'analyse, ainsi que les températures de surface de la route. Elle indique

la valeur de frottement estimée à une température de surface donnée. Le graphique de gauche montre les résultats obtenus dans des conditions d'enneigement plus abondantes (la route a été déneigée pendant cette traversée), alors que le graphique de droite montre les résultats obtenus dans des conditions de neige légère (le chasse-neige n'était pas utilisé).

Mesure no 1 : Temps nécessaire pour retrouver une chaussée dégagée	
Définition	Temps entre l'arrêt des chutes de neige ou de pluie verglaçante et la fin de l'entretien des routes. Remarque : Le MTO considère qu'une chaussée dégagée est retrouvée « lorsque 95 % de la surface de conduite (d'une ligne de bordure à l'autre) est libre de neige, de neige fondante ou de glace ¹ ». Dans le cadre de cette analyse, la fin des opérations de déneigement et de déglacage est considérée pour évaluer approximativement le temps nécessaire pour dégager 95 % de la chaussée. ²

Mesure no 2 : Frottement	
Définition	Le coefficient de frottement, ou μ , est une valeur comprise entre 0,0 et 1,0, qui correspond à la force horizontale par rapport à la force normale et représente l'accélération maximale réalisable sur la surface d'une chaussée donnée. ³
Méthode de mesure	Le frottement, ou adhérence, à la chaussée est une valeur mesurée dans le sillage des roues et se rapporte directement à la distance nécessaire pour immobiliser un véhicule sur une route. Par exemple, la valeur de frottement d'une route sèche de bonne qualité pourrait être de 0,80 et celle d'une route glacée, de 0,20. Deux types d'appareils de collecte de données ont été utilisés dans cette étude pour obtenir les valeurs de frottement : la remorque à friction et la caméra spectrale. La remorque mesure le frottement directement à l'aide d'un pneu étalonné. La caméra spectrale calcule le frottement à partir du type de revêtement et de la profondeur déterminés.

¹ aurora-program.org, Completed Project 1997-03, Appendix C.

² Provincial Maintenance Memorandum #2015-06, Bare Pavement Definitions, Maintenance Management Office, MTO

³ Experiences of Mobile Road Condition Monitoring, Taisto Haavasoja, Juhani Nylander et Pauli Nylander, SIRWEC 2012, Helsinki, 2012.

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal, suite

Chaque graphique ne comprend que les cas survenus dans les 30 minutes ou moins qui se sont écoulées entre le moment de l'épandage du matériau et le moment de la mesure du frottement.

- Une position plus élevée de la ligne d'estimation du rendement sur le graphique indique un frottement plus élevé et signifie un meilleur rendement du déneigement. Ainsi, dans des conditions de neige plus abondante, le sel prétraité à la dose d'épandage de 130 donne de meilleurs résultats à toutes les températures. Le sel prétraité à la dose d'application de 105 donne de meilleurs résultats que le sel sec à la dose d'application de 130 dans des conditions moins froides, mais pas dans des conditions plus froides.
- Le croisement des lignes d'estimation du rendement indique un rendement égal des deux types de traitement aux doses d'application précisées. Le croisement des lignes de rendement du sel prétraité à une dose de 105 et du sel sec à une dose de 130 sur une route déneigée suggère que les types de sel ont donné les mêmes résultats à -4 °C, ce qui signifie que le sel prétraité pourrait être utilisé à une dose d'application inférieure de 20 % pour obtenir un rendement égal à celui du sel sec, mais seulement à des températures relativement chaudes. À -8 °C, le sel prétraité pourrait être utilisé à une dose inférieure de 15 % pour obtenir les mêmes résultats.
- Le sel prétraité offre généralement un rendement supérieur à celui du sel sec dans les conditions de neige plus abondante, mais pour obtenir les mêmes résultats dans les diverses

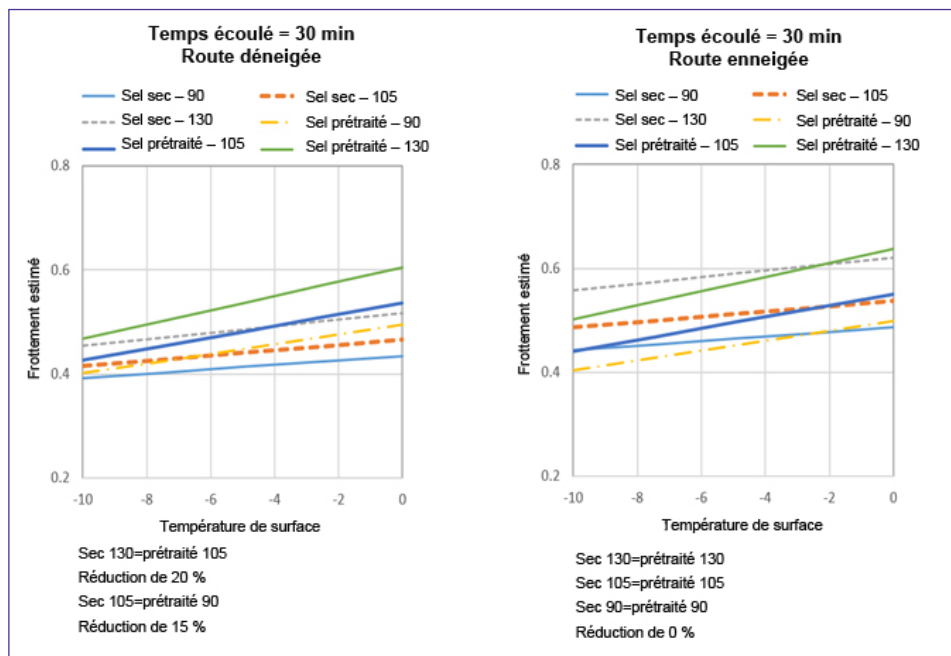


Figure 5 : Frottement estimatif selon une interaction variable entre le type de sel, la dose d'application (kg/km de double voie) et la température de surface (°C)

conditions rencontrées, il faut limiter la réduction des doses d'application de sel prétraité à 15 % par rapport au sel sec. Les résultats obtenus dans des conditions de neige plus légère donnent à penser que, sauf lorsque la température se situe près du point de congélation, le sel sec donne de meilleurs résultats que le sel prétraité.

- Par rapport aux essais menés entre 1998 et 2001 avec le sel prémouillé, le rendement du sel prétraité dans des conditions de neige plus abondante correspond à peu près au rapport entre liquide déglaçant et sel.

Conclusion

Les entrepreneurs du Ministère espéraient utiliser du sel prétraité à des doses d'application semblables à ceux du sel prémouillé pour réduire le coût total des matériaux et de l'équipement. Cependant, les résultats démontrent

que le rendement du sel prétraité se situe entre celui du sel sec et celui du sel prémouillé.

Cette différence de rendement peut être liée à la quantité de liquide utilisée sur le sel. Lorsque le sel est prétraité, il ne retient que 1 % à 3 % du liquide appliqué; le reste s'écoule. Lorsque le sel est prémouillé pendant l'application, on peut utiliser autant de liquide que nécessaire sans perte de liquide.

Bien que les résultats obtenus indiquent que les doses d'application équivalentes ne fournissent pas de motifs économiques d'utiliser du sel prétraité à l'heure actuelle, ils seront tout de même intégrés aux pratiques exemplaires d'entretien pour permettre de réduire jusqu'à 15 % les doses d'application du sel prétraité, par rapport à la réduction de 30 % qu'offre le sel prémouillé, au choix des entrepreneurs d'entretien régionaux.

Ajout de sel prétraité à la trousse d'entretien hivernal, suite

Tous les détails des essais menés entre 2014 et 2016, de la collecte à l'analyse des données, ont été présentés à la conférence de l'Association des transports du Canada (TAC) en septembre 2017.

Le rapport [Combined Analysis of Pre-Treated Salt Trials, April 2017](#) est disponible en anglais seulement dans la bibliothèque du ministère des Transports. •

Pour de plus amples renseignements, il faut communiquer avec :

Max Perchanok, coordonnateur, Innovation et durabilité, Division de la gestion des routes provinciales, au 905-704-3998 ou à l'adresse Max.Perchanok@ontario.ca

D'autres sujets de discussion sur les routes peuvent être consultés sur le site Web du ministère des Transports de l'Ontario:

<http://www.mto.gov.on.ca/french/publications/road-talk.shtml>

Abonnez-vous à Road Talk:
roadtalk@ontario.ca

Groupe de travail sur les produits pour l'entretien hivernal

Partenariat de travail entre l'industrie et le Ministère établi en 2014 à la suite d'un examen ministériel du programme d'entretien hivernal, dans le but de revoir et d'améliorer les pratiques relatives à l'utilisation des matériaux d'entretien hivernal. Le Groupe de travail compte des représentants de tous les entrepreneurs d'entretien régionaux, du Bureau de la gestion de l'entretien et de tous les bureaux régionaux. Son rôle a été renforcé à la suite du [rapport de 2015 du Bureau de la vérificatrice générale de l'Ontario intitulé L'entretien des routes en hiver](#).

Le mandat consiste à mener des analyses documentaires, des discussions et des recherches scientifiques ou pratiques, au besoin, pour s'assurer que le sel de voirie et d'autres produits chimiques de déglacage ainsi que le sable d'hiver sont utilisés de façon rentable et respectueuse de l'environnement pour l'entretien hivernal des routes provinciales. Au moment de la formation du groupe, le sel prétraité a été mis de l'avant par l'industrie comme l'une des principales priorités d'étude. Parmi les autres priorités actuelles, mentionnons : le sable d'hiver prémouillé; l'antigivrage à l'aide de liquides avant l'accumulation de neige, et les méthodes novatrices d'enlèvement mécanique de la neige dure compactée à des températures très froides.

Les projets commandités ont accès à de l'équipement et du personnel spécialisés pour surveiller avec précision les opérations d'entretien et les conditions de neige ou de traction qui en résultent dans des situations d'essai en direct sur les routes. Au besoin, il est possible d'obtenir d'autres compétences en recherche et en analyse auprès de consultants et d'universités. Les résultats de l'étude sont examinés par des pairs et peuvent être obtenus par l'entremise de la bibliothèque du Ministère ou des présentations données à des conférences comme celles de l'Association des transports du Canada ou du Transportation Research Board des États-Unis.