

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS (et mesures pour contrer les effets de la poudrierie)

La présente publication fait partie d'une série de synthèses des meilleures pratiques concernant la gestion efficace des sels de voirie utilisés pour l'entretien hivernal des routes. Cette synthèse a pour seul but de guider les prestataires de services d'entretien routier dans l'élaboration de leurs propres plans de gestion des sels de voirie et de ce fait, elle n'a donc pas valeur de prescription. Elle a plutôt été préparée pour être utilisée de concert avec les lois et règlements, les manuels, les directives et les méthodes propres à chaque administration routière. Des synthèses des meilleures pratiques ont été élaborées sur les sujets suivants : plans de gestion des sels de voirie; formation; conception des routes et des ponts; gestion du drainage et des eaux de ruissellement; chaussées et gestion des sels de voirie; gestion de la végétation; conception et exploitation des centres d'entretien des routes; stockage et élimination de la neige ainsi que matériel et technologies d'entretien hivernal des routes. Pour obtenir de plus amples renseignements sur le sujet, prière de consulter le Guide de gestion des sels de voirie publié par l'ATC en 1999.

INTRODUCTION

Une fois les étapes de leur conception et de leur construction franchies, il va sans dire que les routes ou les ponts sont destinés à être utilisés pendant une longue période au cours de laquelle ils devront être entretenus. Si le concepteur de tels ouvrages ne prévoit pas de mesures pour restreindre les besoins en déneigement et en déverglçage, des efforts et des ressources considérables devront dès lors être déployés. Le but premier de la présente synthèse des meilleures pratiques est de sensibiliser le plus possible les concepteurs de routes et de ponts à l'importance des techniques, des configurations et des paramètres de conception permettant de réduire les accumulations de neige et de glace, le tout dans le but d'optimiser les applications de sels de voirie. Cette synthèse énonce les principes fondamentaux qu'il convient de prendre en compte dans la conception d'une route. Pour obtenir plus de détails sur le sujet, prière de consulter le Guide de gestion des sels de voirie, publié par l'Association des transports du Canada (ATC) en 1999.

ROUTES ET GESTION DES SELS DE VOIRIE

Une proportion importante de la neige qui doit être enlevée des routes est en fait déposée sur celles-ci par la poudrierie. Aussi, toute pratique efficace de contrôle des amoncellements de neige peut contribuer à une diminution des efforts de déneigement et de

déverglçage, y compris des quantités de sels de voirie utilisées. Concrètement, les problèmes liés à la poudrierie peuvent être accentués par une conception médiocre des routes et des ponts, et vice versa. Ces problèmes peuvent aussi être contrôlés à la faveur de l'érection de dispositifs appropriés, par exemple des clôtures à neige ou des coupe-neige.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	1
Routes et gestion des sels de voirie	1
Pratiques de gestion des sels de voirie	2
Notions fondamentales concernant la formation des bancs de neige	2
Planification et conception des routes et des ponts	3
Facteurs à considérer dans le contexte de la réduction des incidences nuisibles des sels épanchés sur des ponts	9
Zones vulnérables aux sels de voirie	11
Surveillance	11
Tenue de dossiers	11
Formation	11

Tout au long des étapes de préparation de la construction d'une route (délimitation, planification, conception préliminaire et conception détaillée), le concepteur a la possibilité de prendre différentes décisions concernant notamment l'emplacement, la configuration et les paramètres conceptuels de l'ouvrage à construire. Ces décisions influenceront, durant toute la durée de vie utile de l'installation, sur les facteurs d'accumulation de neige et de glace. Lorsqu'une route est moins vulnérable à l'accumulation de neige et de glace, les besoins correspondant en entretien seront donc moindres, de sorte que les quantités de sels de voirie à appliquer sur cette route au cours d'une période de temps donnée seront vraisemblablement, elles aussi, moindres.

Des recherches et des études de cas ont confirmé qu'il existe un lien direct entre les paramètres conceptuels de certaines routes et les amoncellements de neige et de glace qu'on y constate. En guise de principe directeur, il est dès lors suggéré que les concepteurs examinent les besoins en entretien lorsqu'ils déterminent l'endroit 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 glace, sur une route ou près d'un pont, ajoute aux coûts en capitaux. Néanmoins, il est également évident que du point de vue plus global du cycle de vie de tels ouvrages infrastructureux, 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 considération 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 pont.

PRATIQUES DE GESTION DES SELS DE VOIRIE

Du verglas se forme à la surface d'une route où circulent des véhicules lorsqu'il y a précipitation de neige ou de pluie alors que la température est au point de congélation ou inférieure à celui-ci.

Il n'existe guère de mesures de planification et de conception qui permettent d'influer sur la température surfacique d'une route ou sur l'importance de l'accumulation de neige ou de glace sur celle-ci. Même si les chaussées routières possèdent certaines propriétés thermiques (voir Synthèse des meilleures

pratiques portant sur les chaussées et la gestion des sels de voirie), il demeure que traditionnellement les dangers associés au verglas sont contrés par l'épandage, à la surface des routes, de produits chimiques (p. ex. le NaCl) ou d'abrasifs (p. ex. le sable), ou les deux.

Ceci dit, l'accumulation sur une route de neige poussée par le vent peut être réduite à la condition de prendre des mesures appropriées aux étapes de la planification et de la conception de cette même route. Ensemble, la connaissance des facteurs de formation des bancs de neige et l'adoption de mesures conceptuelles contribuant à atténuer ces facteurs permettent de réduire la gravité des problèmes de verglaçage et du fait même, les besoins en sels de voirie.

NOTIONS FONDAMENTALES CONCERNANT LA FORMATION DES BANCS DE NEIGE

Un banc de neige se forme 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 au-dessus 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 au-dessous 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 au-dessous de la vitesse-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 chasse-neige, glissières de sécurité, culées de pont, etc. (Voir 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.

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

Dans certains cas, si la neige est balayée à pleine largeur d'une route ou d'une travée de pont et qu'un trafic élevé y circule au même moment, le passage de ces véhicules contribuera à faire coller la neige à la surface de la route, ce qui entraînera des conditions de verglaçage. De même, si du sel est appliqué sur une route où les conditions de trafic sont plutôt faibles, 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.

PLANIFICATION ET CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

La présente synthèse propose, ci-après, 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. Qui plus est, dans le cas des projets plus complexes, les concepteurs de route seraient bien avisés de faire appel aux services d'un expert en déneigement et déverglaçage.

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, et
 - nombre de cycles de gel/dégel.
- Bien souvent, le personnel d'entretien des routes est bien au fait des conditions locales et peut donc s'avérer une source utile d'informations très « concrètes ».

Terrain environnant

- Le terrain situé aux environs d'un site routier donné influera sur les quantités de neige pouvant être soufflées par le vent vers une route ou un pont.
- Au moment de déterminer le nouvel alignement d'une route, 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

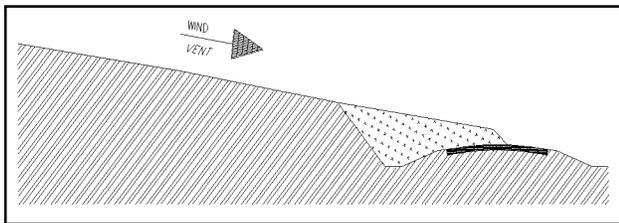


Figure 1 – Problème d'accumulation de neige causé par un changement de la pente du terrain.

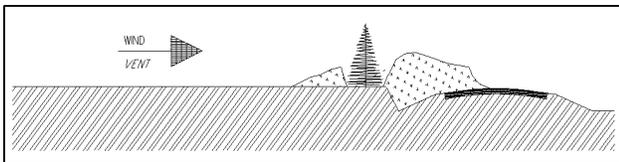


Figure 2 – Problème d'accumulation de neige causé par les arbres.

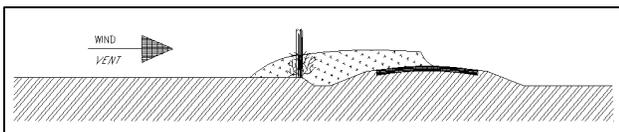


Figure 3 – Problème d'accumulation de neige causé par une clôture.

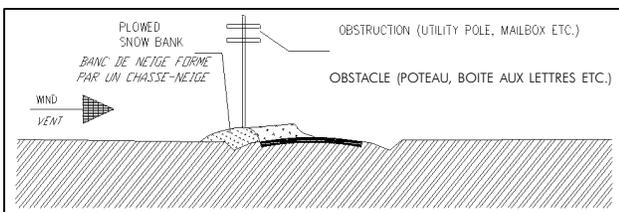


Figure 4 – Problème d'accumulation de neige causé par un poteau d'utilité publique.

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 sur une route ou un pont seront importants.

- L'aspect surfaciel 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 routes ou des ponts.

Échangeurs

- Les échangeurs routiers engendrent des manifestations de vents fort complexes, de sorte qu'il est habituellement nécessaire de recourir à un 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 enjambrer 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.

Ombre/ensoleillement des routes

- Dans les secteurs de fort couvert végétal, 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 route. Le cas échéant, ces surfaces devraient si possible être remplacées par des levées en pente.

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 lesdites voies sous le vent.

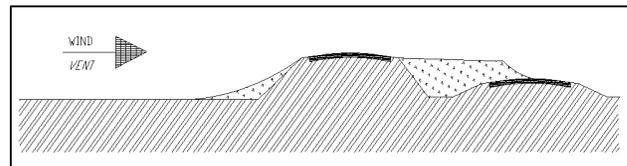


Figure 5 – Des routes surélevées provoquent des accumulations de neige près des voies adjacentes.

- De préférence, le sommet d'une chaussée devrait être situé le cas échéant à environ 1 m au-dessus 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 la version modifiée du Guide de conception géométrique des routes de l'ATC de 1999. Idéalement, une telle pente devrait être ramenée à un rapport de 7:1 afin de favoriser une accumulation efficace de la neige.

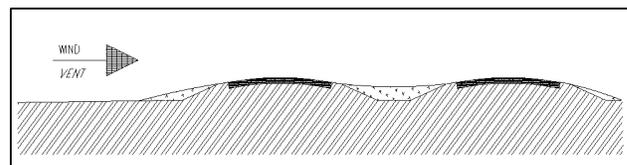


Figure 6 – Des chaussées de même élévation réduisent l'accumulation de neige sur la route.

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

- 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.

Larges fossés

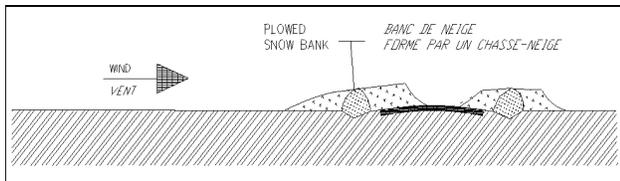


Figure 7 – Le manque d'espace de chaque côté d'une route contribue à la création de bancs de neige par les chasse-neige.

- 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 amoncellement encore plus important de neige. Le Guide de gestion des sels de voirie de l'ATC traite plus en détail du calcul des volumes d'amoncellement de neige.

Utilisation de glissières de sécurité

- Les glissières de sécurité à câbles ou à poutres-caissons sont des composantes de route qui théoriquement offre le moins d'opposition aux rafales de neige et qui favorisent le moins l'amoncellement 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, pour les 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.

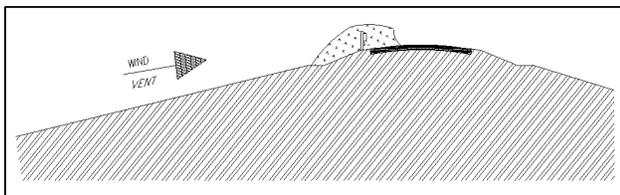


Figure 8 – Des glissières de sécurité favorisent l'accumulation de neige le long des routes.

- Les barrières pleines de type « Jersey » se prêtent le plus facilement à l'accumulation de la neige repoussée contre celles-ci 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.
- En théorie, les glissières à bandes métalliques sont celles qui retiennent le plus la neige balayée par rafales.
- On peut réduire le besoin d'installer des ouvrages de retenue de la neige le long d'une route en veillant à aplanir les contrebas 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 raides que possible.
- Une berme de haute taille est plus efficace pour l'accumulation de la neige qu'un certain nombre de rangées de bermes de moindres dimensions.
- De manière à maximiser l'efficacité d'une plantation d'arbres, ces derniers devraient être plantés sur la berme et s'étendre sur une distance correspondant à 15 fois la hauteur combinée de la berme et de la plantation de conifères.

Contrebas

- Idéalement, un contrebas 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 route.

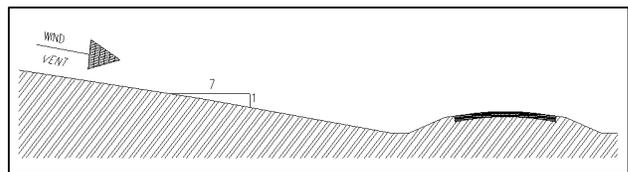


Figure 9 – Contrebas aplanis.

- 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.

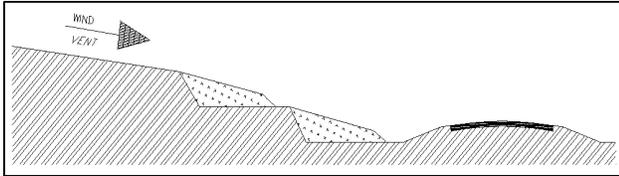


Figure 10 – Pour stocker la balayée par les vents, il faut pratiquer une large découpe aux abords de la route.

Obstacle situé près d'une route

- Comme les figures 2, 3 et 4 l'illustrent, les obstacles qui peuvent engendrer des problèmes d'accumulation de neige sont :
 - les arbres situés trop près de la route,
 - les boîtes aux lettres,
 - les poteaux d'utilité publique,
 - les glissières de sécurité,
 - les bancs de neige formés par les chasse-neige, et
 - les paraneiges (clôtures à neige).
- Le cas échéant, il serait opportun d'envisager d'éliminer ces obstacles ou d'en réduire les effets dans la mesure où ils causent des accumulations de neige.

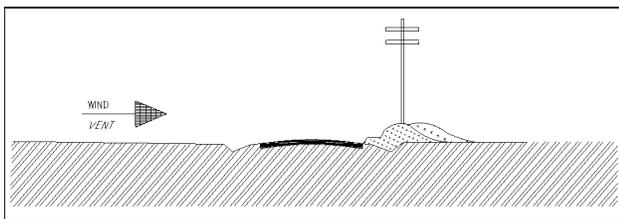


Figure 11 – Placer les obstacles du côté sous le vent de la route.

- Dans la mesure du possible, il faut placer les obstacles précités du côté sous le vent de la route, 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 la route, 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, bref 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).

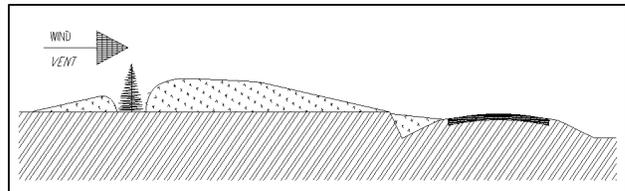


Figure 12 – Des arbres plantés au bon endroit permettront de réduire l'accumulation de neige sur une route.

- Avant de procéder à l'enlèvement de la végétation pour construire de nouvelles routes (ou apporter des améliorations à des routes existantes), les concepteurs devraient évaluer les 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 qui déferlera sur la route.

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

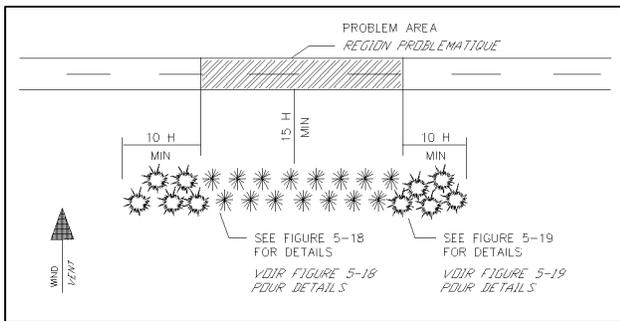


Figure 13 – Détail d'un aménagement paysager type.

- 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 amoncellements de neige.
- Lorsque cette technique est utilisée, il est en outre préférable de ne pas couper les herbages dans l'emprise routière, 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 pour fins de production de bois.

- Puisque les emprises routières ne sont habituellement pas d'une profondeur 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.
- Voir également la Synthèse des meilleures pratiques de gestion de la végétation.

Considérations urbaines

- Dans un milieu urbain existant, peu de mesures 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 convivialisation des zones urbaines, par exemple les bosses de ralentissement, les dispositifs de rétrécissement des chaussées, les trottoirs surélevés et les intersections à plates-formes, peuvent engendrer des difficultés d'enlèvement de la neige et nuire au drainage d'une route. Dès lors, l'emploi de ces dispositifs devrait être examiné avec attention.
- La canalisation du trafic au moyen de zones médianes 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 nuire à l'enlèvement de la neige.
- L'entreposage de la neige en milieu urbain relève souvent du défi. Aussi, il importe d'examiner les possibilités de construire des culs-de-sac, des voies cyclables et des voies de bordure de plus grandes dimensions (notamment pour les ponts), afin d'y entreposer temporairement de la neige.
- 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.

- 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 culs-de-sac, 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 chasse-neige, ou les deux.

Considérations rurales

- Les zones médianes 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 d'entreposage de la neige.

Drainage

- Un bon drainage des voies de circulation contribuera à réduire l'accumulation de glace et, du fait même, l'utilisation de sels de voirie (cette considération s'applique tout autant aux intersections et aux accès de route qu'aux routes elles-mêmes).
- 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 milieu 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.
- La Synthèse des meilleures pratiques sur la gestion du drainage et des eaux de ruissellement traite plus en détail de ce sujet.

Fondations des routes

- Les sources souterraines peuvent modifier l'état des fondations d'une route et doivent donc être prises en considération.

- 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 surfaciel de la route.

Systèmes 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 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 provoqueront 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

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

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 incidences environnementales du chlorure sur les eaux situées 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.

FACTEURS À CONSIDÉRER DANS LE CONTEXTE DE LA RÉDUCTION DES INCIDENCES NUISIBLES DES SELS ÉPANDUS SUR DES PONTS

L'utilisation des sels de voirie représente une technique intégrante de nombreux 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 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 ponts 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 ponts routiers par souci de respecter les normes d'exploitation des routes, il serait avisé que le concepteur de la structure d'un tel ouvrage précise les méthodes et les matériaux de construction qui ajouteront à la durabilité de la structure d'un tel pont.

Concrètement, le concepteur devrait déterminer le type de structure le plus approprié, les matériaux adéquats et les mesures les plus efficaces de contrôle du drainage du pont, 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 de ponts 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 par-dessus 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 standards de construction des ponts, 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 celles-ci-après.

- Le respect des codes en vigueur de pratiques de conception des bétons, afin d'obtenir un béton durable, le tout à la lumière des conditions auxquelles le pont sera exposé.
- L'utilisation de béton haute performance.
- 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 de renforcements 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 soutien en acier.
- L'utilisation de systèmes de revêtement (galvanisation, 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 ci-dessus 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 pont. Les facteurs à considérer dans ce contexte sont exposés ci-après.

- 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 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 prématurée.
- 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 pont, la majorité des composants entreront en con-

3.0 CONCEPTION DES ROUTES ET DES PONTS

tact 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 d'un pont. De telles opérations de nettoyage devraient comprendre un programme de balayage pré-rinçage 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 portant sur les chaussées et la gestion des sels de voirie) ainsi que la sélection de tracés situés en aval des zones vulnérables.

SURVEILLANCE

Les administrations routières devraient procéder à un examen de leurs réseaux routiers et 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 ponts, aucun dossier particulier concernant les sels de voirie ne doit être tenu.

FORMATION

Les concepteurs de routes et de ponts devraient suivre certains 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

La présente Synthèse des meilleures pratiques a été préparée grâce au financement fourni par quatorze organismes parrains. L'ATC remercie sincèrement ces parrains pour leurs généreuses contributions au projet.

Transports Alberta
Ville de Calgary
Ville d'Ottawa
Ville de Saskatoon
Ville de Toronto
Ville de Winnipeg
Environnement Canada
Transports et Services gouvernementaux Manitoba
Transports Québec
Transports Nouveau-Brunswick
Transports et Travaux publics Nouvelle-Écosse
Salt Institute
Voirie et Transports Saskatchewan
Transports Canada

Cabinet principal de consultants :
Ecoplans Limited

Ce document est le fruit d'un projet mis en oeuvre pour le compte du Conseil des ingénieurs en chef. L'exécution du projet a été confiée à un comité directeur composé de parrains de ce dernier et de membres bénévoles. L'ATC remercie tous les membres du comité pour le temps et les efforts qu'ils ont consentis à ce projet.

Association des transports du Canada
2323, boul. St-Laurent, Ottawa, Canada K1G 4J8
Tél. (613) 736-1350
Télec. (613) 736-1395
www.tac-atc.ca