

## 3.0 – CONCEPTION DES ROUTES, PONTS ET INSTALLATIONS

Ce document fait partie d'une série de synthèses des meilleures pratiques liées à la gestion efficace des sels de voirie dans les opérations d'entretien hivernal. Cette synthèse sert de guide lors de l'élaboration de plans de gestion des sels de voirie. Elle n'a donc pas de nature normative mais a plutôt été conçue pour être utilisée de concert avec les lois et les règlements, les manuels, les directives et les procédures opérationnelles des administrations routières et des divers organismes. Des synthèses des meilleures pratiques ont été élaborées sur :

1. Plans de gestion des sels de voirie
2. Formation
3. Conception des routes, des ponts et installations
4. Drainage
5. Gestion des chaussées et sels de voirie
6. Gestion de la végétation
7. Conception et exploitation des centres d'entretien
8. Stockage et élimination de la neige
9. Matériel et technologies d'entretien hivernal des routes
10. Utilisation des sels sur les routes privées, les stationnements et les allées
11. Réussites en matière des gestion des sels de voirie : études de cas

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez consulter le Guide de gestion des sels de voirie de l'Association des transports du Canada de 2013.

### INTRODUCTION

Une fois les étapes de leur conception et de leur construction franchies, il va sans dire que les routes, les ponts et les autres installations routières sont destinés à être utilisés pendant une longue période au cours de laquelle ils devront être entretenus. La conception soignée des installations peut réduire les besoins (et les coûts) de déneigement et de déglçage, qui représentent une part importante du budget d'exploitation des administrations routières du Canada. L'utilisation de matériaux de qualité, l'emploi de techniques de construction de pointe, la conception opportune des systèmes de drainage et de stockage de la neige, l'aménagement de pentes transversales répondant aux besoins de déneigement et de rejet de la neige, etc., aideront à accroître l'efficacité des travaux de déneigement, de déglçage et d'épandage des sels de voirie.

Le but premier de la présente synthèse des meilleures pratiques est de sensibiliser le plus possible les

### TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
ROUTES ET GESTION DES SELS DE VOIRIE	2
PRATIQUES DE GESTION DES SELS DE VOIRIE	2
POUDRERIE – NOTIONS DE BASE	4
FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE DANS LA PLANIFICATION ET LA CONCEPTION DE ROUTES ET DES PONTS	5
ENROBAGES DE REVÊTEMENT	11
FACTEURS À CONSIDÉRER DANS LE CONTEXTE DE LA RÉDUCTION DES EFFETS NUISIBLES DES SELS ÉPANDUS SUR LES OUVRAGES D'ART	12
ZONES VULNÉRABLES AUX SELS DE VOIRIE	14
SURVEILLANCE	14
TENUE DE DOSSIERS	14
FORMATION	14

concepteurs à l'importance de tenir compte des besoins opérationnels d'entrée de jeu. Cela inclut les techniques, les matériaux, les configurations et les paramètres de conception visant à réduire les accumulations de neige et de glace et à gérer les effets des sels de voirie sur les infrastructures et sur l'environnement. Cette synthèse des bonnes pratiques énonce les principes fondamentaux qu'il convient de prendre en compte dans les travaux de conception routière. Pour obtenir plus de détails sur le sujet, consulter le *Guide de gestion des sels de voirie* - 2013, de l'ATC.

### **ROUTES ET GESTION DES SELS DE VOIRIE**

Une couche de verglas peut se former sur la chaussée lorsqu'il y a précipitation de neige ou de pluie alors que la température ambiante est au point de congélation ou inférieure à celui-ci.

Les sels de voirie servent à prévenir la liaison de la neige à la chaussée et à éliminer la couche de verglas qui s'est formée, s'il y en a.

Les précipitations sont inévitables. Toutefois, les concepteurs d'installations routières ont à leur disposition les moyens de maximiser l'effet de réchauffement du soleil, de gérer efficacement le drainage et de prévenir la poudrerie, ce qui permet de réduire les risques de formation de verglas et les besoins d'épandage de sels de voirie.

Tout au long des étapes de préparation de la l'aménagement d'une route (délimitation, planification, conception préliminaire et conception détaillée), les concepteurs ont la possibilité de prendre différentes décisions concernant notamment l'emplacement, la configuration et les paramètres conceptuels des ouvrages à construire. Ces décisions influenceront, durant toute la durée de vie utile de ces ouvrages, sur les facteurs d'accumulation de neige et de verglas.

Lorsqu'une route, un bâtiment, un parc de stationnement ou un trottoir est moins vulnérable à l'accumulation de neige et de verglas, les besoins correspondant en entretien seront donc moindres, de sorte que les quantités de sels de voirie à appliquer au cours d'une période de temps donnée seront vraisemblablement, elles aussi, moindres. En règle générale, une conception soignée permet de réduire les exigences d'entretien.

En conception routière, des recherches et des études de cas ont confirmé qu'il existe un lien direct entre certains paramètres conceptuels, l'accumulation de neige et de verglas et les coûts et la facilité d'entretien hivernal. En guise de principe directeur, il est dès lors suggéré aux concepteurs d'examiner en détail les besoins d'entretien lorsqu'ils déterminent l'emplacement, et les modèles expérimentaux, préliminaires et définitifs de conception d'un ouvrage d'infrastructure routière.

Il est possible que l'adoption de mesures visant à réduire les accumulations de neige et de verglas sur une route ou un ouvrage d'art ajoute aux coûts en capitaux. Néanmoins, il est également évident que du point de vue plus global du cycle de vie de tels ouvrages d'infrastructures, ces initiatives contribueront vraisemblablement à accroître la sécurité de ces derniers et à en réduire les coûts d'entretien. Ces éléments de compromis devraient être pris en compte aux étapes de la conception expérimentale, préliminaire et détaillée d'une route. La valeur d'initiatives conceptuelles de cette nature doit être fondée sur la durée de vie utile d'un ouvrage donné (incluant les coûts d'exploitation et d'entretien). Dès lors, il est essentiel que le personnel d'entretien participe aux discussions concernant la conception d'une route ou d'un ouvrage d'art.

### **PRATIQUES DE GESTION DES SELS DE VOIRIE**

Les concepteurs peuvent exercer une influence très importante sur l'effort d'entretien et la quantité de sels de voirie devant être épandue, et ce, par trois moyens principaux :

1. En maximisant l'effet de réchauffement du soleil;
2. En réduisant au minimum l'écoulement de l'eau sur la chaussée et la quantité d'eau traversant la chaussée, et en prévenant la formation de flaques d'eau;
3. En réduisant au minimum la quantité de poudrerie.

Chacun de ces moyens est discuté en détail dans les paragraphes qui suivent.

#### ***Maximiser l'effet de réchauffement du soleil***

Nous avons tous ressenti l'effet réchauffant du soleil par une froide journée d'hiver. En effet, le soleil peut

### 3.0 – CONCEPTION DES ROUTES, PONTS ET INSTALLATIONS

réchauffer la chaussée de 10 °C ou plus. Même par temps froid, cet effet réchauffant du soleil peut élever la température superficielle de la chaussée au-dessus du point de congélation, faire fondre la neige et la glace et empêcher une chaussée humide de devenir glacée.

Pour maximiser l'effet de réchauffement, il s'agit d'exposer la chaussée au soleil et de réduire les aires ombragées. Par exemple, lors de la conception d'un bâtiment, il faudrait l'orienter pour faire en sorte que les surfaces pavées se situent autant que possible du côté le plus ensoleillé du bâtiment.

Les espaces ombragés sont plus froids que les espaces ensoleillés. On peut réduire l'effet d'ombrage en éliminant autant que possible les obstacles qui bloquent le soleil du côté sud de la surface pavée en question.

Lors de la planification des amoncèlements de terre ou des talus rocheux, les concepteurs ont tendance à profiler à parts égales de chaque côté de la route, et ce pour plusieurs motifs valables. Toutefois, là où c'est possible, il peut être plus opportun de concentrer les travaux d'enlèvement et d'excavation du côté qui exposera davantage la chaussée au soleil. De plus, ces travaux d'enlèvement et d'excavation doivent permettre le stockage de la neige de manière à éviter le ruissellement des eaux de fonte sur la chaussée.

En été comme en hiver, le réchauffement et le refroidissement de la chaussée peuvent être affectés par les types d'espèces végétales plantés aux abords des routes et des parcs de stationnement. Par exemple, les arbres feuillus donnent de l'ombre au cours de l'été et laissent passer les rayons du soleil durant l'hiver.

De plus, lors de la planification des travaux d'enlèvement de la végétation et des travaux de terrassement, il est essentiel de tenir compte des effets de poudrerie et des besoins de stockage de la neige.

#### Gestion du drainage

Pour être efficace, la conception des routes et des aires de stationnement doit prévoir des pentes transversales suffisantes pour permettre la diffusion de la saumure de manière à réduire l'utilisation des sels de voirie.

La majeure partie des sels de voirie utilisés dans les aires de stationnement, sur les trottoirs et sur les

chaussées sert éliminer les plaques de verglas causées par le mauvais drainage.

Trop souvent, des bâtiments sont mal conçus en ce sens que l'eau d'égouttement des toitures s'écoule sur les surfaces pavées. Le verglas ainsi formé exige l'épandage continu de sels de voirie pour gérer les risques ainsi causés.



Les concepteurs doivent porter une attention particulière au captage des eaux d'égouttement des bâtiments et des eaux de ruissellement pour les éloigner des surfaces pavées.

Il est toujours utile de visiter un site par temps pluvieux pour bien voir les répercussions des installations mal conçues en matière de drainage. Les aires mal drainées sont très faciles à voir. Étant portées à la formation de plaques de verglas par temps froid, ces aires présentent des risques plus élevés de chutes accidentelles et doivent recevoir des quantités importantes de sels de voirie. La gestion efficace du drainage permet de réduire l'utilisation des sels de voirie tout au long du cycle de vie des installations.

Le ruissellement des eaux de fonte provenant de la neige stockée du côté le plus élevé des aires de stationnement est un problème assez commun. Dans l'aménagement des parcs de stationnement, les concepteurs ont souvent tendance à placer les puisards de manière à ce que l'eau s'écoulant de la neige stockée au pourtour du parc de stationnement doive franchir les aires de circulation pour y parvenir. Cette eau de ruissellement peut former des filets de verglas lorsque la température de la surface passe sous le point de congélation.

Ce problème peut être réglé par une planification soignée du nivellement en par le placement des s plus près de la bordure de la surface pavée.



Il est essentiel de tenir compte des besoins de stockage de la neige lors de la conception des routes et de la préparation des plans d'implantation. Idéalement, les aires de stockage de la neige seront identifiées de manière à offrir une capacité de stockage suffisante et l'écoulement de leurs eaux de ruissellement doit s'éloigner des surfaces pavées. Dans le cas des chaussées, il faut prévoir des accotements de superficie suffisante pour dégager complètement la neige de la surface de circulation et pour stocker la neige tout l'hiver durant. En milieu urbain, cela peut être impossible, donc il faut prévoir l'enlèvement et l'évacuation des neiges usées vers des dépôts à neige.

### **POUDRERIE – NOTIONS DE BASE**

À certains endroits, une quantité importante de la neige devant être déblayée des chaussées, des aires de stationnement et des trottoirs provient de la poudrierie. Par conséquent, le contrôle efficace des effets de poudrierie peut contribuer à réduire les besoins de déneigement, de déglacage et d'épandage des sels de voirie. Les concepteurs peuvent avoir une influence importante sur les causes et les effets de la poudrierie.

Du point de vue opérationnel il est possible de prévenir la poudrierie et la formation de bancs de neige par la mise en place de dispositifs de contrôle, incluant les clôtures à neige (écrans structurels et végétaux), les crêtes de neige et par le positionnement stratégique des bâtiments.

En comprenant bien les causes et la dynamique de la poudrierie, les concepteurs peuvent planifier des aménagements en conséquence, ce qui permet d'éviter ces problèmes et les besoins de déneigement, de déglacage et d'épandage de sels de voirie qui s'y rattachent.

La poudrierie et les bancs de neige peuvent se former en un point donné lorsqu'une source de neige non contenue se trouve dans un espace découvert en amont d'une route et que cette neige est exposée à un vent dont la vitesse locale (mesurée à environ 1 m audessus du sol) dépasse la limite des 15 km/h. Dans le contexte de la présente synthèse, cette vitesse limite du vent s'entend de la vitesse audessous de laquelle les particules de neige et autres ne seront pas soulevées. En revanche, lorsque la vitesse limite est dépassée, le vent transportera la neige vers la route, et ce en une fine couche et à ras le sol. Dans la mesure où aucun obstacle ne ralentit le vent, la neige balayera alors la route sans s'accumuler.

Sous l'effet du vent, les particules de neige continueront de se déplacer jusqu'à ce qu'il y ait sublimation (changement de l'état solide à l'état gazeux) ou jusqu'à ce que la vitesse du vent retombe audessous de la vitesses seuil et que les particules de neige se déposent sur le sol. Si la vitesse du vent augmente, la turbulence causée par la friction à la surface du sol engendrera un effet de brassage qui accentue la densité de la couche de neige dérivante, laquelle contribue habituellement à réduire la visibilité. On constate habituellement une diminution de la vitesse des vents dans certaines zones lorsque certains éléments sont présents : changement de pente du terrain, végétation, bancs de neige laissés par des chasseneige, glissières de sécurité, culées de pont, bâtiments, etc. (Voir les figures 1 à 4.)

La diminution de la force des vents autour de tels obstacles favorisera des accumulations de neige près des routes et des ponts, accumulations qui pourraient poser des difficultés pour la conduite automobile si elles sont situées près des voies de circulation routière.

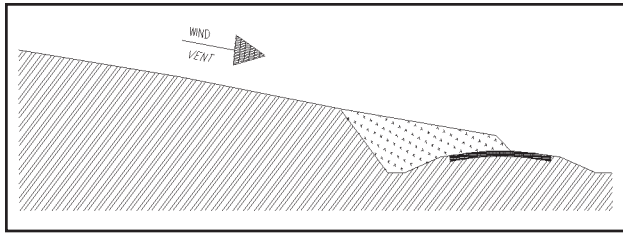


Figure 1 – Accumulation de neige causée par un changement de la pente du terrain

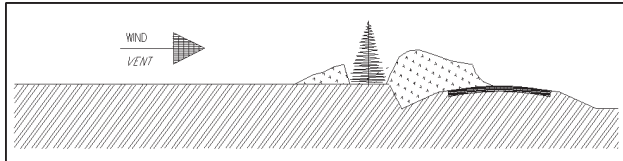


Figure 2 – Accumulation de neige causée par la présence d'arbres

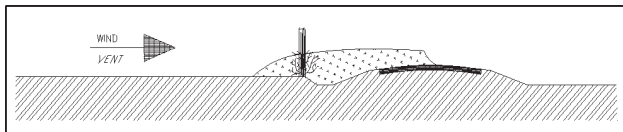


Figure 3 – Accumulation de neige causée par une clôture

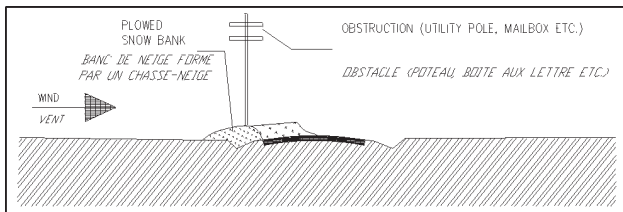


Figure 4 – Accumulation de neige causée par un poteau d'utilité publique

Dans certains cas, si la neige est balayée à pleine largeur d'une surface pavée en présence d'un débit de circulation élevé au même moment, le passage de ces véhicules contribuera à faire coller la neige à la surface de la route, ce qui entrainera des conditions de verglaçage. De même, si du sel est appliqué sur une route où le débit est plutôt faible, ce sel créera un film humide en surface de chaussée de sorte que la neige collera à la route alors que dans d'autres circonstances, cette neige aurait été balayée d'un côté à l'autre de la chaussée. La pratique consistant à ne pas épandre de sels de voirie ne devrait toutefois pas être mise en œuvre sans un examen approfondi. Un plan écrit devrait être établi aux fins de spécifier dans quelles circonstances l'application de sels de voirie s'impose ou non. Certaines administrations pourraient par ailleurs décider que cette même pratique est contraire à leur philosophie d'entretien des routes.

### FACTEURS À PRENDRE EN COMPTE DANS LA PLANIFICATION ET LA CONCEPTION DE ROUTES ET DES PONTS

La présente synthèse propose, ciaprès, une liste des principaux facteurs de planification et de conception des routes et des ponts qu'il importe de considérer aux fins de réduire le plus possible les accumulations de neige et de glace. Les notions exposées dans ce contexte peuvent également servir à trouver des solutions aux problèmes d'accumulation de neige sur des routes existantes. Pour obtenir davantage de détails sur le sujet, les lecteurs sont invités à consulter le Guide de gestion des sels de voirie de l'ATC, édition 2012. En plus, dans le cas des projets plus complexes, les concepteurs seraient bien avisés de faire appel aux services d'un expert en déneigement et déglçage.

#### Données météorologiques

- Les données météorologiques ci-après devraient être obtenues en guise de renseignements contextuels :
  - précipitations quotidiennes et annuelles moyennes de neige;
  - directions et vitesses des vents dominants;
  - directions des tempêtes et quantité de neige qui tombe lors d'une tempête hivernale type;
  - températures mensuelles moyennes et températures hivernales extrêmes prévisibles;
  - nombre de cycles de gel/dégel.
- Bien souvent, le personnel d'entretien routier est bien au fait des conditions locales et peut donc s'avérer une source utile d'informations très « concrètes ».

#### Milieu environnant

- Le terrain situé aux environs d'un site routier donné influera sur les quantités de neige pouvant être balayées par le vent vers une installation.
- Au moment de déterminer le nouvel emplacement d'un emplacement, il importe de garder à l'esprit que le terrain exposé au vent joue un rôle déterminant. La distance qui sépare cet alignement de tout objet ou structure d'importance se trouvant au vent (p. ex., une

crête, une bande d'arbres dense, une rangée d'habitations, etc.) s'entend, dans le jargon des experts, du « fetch ». Plus le fetch est important, plus les possibilités d'accumulation de neige seront élevées et plus les problèmes de circulation à l'installation seront importants.

- L'aspect superficiel d'une zone de fetch située au vent est également une question importante. Une zone relativement « lisse », par exemple une étendue d'eau glacée ou un champ d'herbes courtes, ne permettra pas d'emprisonner la neige et de ce fait, ne sera d'aucune utilité pour ce qui est de réduire les accumulations de neige. Des terrains plus irréguliers, par exemple des champs labourés, des restes de culture, de l'herbe longue, des buissons ou des arbres parvenus à maturité et offrant une ramification dense sont autant de façon de piéger la neige et de diminuer les possibilités de rafales ainsi que d'accumulation de neige le long des installations.

### Échangeurs et bâtiments

- Les échangeurs et les bâtiments engendrent des modèles complexes de manifestation des vents, de sorte qu'il est habituellement nécessaire d'exécuter une étude sur modèle pour bien évaluer toutes les circonstances présentes.
- Du point de vue de l'accumulation de neige, une route ayant un niveau élevé de service devrait enjamber une route ayant un niveau moindre de service, du fait que les vents dominants auront tendance à balayer la neige hors de la route surélevée.
- Pour réduire les accumulations de neige, la construction d'ouvrages de contrefort ouverts devrait être envisagée. Malgré leur coût plus élevé, les ouvrages de contrefort ouverts devraient être privilégiés par rapport aux ouvrages fermés. Ceci dit, compte tenu de l'aspect coût susmentionné et de la vocation rurale des ouvrages de contrefort ouverts, le choix d'ouvrages de contrefort fermés s'impose dans bien des cas.

### Ombrage et ensoleillement des chaussées

- L'altitude hivernale et l'azimut du soleil (relèvement vrai, établi d'après le Nord véritable)

ainsi que l'effet potentiel d'ombrage de la couverture végétale influenceront sur la fonte de la glace à la surface d'une route. Les arbres devraient être coupés suffisamment en retrait pour maximiser l'effet calorifique du soleil. La même attention devrait être accordée aux surfaces verticales déjà intégrées à la conception d'une installation. Le cas échéant, ces surfaces devraient si possible être remplacées par des levées en pente. Il est préférable d'orienter l'emplacement des bâtiments de manière à ce que les surfaces pavées soient exposées au soleil autant que possible.

### Route surélevée aménagée sur un remblai

- Dans le cas des routes dont les chaussées sont séparées par une bande médiane et qui se prêtent à la construction de voies indépendantes de niveaux différents dans l'une et l'autre direction, il est souhaitable que l'élévation des voies exposées au vent soit inférieure à celle des voies sous le vent, sinon que ces voies soient au moins à la même élévation que les voies sous le vent.

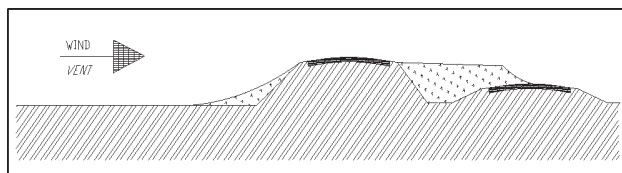


Figure 5 – Route surélevée provoquant une accumulation de neige près des voies adjacentes

Le sommet d'une chaussée doit si possible être situé à environ 1 m audessus de l'épaisseur type de la couche de neige dans cette zone.

Dans la mesure du possible, il faut éviter d'installer des glissières de sécurité, lesquelles font obstacle au balayage de la neige par le vent et contribuent ainsi à combler les vides créés par les pentes latérales. Aux fins de déterminer les pentes latérales minimales d'une route sans glissière de sécurité (pente de 3:1 à 4:1), prière de consulter le *Guide de conception géométrique des routes* de l'ATC, édition 2012. Idéalement, une telle pente devrait être ramenée à un rapport de 7:1 afin de favoriser une accumulation efficace de la neige.

### 3.0 – CONCEPTION DES ROUTES, PONTS ET INSTALLATIONS

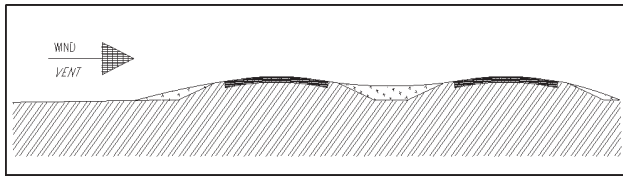


Figure 6 – Route surélevée provoquant une accumulation de neige près des voies adjacentes

De façon générale, il est admis qu'une route construite entièrement sur remblai et en amont de laquelle ne se trouve aucun accident de terrain d'importance offrira vraisemblablement beaucoup moins de résistance à la poudrière (pas d'accumulations de neige) que n'importe quelle autre configuration de route.

#### Fossés larges

Des fossés de bonne largeur permettent de stocker la neige déblayée par les chasse-neige, neige qui autrement s'accumulerait en bordure de route et favoriserait un amoncèlement encore plus important de neige. Le Guide de gestion des sels de voirie de l'ATC, édition 2012 traite plus en détail du calcul des volumes d'amoncèlement de neige.

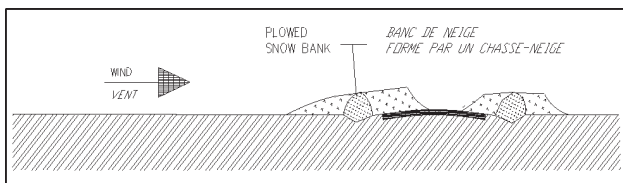


Figure 7 – Le manque d'espace de stockage de chaque côté d'une route contribue à la création de bancs de neige par les chasse-neige

#### Utilisation de glissières de sécurité

Les glissières de sécurité à câbles ou à poutres-caissons sont des composantes de route qui théoriquement offrent le moins d'opposition aux rafales de neige et qui favorisent le moins l'amoncèlement de neige sur une chaussée. Dans la pratique toutefois, les chasse-neige repoussent la neige contre les glissières à poutres-caissons ou à bandes métalliques, ce qui finit par créer un obstacle plein. Dès lors, aux fins de l'analyse des rafales et des accumulations de neige, il vaut mieux présumer que toutes les glissières de sécurité sont de fait des obstacles pleins.

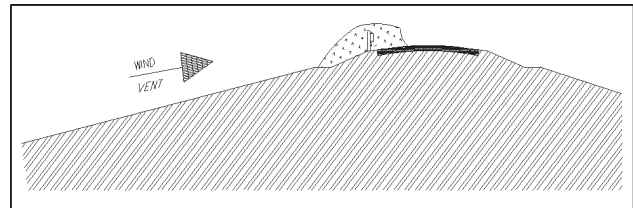


Figure 8 – Les glissières de sécurité favorisent l'accumulation de neige le long des routes

- Les barrières pleines de type « Jersey » se prêtent le plus facilement au déblayage de la neige par les chasse-neige.
- Les barrières solides de haute dimension contribuent à accroître les zones d'accumulation de neige ainsi que les zones d'ombrage.
- Il est possible de réduire le besoin d'ouvrages de retenue de la neige le long d'une route en aplanissant les contrebans de celle-ci.

#### Bermes d'accumulation de la neige

- Les bermes d'accumulation de la neige doivent être aménagées en amont de la route, selon un ratio de retrait de 7 fois la hauteur de la berme.
- Pour obtenir d'une berme un maximum d'efficacité en matière d'accumulation de neige, il convient de maximiser la hauteur de la berme et de veiller à ce que ses pentes soient aussi abruptes que possible.
- Une berme de haute taille est plus efficace pour l'accumulation de la neige que des rangées de bermes de moindres dimensions.
- Pour maximiser l'efficacité d'une plantation d'arbres, des conifères devraient être plantés sur la berme, placée en retrait à une distance correspondant à 15 fois la hauteur combinée de la berme et des conifères à maturité.

#### Contrebans

- Idéalement, un contrebans en amont d'une route ne devrait pas avoir une pente de plus de 7:1 de manière à réduire au minimum les accumulations de neige sur la surface pavée.

- Dans le cas d'une route étagée, la découpe du côté en amont (c.-à-d. au vent) devrait idéalement être plus large que du côté en aval, (c.-à-d. sous le vent) et respecter le ratio minimal de 7:1 dont il a été question ci-haut. Si la découpe sert de source de matériaux de remblai pour d'autres sections de la route, on peut alors envisager la possibilité d'utiliser la majeure partie des matériaux provenant du côté en amont de la tranchée.

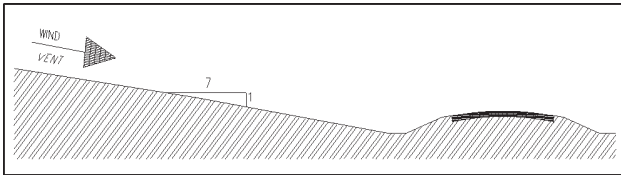


Figure 9 – Aplanir les contrebas

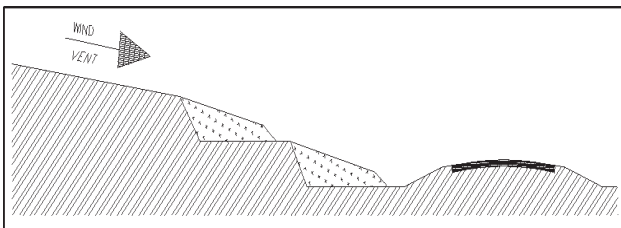


Figure 10 – Pratiquer une large découpe aux abords de la route pour stocker la neige balayée par les vents

### Obstacle situé près d'une installation

- Comme les figures 2, 3 et 4 l'illustrent, parmi les obstacles qui peuvent engendrer des problèmes d'accumulation de neige figurent :
  - les arbres situés trop près de la route;
  - les boîtes postales;
  - les poteaux d'utilité publique;
  - les glissières de sécurité;
  - les bancs de neige formés par les chasse-neige;
  - les paraneiges (clôtures à neige).

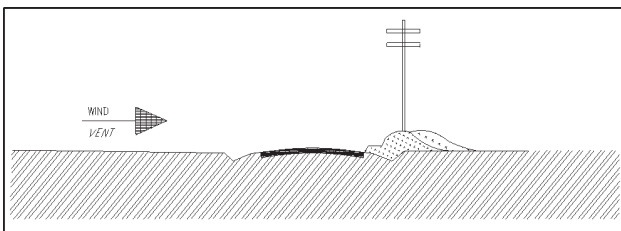


Figure 11 – Placer les obstacles du côté sous le vent de la route

- Il est toujours opportun d'envisager d'éliminer ces obstacles ou d'en réduire les effets dans la mesure où ils causent des accumulations de neige.
- Dans la mesure du possible, il faut placer ces obstacles du côté sous le vent de l'installation, autrement dit en aval de celle-ci.
- En règle générale, un obstacle qui est plein dans une proportion de 50 % (paraneige, végétation) devrait être placé à une distance équivalant à 15 fois sa hauteur par rapport au bord de l'installation ou de l'emprise routière, selon le cas, distance mesurée au niveau du sol. Un obstacle plein (immeubles, rangée double de végétation) devrait être placé à une distance équivalant à 10 fois sa hauteur, distance mesurée encore une fois au niveau du sol.
- Les murs antibruit ne posent généralement pas de problème d'accumulation de neige du fait qu'on les retrouve surtout dans des secteurs résidentiels, c'est-à-dire dans des milieux qui contribuent à limiter le mouvement de la neige vers ces ouvrages et les routes qu'ils longent. Néanmoins, il serait avisé d'examiner les possibilités d'accumulation de neige aux extrémités de tels murs.

### Gestion de la végétation

- La conception judicieuse de l'aménagement paysager permet de résoudre ou d'atténuer nombre de problèmes d'accumulation de neige. En revanche, un aménagement paysager mal conçu ou la plantation inappropriée de végétation peuvent ajouter aux problèmes d'accumulation de neige (particulièrement aux échangeurs).

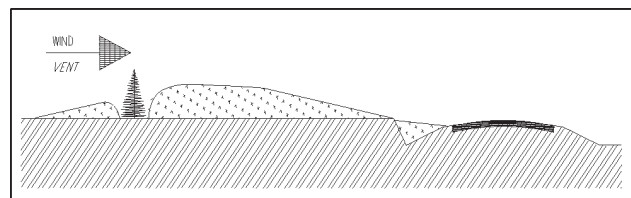


Figure 12 – Des arbres plantés au bon endroit permettent de réduire l'accumulation de neige sur une route

- Avant de procéder à l'enlèvement de la végétation pour construire de nouvelles installations (ou apporter des améliorations à des installations existantes), les concepteurs doivent évaluer les



### 3.0 – CONCEPTION DES ROUTES, PONTS ET INSTALLATIONS

conditions existantes de terrain afin de déterminer si la végétation en place permet ou non d'éviter un problème d'accumulation de neige ou encore si cette végétation pourrait ou non entraîner ultérieurement un tel problème. Il convient de se rappeler ici que des points de vue économique et du temps, il est plus efficace de préserver la végétation existante que de planter de nouveaux éléments de végétation. De plus, cette dernière approche permet d'intégrer la végétation en place aux nouveaux plans d'aménagement paysager.

- Qu'il soit de nature végétale ou non, le but d'un paraneige installé en amont d'une route est de favoriser une accumulation de neige immédiatement derrière celui-ci, c'est-à-dire en aval de ce paraneige, de façon à limiter le plus possible la quantité de neige balayée sur la route.

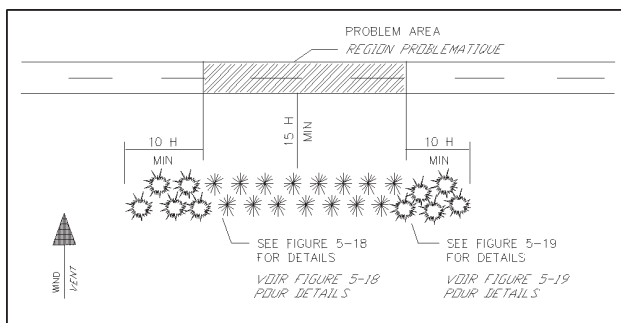


Figure 13 – Détails d'un aménagement paysager type

- Lorsqu'il est disposé selon une configuration appropriée et qu'il est installé au vent et au bon endroit, à une distance judicieuse de la route, un paraneige végétal peut remplir le même rôle que les autres types de barrières à neige.
- Les espèces végétales dont les branches forment une ramure dense peuvent retenir la neige jusqu'à environ la moitié de leur hauteur. Les arbres et les plantes ligneuses donnent les meilleurs résultats dans ce contexte, du fait qu'ils ne plient pas autant sous le poids de la neige que d'autres espèces végétales.
- Des plants de maïs laissés dans des parcelles agricoles, du côté au vent, peuvent contribuer à ralentir les vents ainsi qu'à réduire les accumulations et les rafales de neige. Ainsi, de cinq à six rangs de maïs placés à une distance comparable à celle illustrée à la Figure 13 permettront

efficacement de réduire les amonçlements de neige.

- Lorsque cette technique est utilisée, il est en outre préférable de ne pas couper les herbages dans l'EMPRISE, car ceux-ci permettent de contrer les rafales de neige. En revanche, les herbages qui sont directement adjacents à une route devraient idéalement être rasés afin d'empêcher toute accumulation de neige qui pourrait éventuellement s'étendre jusque sur la route.
- Lorsque l'on dispose de suffisamment de terrain, en l'occurrence d'au moins 60 mètres de profondeur, le recours à un massif d'arbres paraneige peut s'avérer une option viable. Toutefois, il demeure beaucoup plus économique dans le cas des nouvelles routes de conserver la forêt existante. On peut ainsi économiser tout le temps qu'il faudrait à une nouvelle plantation pour atteindre la hauteur voulue. Les massifs forestiers utilisés comme paraneiges procurent également d'importants avantages pour la faune et ils peuvent être gérés aux fins de production de bois.
- Puisque les emprises routières ne sont habituellement pas d'une largeur suffisante pour satisfaire aux exigences d'emplacement des paraneiges – paraneiges végétaux ou non végétaux, rangs de maïs, massifs forestiers – il pourrait s'avérer nécessaire le cas échéant de conclure avec des propriétaires fonciers des accords d'utilisation de leurs terres.
- Se reporter également la Synthèse des meilleures pratiques de gestion de la végétation.

#### Considérations urbaines

- Peuvent être concrètement prises pour réduire les accumulations de neige du fait que les emprises routières sont enclavées et que les terres adjacentes sont habituellement occupées par des immeubles/des habitations. Le cas échéant, la neige accumulée est enlevée à la faveur du programme de déneigement de la municipalité.
- Nombre de mesures de modération de la circulation, par exemple les bosses de ralentissement, les dispositifs de rétrécissement des chaussées, les trottoirs surélevés et les intersections à platesformes, peuvent engendrer des difficultés d'enlèvement de la neige et nuire au drainage d'une route et à l'entretien général. Dès lors,

l'emploi de ces dispositifs doit tenir compte de ces effets possibles.

- La canalisation de la circulation au moyen de terrepleins et d'îlots surélevés peut également gêner le travail des équipements de déneigement.
- De nombreux objets installés en bordure d'une voie de circulation (boîtes aux lettres, abris d'autobus, parcomètres, lampadaires, etc.) peuvent aussi faire obstacle à l'enlèvement de la neige.
- Le stockage de la neige en milieu urbain relève souvent du défi. Aussi, il importe d'examiner les possibilités de construire des culsdesac, des voies cyclables et des voies de bordure de plus grandes dimensions (notamment pour les ponts), afin d'y entreposer temporairement de la neige. Les nouveaux projets de lotissement et de développement devraient aussi tenir compte des besoins de stockage de la neige et de drainage des eaux de fonte à l'étape de la conception.
- Il importe également d'éviter d'entreposer de la neige dans les « zones piétonnières » (c.à.d. les bandes passantes) et d'éliminer ainsi tout risque de poursuites en dommages-intérêts résultant de chutes.
- Les eaux de fonte doivent toujours être éloignées des surfaces pavées, où elles peuvent causer la formation de verglas et augmenter les risques de chutes des piétons.
- Les itinéraires de déneigement devraient également faire l'objet d'une attention particulière de la part des concepteurs des voies de circulation (rayons des coins, rayons des culsdesac, voies de virage, etc.).
- Le type de trottoir (c.à.d. la ligne de bordure) et la largeur d'un boulevard peuvent déterminer s'il convient d'utiliser une niveleuse ou un chasseneige, ou les deux.

### **Considérations rurales**

- Les terrepleins et les îlots surélevés peuvent poser des difficultés aux équipements de déneigement.
- En milieu rural, les emprises routières sont habituellement moins restreintes et moins encombrées qu'en milieu urbain, ce qui fournit davantage d'emplacements temporaires ou permanents de stockage de la neige.

### **Drainage**

- Réduire l'accumulation de glace et, du fait même, l'utilisation de sels de voirie (cette considération s'applique tout autant aux intersections, aux points d'accès, aux routes elles-mêmes, aux parcs de stationnement et aux trottoirs).
- Il importe de bien choisir les réglages maximum et minimum des équipements de déneigement afin de favoriser un épandage uniforme des sels de voirie ainsi que l'écoulement des eaux de fonte (glace/neige) vers les puisards.
- L'utilisation du taux inférieur de surélévation (afin de favoriser un épandage uniforme) permet d'optimiser l'utilisation des sels de voirie.
- Les routes offrant une pente transversale de 2 à 3 % depuis leur ligne médiane offrent les meilleures conditions de drainage.
- Le marquage de toutes les extrémités de ponceaux en facilite le repérage lors des activités de nettoyage et du dégel.
- Dans la conception des parcs de stationnement, il convient de placer les puisards en bordure pour éviter de faire écouler les eaux de fonte des aires de stockage de la neige sur une longue distance sur les surfaces pavées, où pourraient se former des filets de verglas nécessitant l'épandage de sels de voirie.
- L'eau d'égouttement et de drainage des bâtiments ne doit pas causer la formation de verglas sur les voies de déplacement et les trottoirs.
- La Synthèse des meilleures pratiques sur la gestion du drainage et des eaux de ruissellement traite plus en détail de ce sujet.

### **Couches de fondation routières**

- Les sources souterraines peuvent modifier l'état des fondations d'une route et doivent donc être prises en compte.
- Les zones vulnérables au gel peuvent provoquer le soulèvement de la surface d'une route. Le problème peut être contré en recourant à une technique d'isolation. Toutefois, une telle mesure peut influencer sur les propriétés thermiques du revêtement de la surface pavée.

### Systemes automatisés de pulvérisateurs fixes

Les secteurs qui chaque hiver sont exposés fréquemment au gel ou à la formation de glace noire exigent traditionnellement l'intervention de plusieurs membres du personnel ainsi que l'épandage de sels de voirie aux fins d'être entretenus de façon appropriée. Les courtes périodes de verglaçage, dont certaines ne durent que quelques minutes aux environs du lever du soleil, exigent une approche proactive du fait que le temps dont on dispose pour intervenir est de courte durée. Ceci dit, le défaut d'intervenir dans de telles circonstances, même s'il ne s'agit que de quelques fois, peut entraîner des risques.

Il peut être difficile et onéreux, sur les routes à très achalandées, d'épandre préventivement sur la chaussée une substance antiverglaçante. Idéalement, une telle substance devrait être appliquée tout juste avant que ne survienne le problème anticipé de verglaçage. Des systèmes automatisés de pulvérisation de liquides antiverglaçants – les systèmes automatisés de pulvérisateurs fixes ou SAPF – ont donc été mis au point afin d'aider les administrations à mieux s'attaquer aux problèmes de verglaçage des routes.

- Les travées élevées et de bonne longueur des ponts qui enjambent des étendues ou des cours d'eau sont particulièrement sujettes à des verglaçages fréquents et soudains. En effet, l'effet conjugué de l'air humide et de la rapidité de refroidissement du tablier d'un pont provoquera au cours d'un hiver de nombreux épisodes de verglaçage et de formation de glace noire. La transition entre la surface chaude et sans glace d'une route à niveau et le tablier plus froid et verglacé d'un pont laisse peu de temps aux conducteurs pour réagir à une telle situation dangereuse.
- Les bretelles surélevées des autoroutes, les tronçons incurvés de routes comportant une pente descendante de même que les approches d'intersections au pied de collines sont autant de secteurs où il peut être difficile de contrôler le verglaçage.
- Entièrement automatisés, les SAPF utilisent des capteurs enfouis dans le revêtement de chaussée et d'autres montés sur des tours, du matériel et des logiciels informatiques installés sur place ainsi que des pulvérisateurs intégrés à la chaussée ou

au parapet. Tous ces composants servent à appliquer automatiquement un liquide chimique antiverglaçant à la surface de la route, tout juste avant que ne survienne l'épisode anticipé de verglaçage.

- Les SAPF peuvent être conçus et installés à titre de composants d'un nouveau pont ou tronçon routier ou encore être intégrés à ces derniers au moment de leur remise en état. On estime qu'il est plus économique d'intégrer les SAPF à l'étape initiale de conception et de construction d'un tel pont ou tronçon, plutôt qu'à celle de leur remise en état ultérieure.
- Les SAPF aident les administrations à satisfaire aux exigences des « 4B » de la gestion des sels de voirie, à savoir épandre le bon produit en bonne quantité, au bon endroit et au bon moment.
- Lorsque les plages de températures le permettent, une solution antiverglaçante à base de chlorure peut être utilisée. Les SAPF installés sur des ponts enjambant des étendues d'eau pulvérisent le plus souvent des solutions chimiques antiverglaçantes à base d'une autre substance que le chlorure afin de réduire la corrosion du tablier du pont de même que les effets environnementaux du chlorure sur les eaux s'écoulant sous le pont.
- Du fait que les citernes d'entreposage et les mécanismes de pompage des liquides de pulvérisation sont habituellement situés dans des aires non chauffées, la préférence est habituellement accordée aux substances chimiques dont le point de congélation est très bas (p. ex., chlorure de magnésium, acétate de potassium).
- Les capteurs montés sur des tours ou les composants de SIMR des SAPF peuvent en outre être utilisés dans le cadre d'un réseau régional de SIMR.

### ENROBAGES DE REVÊTEMENT

Des enrobages de revêtement ayant des fonctions comparables aux SAPF sont désormais disponibles. Ces enrobages agissent comme des éponges renfermant des produits chimiques déglaçants, et les libèrent à la surface du revêtement lors de la formation de givre ou de verglas. Ces enrobages fonctionnent selon le principe où le produit chimique déglaçant est retenu

dans le revêtement et automatiquement activé en présence de neige, de givre ou de verglas, tout comme le SAPF serait activé par la présence de ces éléments.

### **FACTEURS À CONSIDÉRER DANS LE CONTEXTE DE LA RÉDUCTION DES EFFETS NUISIBLES DES SELS ÉPANDUS SUR LES OUVRAGES D'ART**

L'utilisation des sels de voirie représente une composante essentielle de la plupart des programmes d'entretien hivernal des routes, technique qui de surcroît est nécessaire au maintien de normes appropriées d'exploitation des routes. Même si l'objet de la présente synthèse des bonnes pratiques est de proposer des moyens qui contribueront ultimement à réduire l'emploi de sels de voirie, force est de reconnaître que ceux-ci continueront d'être appliqués dans une certaine mesure sur les ouvrages d'art afin de respecter les normes d'exploitation en vigueur. Les effets nuisibles des sels de voirie sur l'infrastructure sont en revanche bien documentés. Au cours des dernières années, de nombreuses pratiques et substances ont été adoptées par les différentes administrations dans le but de réduire les répercussions des sels de déverglaçage. La présente section résume les mesures qui peuvent être prises aux fins d'atténuer autant que possible les incidences des sels de voirie.

Dans les secteurs où les sels de voirie continueront d'être épandus sur des ouvrages d'art par souci de respecter les normes d'exploitation des réseaux routiers, les concepteurs des ouvrages d'art doivent préciser les méthodes et les matériaux de construction qui ajouteront à la durabilité de la structure en question.

Concrètement, les concepteurs doivent déterminer le type de structure le plus approprié, les matériaux opportuns et les mesures les plus efficaces de contrôle du drainage de la structure, le tout dans le but de réduire au minimum les possibilités de détérioration accélérée de l'ouvrage sous l'effet des sels de voirie.

Les facteurs à considérer dans la conception d'ouvrages d'art durables sont principalement de trois ordres : les considérations structurales, les considérations touchant les matériaux et les considérations de drainage.

### **Considérations structurales**

Les considérations structurales s'entendent des mesures et systèmes retenus dans le but de réduire le plus possible les incidences néfastes des sels de voirie sur la structure d'un ouvrage d'art :

- La présence de joints de dilatation sur un pont est reconnue comme l'une des principales causes de détérioration prématurée des éléments structuraux. Éventuellement, la saumure s'infiltrera par ces joints et provoquera la dégradation du composé dont ils sont faits. On peut réduire le nombre de joints de dilatation en utilisant des sections de travée plus longues ainsi que des culées de pont intégrales et semi-intégrales. De plus, lors des projets de remise en état de ponts, les joints de dilatation peuvent souvent être éliminés par l'emploi de charnières souples de béton, de manière à former un tablier de béton continu pardessus une série de travées simples.
- En cours de fabrication, les ailes des poutres d'acier peuvent « s'incurver » vers l'âme de ces dernières, créant ainsi un réceptacle pour l'humidité. Dans le cas des viaducs routiers, les solutions salines qui sont pulvérisées peuvent facilement s'y accumuler. L'utilisation de poutres d'acier en « I » pour les viaducs routiers devrait donc être limitée le plus possible au profit de poutres de béton ou de poutres-caissons d'acier.

### **Considérations touchant les matériaux**

Ces considérations visent les matériaux et les méthodes normalisées de construction des ouvrages d'art, matériaux et méthodes ayant pour but d'empêcher la corrosion prématurée des composants d'acier des ponts au moyen d'une barrière contre l'infiltration de saumure, ou encore en utilisant des matériaux qui ne peuvent être victimes de corrosion. Parmi ces considérations, citons les suivantes.

- Le respect des codes en vigueur de pratiques de conception des bétons (p. ex., utilisation du béton à air occlus), afin d'obtenir un béton durable, le tout à la lumière des conditions auxquelles l'ouvrage d'art sera exposé.
- L'utilisation de béton haute performance.

### 3.0 – CONCEPTION DES ROUTES, PONTS ET INSTALLATIONS

- L'utilisation d'inhibiteurs de corrosion au moment de la conception du mélange de béton.
- L'utilisation de systèmes durables d'hydrofugation de type barrière imperméabilisante.
- L'utilisation d'armatures en acier inoxydable.
- Le respect des normes et des codes de pratiques concernant les modalités de détail, l'enrobage des armatures et autres pratiques de prolongation de la durée de vie utile des ponts.
- L'utilisation de matériaux non métalliques pour les composants non structuraux, p. ex. les tuyaux de drainage et le renforcement des pièces de fixation en acier.
- L'utilisation de systèmes de revêtement (zingage, revêtement époxydique, métallisation) pour les pièces enfouies ou exposées comme les mains courantes, les poteaux d'utilité publique, les drains de tablier, les joints de dilatation, etc.
- L'utilisation de matériaux composites évolués. Ces matériaux sont généralement non métalliques et ne peuvent donc pas se corroder.
- L'utilisation de produits de scellement de la surface des composants de béton afin d'empêcher ou de réduire l'infiltration de saumure.

Les éléments cidessus peuvent être considérés individuellement ou collectivement dans le cadre d'un programme global d'amélioration de la durabilité des ponts.

Outre le choix de matériaux appropriés, il importe de prendre toutes les mesures voulues aux fins de réduire le plus possible l'exposition des composants structuraux à la saumure. Ainsi, l'acier patinable, largement utilisé à l'échelle de l'Amérique du Nord pour la fabrication des poutres des ponts, produit dans certaines conditions naturelles une couche superficielle oxydée qui ralentit la corrosion et élimine du même coup le besoin de peindre les poutres, d'où une réduction des coûts d'entretien. En revanche, si l'acier utilisé entre continuellement en contact avec une solution saline, la corrosion s'accélère et élimine finalement les avantages de l'acier patinable. Par ailleurs, l'utilisation de bitume sans hydrofugation devrait être évitée à tout prix. Le bitume peut en effet piéger la solution saline et ne permet pas le ressuage naturel du tablier du pont. Les tabliers de ponts recouverts d'une couche de bitume où aucun agent d'hydrofugation n'a été appliqué démontreront un rythme accéléré de détérioration.

#### Considérations de drainage

Il est établi que l'humidité, conjuguée aux sels de voirie, constitue un élément clé de l'apparition du processus de corrosion. Dès lors, il est essentiel d'assurer un drainage adéquat afin de favoriser la durabilité d'un ouvrage d'art. Les facteurs à considérer dans ce contexte sont exposés ciaprès.

- La pente longitudinale doit être adéquate pour assurer l'écoulement de surface. Une pente inappropriée peut contribuer à la formation de flaques d'eau et de là, à une formation de plaques de verglas et à une détérioration accélérée du pont.
- L'élimination des joints et des drains de tablier. Ces composants sont invariablement les premiers à faire défaut dans le tablier d'un pont. Le cas échéant, d'autres composants du pont sont exposés à la saumure et dès lors, à une détérioration précoce.
- L'emploi de différentes mesures particulières destinées à empêcher l'humidité d'infiltrer les composants d'un pont (socles porteurs surélevés, rainures d'écoulement, améliorations visant le revêtement bitumineux, etc.). Certes, il faut bien admettre qu'au cours de la durée de vie utile d'un ouvrage d'art, la majorité des composants entreront en contact avec la saumure, que ce soit par application directe sur la structure du pont, ou par pulvérisation d'une solution saline depuis le dessous de la structure. L'emploi de différentes mesures de détail permettra de réduire l'exposition des composants structuraux aux sels de voirie ou d'empêcher la saumure de se répandre, ce qui prolongera la durée de vie utile de l'ouvrage. De plus, un programme d'entretien prévoyant le nettoyage à grande eau des endroits où peuvent s'accumuler les débris et la saumure (assises, composants porteurs, joints de dilatation, drains de tablier) ne peut que contribuer à prolonger la durée de vie utile de la structure. De telles opérations de nettoyage devraient comprendre un programme de balayage prérinçage ainsi que des mesures de contention et d'élimination des eaux de rinçage.
- Un drainage adéquat des assises devrait normalement suivre une pente facilitant l'écoulement et empêchant la formation de flaques de saumure à proximité de ces assises.

### **ZONES VULNÉRABLES AUX SELS DE VOIRIE**

La majorité des nouvelles améliorations importantes apportées aux routes sont dérivées d'un processus d'évaluation environnemental qui permet d'élaborer et d'évaluer différentes solutions en fonction de leurs incidences sur l'environnement. Lorsqu'ils élaborent de telles solutions, les planificateurs des transports devraient tenir compte de l'emplacement des zones vulnérables aux sels de voirie de manière, autant que possible, à les éviter. Lorsqu'il est impossible d'éviter ces zones, l'emplacement d'une route et sa conception devraient permettre de réduire au minimum les possibilités de dommages environnementaux attribuables aux écoulements de saumure et à la pulvérisation de produits antiverglaçants. Les mesures qui peuvent être prises dans ce contexte comprennent notamment la gestion efficace des eaux pluviales (voir Synthèse des meilleures pratiques de gestion du drainage et des eaux pluviales), l'utilisation de chaussées permettant de réduire les pulvérisations de solutions antiverglaçantes (voir Synthèse des meilleures pratiques de gestion des chaussées et des sels de voirie) ainsi que la sélection de tracées situées en aval des zones vulnérables.

La planification et la conception des aménagements industriels, domiciliaires, commerciaux et institutionnels doivent dans la mesure sur possible veiller à protéger les zones vulnérables aux sels de voirie, et elles doivent en tout temps inclure des stratégies de gestion axées sur la réduction ou l'élimination des effets nuisibles potentiels liés à l'écoulement des eaux de ruissellement contaminées par des sels de voirie vers les zones vulnérables en question.

### **SURVEILLANCE**

Les administrations responsables devraient procéder à un examen de leurs réseaux routiers et des installations connexes pour cerner les zones pouvant présenter des problèmes d'accumulation de neige et de verglaçage. Cette étape franchie, elles pourront alors adopter une approche proactive pour contrer ces problèmes. Les questions de conception associées à l'entretien des routes devraient être portées à l'attention des concepteurs de sorte que ces problèmes puissent être évités dans le futur.

### **TENUE DE DOSSIERS**

En ce qui concerne la conception des routes et des ouvrages d'art, il n'existe aucune exigence particulière concernant la tenue de dossiers liés aux sels de voirie. Cependant, il est toujours opportun de documenter les mesures qui ont été prises à l'étape de la conception en ce qui a trait à la réduction des effets des sels de voirie. Cela peut s'avérer utile pour l'obtention des autorisations requises pour les zones vulnérables.

### **FORMATION**

Il est absolument nécessaire d'incorporer les besoins de l'entretien hivernal lors de la planification et de la conception des routes et des installations connexes. Une démarche de localisation et de conception rigoureuse permet de réduire l'utilisation et les effets des sels de voirie. Les concepteurs de routes et d'ouvrages d'art devraient suivre des cours de formation sur l'entretien hivernal des routes de manière à pouvoir anticiper les problèmes que pourraient engendrer en cette matière certaines solutions spécifiques de conception et à prendre les mesures correctives qui s'imposent. Le personnel affecté à la mise en place d'ouvrages de contrôle des accumulations de neige devrait recevoir la formation voulue relativement au choix des emplacements et à l'entretien de ces structures.

## REMERCIEMENTS

Les présentes *Synthèses des meilleures pratiques de gestion des sels de voirie* ont été produites grâce aux fonds fournis par plusieurs organismes. L'ATC tient à remercier les partenaires de financement ci-dessous d'avoir contribué à ce projet.

- Transports Alberta
- Ministère des Transports de la Colombie-Britannique
- Ville de Burlington
- Ville d'Edmonton
- Ville de Moncton
- Ville d'Ottawa
- Ville de Toronto
- Ville de Winnipeg
- Infrastructures et Transports Manitoba
- Ministère des Transports du Québec
- Ministère des Transports de l'Ontario
- Transports Terre-Neuve
- Transports et Renouvellement de l'infrastructure Nouvelle-Écosse
- Ministère des Transports et de l'Infrastructure du Nouveau-Brunswick
- Municipalité régionale de Halifax
- Municipalité régionale de Waterloo
- Salt Institute
- Voirie Saskatchewan
- Transports Canada

L'expert-conseil principal de la mise à jour était Ecoplans, un membre du Groupe MMM Limité, et Bob Hodgins (anciennement avec Ecoplans et maintenant expert-conseil indépendant).

Le présent document a été produit dans le cadre d'un projet dirigé au nom du Conseil des ingénieurs en chef, sous la supervision d'un comité directeur de projet. L'ATC remercie tous les membres du comité qui ont consacré temps et efforts à la réalisation de ce projet.

### **Association des transports du Canada**

2323, boul. St-Laurent, Ottawa, Canada K1G 4J8  
Tél. : (613) 736-1350 ~ Téléc. : (613) 736-1395  
[www.tac-atc.ca](http://www.tac-atc.ca)