

CONTACT+PLUS

Rue
McWilliam



5

**CHRONIQUE JURIDIQUE
DU NOUVEAU
EN MATIÈRE D'INTÉGRITÉ**

8

**ENTREVUE
SACHA DESFOSSÉS, ing.**

22

BOURSE ALAIN-LAMOUREUX

10 à 21

**DOSSIER SPÉCIAL
DÉNEIGEMENT**





TUBÉCON

ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DES
FABRICANTS DE TUYAUX DE BÉTON

AU SERVICE DES
CONCEPTEURS

FIABILITÉ DES PRODUITS INDUSTRIE DE CONFIANCE

15 rue Waterman, bureau 104
Saint-Lambert (Qc) J4P 1R7

Téléphone : 450-671-6161
info@tubecon.qc.ca
www.tubecon.qc.ca

BES IN DE VOUS!

On a besoin de vous pour informer vos collègues de vos plus récentes réalisations.

Partagez vos bons coups en rédigeant des articles pour votre revue CONTACT PLUS.

Soumettez vos textes à Marie-Josée Huot,
responsable du contenu: info@passeportenvironnement.com

« Saviez-vous que la rédaction et la publication d'articles et d'ouvrages spécialisés peut être reconnu comme partie intégrante du Règlement sur la formation continue obligatoire de l'Ordre? (Article 5.6 du Règlement)
C'est une autre excellente raison de faire parler de vos projets municipaux! »

La prochaine date de tombée pour la remise de vos textes : 5 octobre 2015.
Merci pour votre précieuse collaboration! Le comité de rédaction.



5



8



10



22

4 **MOT DU PRÉSIDENT** Nouvelles mesures sur les débordements d'égout

5 **CHRONIQUE JURIDIQUE** Du nouveau en matière d'intégrité

8 **ENTREVUE** SACHA DESFOSSÉS : ingénieur et athlète de génie!

10 à 21 **DOSSIER SPÉCIAL** **Déneigement**

22 **BOURSE ALAIN-LAMOUREUX** Valorisation des données GTFS de transport en commun à partir d'une approche orientée graphe

28 **NOUVELLES BRÈVES**

30 **LES CHAPEAUX BLANCS**



PHOTO COUVERTURE

Dossier spécial Déneigement

Introduction à la viabilité hivernale, système de traitement des eaux de ruissellement routier en particulier lorsque contaminé par les sels déglaçants et gestion du déneigement sur rue dans les municipalités

CONTACT PLUS

La revue **CONTACT PLUS** est publiée quatre fois par année par l'Association des ingénieurs municipaux du Québec (AIMQ) à l'intention de ses membres et des gestionnaires du monde municipal.

TIRAGE : 1 700 copies **RÉDACTION EN CHEF** : Marie-Josée Huot, Passeport environnement ECI inc. | info@passeportenvironnement.com **COMITÉ DE RÉDACTION** : Mathieu Richard, Steve Ponton, ing. urb., Yves Beaulieu, ing., Ian Blanchet, ing., Simon Brisebois, ing. et Robert Demers, ing. **ÉDITEUR PRINCIPAL, PRÉSIDENT DU COMITÉ DE RÉDACTION ET PUBLICITÉ** : Mathieu Richard, directeur général de l'AIMQ | dg@aimq.net **ÉDITEURS ADJOINTS** | **CONTENU** : Steve Ponton, ing., urb. | steve.ponton@sympatico.ca **RÉVISION LINGUISTIQUE** : Julie Lavigne **COMPTES CLIENTS** : Yves Beaulieu, ing. | beaulieu.y@videotron.ca | tél. : 450 773-6155 | téléc. : 450 773-3373 **DIFFUSION** : Ian Blanchet, ing. **GRILLE GRAPHIQUE** : rouleaupaquin.com **INFOGRAPHIE** : Karine Harvey **IMPRESSION ET DISTRIBUTION** : Publications 9417

Les opinions exprimées par les collaborateurs ne sont pas nécessairement celles de l'AIMQ. La reproduction totale ou partielle de cette revue, par quelque moyen que ce soit, est interdite à moins d'une autorisation expresse écrite de l'AIMQ.

ENVOI DE PUBLICATION CANADIENNE | NUMÉRO DE CONVENTION : 40033206 **ISSN** : 1911-3773 **DÉPÔT LÉGAL** : Bibliothèque et Archives Canada, 2015 | © AIMQ, 2015

CONSEIL D'ADMINISTRATION AIMQ (2013-2014) | **PRÉSIDENT** : Mario Lajeunesse, ing. (Ville de Mirabel) **VICE-PRÉSIDENT** : Jean-Paul Landry, ing. (Ville de Dorval) **SECRÉTAIRE** : Jean Daniel, ing. (Ville de Baie-Saint-Paul) **TRÉSORIER** : Sylvain Marcoux, ing. (Ville de Montréal) **ADMINISTRATEURS** : Stéphane Larivée, ing. (Ville de Terrebonne), Danny Genois, ing. (Ville de Québec), Benoît Plante, ing. (Ville de Trois-Rivières), Éric Boivin, ing. (Ville de Sainte-Thérèse), Léonard Castagner, ing. (Ville de North Hatley) et Mathieu Richard, ing. **PRÉSIDENT SORTANT** : Louis Loiselle, ing. (Ville de La Tuque) **REPRÉSENTANT DES GOUVERNEURS** : Denis Latouche, ing.

ASSOCIATION DES INGÉNIEURS MUNICIPAUX DU QUÉBEC : C.P. 792, Succursale «B», Montréal (Québec) H3B 3K5 | tél. : 514.845.5303 | aimq.net



Imprimé sur du papier recyclé.



Par **Mario Lajeunesse**, ingénieur, président de l'Association des ingénieurs municipaux du Québec (AIMQ)

Effervescence dans le monde municipal et à l'AIMQ

Le monde municipal est en pleine effervescence. Divers chantiers sont en cours afin de modifier nos lois.



Le premier concerne la refonte du Code municipal du Québec et de la Loi sur les cités et villes. Des tables de travail sont à venir car ces lois pourraient être revues de fond en comble. Souhaitons que notre Association sera consultée.

Le deuxième gros chantier porte sur le livre vert sur la modernisation de la Loi sur la qualité de l'environnement du ministre Heurtel. Ce projet de loi vise à moderniser, actualiser, clarifier et optimiser la loi actuelle en vue d'augmenter l'efficacité du ministère et obtenir un meilleur partage des responsabilités. Il est possible de consulter les documents de ce projet de loi à l'adresse suivante : www.mddelcc.gouv.qc.ca/autorisations/modernisation/index.htm

Contrats publics et gouvernance

Au cours de la dernière année, le conseil d'administration (CA) a travaillé avec énergie sur deux dossiers principaux.

Le premier concerne les améliorations à apporter à l'octroi et la gestion des contrats publics. Beaucoup de discussions ont eu lieu avec diverses organisations municipales. Ce sujet sera toujours d'actualité et dans cette optique, les relations entre diverses organisations municipales (UMQ, FQM), le ministère (MAMOT) et notre ordre professionnel (OIQ) auront davantage à se poursuivre et à s'actualiser.

L'autre gros dossier touche la gouvernance de notre Association. Le conseil d'administration travaille à bien évaluer la plus-value et à maximiser la présence d'une permanence à notre Association, à identifier les tâches les plus productives à réaliser par cette permanence et à identifier le soutien qu'elle doit apporter à l'intérieur d'un certain cadre budgétaire. Dans cet exercice, le CA est accompagné par un professionnel. Le conseil d'administration est bien au fait que la plus-value du travail d'une permanence doit se faire tout en conservant la partie bénévolat, qui fait la force de notre Association.

Remerciement

Pour terminer, au nom du CA et en mon nom personnel, nous tenons à vous remercier du soutien que vous nous avez apporté tout au long de l'année et nous souhaitons tous vous voir à l'assemblée générale annuelle de mardi après-midi afin de vous entendre à titre d'ingénieurs travaillant pour une municipalité, une MRC ou en entreprise paramunicipale. La force de l'Association repose sur ses membres, ses chapitres forts, et à cet effet, nous souhaitons avoir un membre par chapitre sur le prochain conseil d'administration.

Merci de votre confiance et au plaisir de vous voir à l'assemblée générale annuelle. ■

Par **M^e Charles Turcot**, avocat de l'étude Deveau Avocats

Du nouveau en matière d'intégrité

Dans la foulée de la Commission d'enquête sur l'octroi et la gestion des contrats publics dans l'industrie de la construction, nos parlementaires de l'Assemblée nationale ont récemment étudié le projet de loi n° 26. Le fruit des travaux parlementaires, où plusieurs intervenants se sont fait entendre, dont des représentants des villes de Gatineau, Laval et Montréal, a permis que soit adoptée à l'unanimité et sanctionnée le 1er avril dernier la Loi visant principalement la récupération de sommes payées injustement à la suite de fraudes ou de manœuvres dolosives dans le cadre de contrats publics (L.Q. 2015, chap. 6).

Cette loi constitue donc le plus récent geste législatif de nos élus en matière d'intégrité et de probité pour l'octroi de contrats publics. Nous allons maintenant dresser le portrait général de cette loi qui pourrait avoir un impact important pour plusieurs municipalités comme dans certains autres domaines d'activités, notamment en construction.

But de la loi

Essentiellement, nous retrouvons deux principaux volets que nous qualifions en vertu de l'expression « la carotte ou le bâton ».

La carotte

Le premier élément de cette loi, le volet « carotte », vise à instituer un programme de remboursement volontaire pour une entreprise ou toute personne physique qui, à quelque titre que ce soit, a participé à une fraude ou à une manœuvre dolosive, que ce soit lors de l'adjudication, de l'attribution ou de la gestion d'un contrat public. Ce programme permettra à une entreprise de rembourser certaines sommes qu'une municipalité ou un organisme public aurait eu à payer en trop pour un contrat public. Une personne désirant se prévaloir du programme de rem-



boursement volontaire aura une période de 12 mois pour le faire.

L'avantage pour une entreprise ou une personne physique de s'inscrire à ce programme est, entre autres, d'obtenir une quittance à l'égard des contrats visés et ainsi d'éviter les poursuites à son égard. Une fois inscrite, l'administrateur du programme, désigné par le gouvernement, enclenchera un processus qui s'inspire des conférences de règlement à l'amiable. Le but ultime est qu'une offre de règlement soit soumise par la personne qui s'inscrit, laquelle est sujette à l'approbation du ministre de la Justice. L'administrateur, qui doit agir de façon impartiale, a pour rôle de tenter d'amener les parties à s'entendre. Notons par ailleurs que tout ce processus doit se dérouler de façon impartiale et tout ce qui s'y dit et s'écrit doit demeurer confidentiel et ne pourra être utilisé en cour par la suite.

Bien que la loi prévoit que le ministre agisse pour le compte d'un organisme public visé par un contrat public pour lequel une entre-

prise ou personne physique s'inscrit, il est également prévu qu'un organisme public puisse intervenir, mais aux conditions et de la manière déterminées par le ministre.

Il est entendu que ce programme d'inscription volontaire a, entre autres, pour but, de réhabiliter les entreprises fautives auprès du public, mais également auprès de l'Autorité des marchés financiers qui délivre les autorisations aux entreprises souhaitant conclure des contrats et sous-contrats publics. Cette autorisation sera nécessaire pour les contrats et sous-contrats publics de 1 000 000 \$ et plus à compter du 2 novembre 2015, alors que le seuil est actuellement à 5 000 000 \$. Des seuils inférieurs s'appliquent pour la Ville de Montréal.

Il s'agit donc du volet qui a pour but d'attirer les personnes visées par cette loi à se prévaloir de ces mesures qui, à défaut de le faire, subiront des mesures exceptionnelles affectant leurs droits, mesures que nous verrons maintenant. >



Le bâton

Le deuxième élément de la loi, soit le volet « bâton », vise à faciliter les recours civils contre les entreprises et personnes physiques fautives. En effet, les personnes ne s'étant pas autodénoncées par le programme de remboursement volontaire feront face à des règles particulières quant aux recours civils.

En premier lieu, une entreprise ou une personne physique qui, à quelque titre que ce soit, a participé à une fraude ou à une manœuvre dolosive dans le cadre de l'adjudication, de l'attribution ou de la gestion d'un contrat public est présumée avoir causé un préjudice à l'organisme public. Il est donc présumé qu'elle a manqué à son devoir à l'égard de son cocontractant, l'organisme public, lui causant ainsi un préjudice.

La responsabilité des dirigeants de l'entreprise au moment de la fraude ou de la manœuvre dolosive est également engagée, à moins qu'ils soient en mesure de démontrer avoir agi avec le soin, la diligence et la compétence dont ferait preuve, en pareilles circonstances, une personne prudente. De la sorte, un dirigeant qui se serait fermé les yeux devant une situation ne pourrait repousser la présomption de responsabilité envers le préjudice causé à l'organisme public.

Quant aux administrateurs de l'entreprise en fonction au moment de la fraude ou de la manœuvre dolosive, leur responsabilité pourrait être engagée s'il est établi qu'ils

savaient ou qu'ils auraient dû savoir qu'une fraude ou une manœuvre dolosive a été commise relativement au contrat visé. À cet égard, une preuve doit tout de même être administrée par l'organisme public pour démontrer que les administrateurs savaient ou auraient dû savoir. Les administrateurs peuvent repousser cette présomption de responsabilité quant au préjudice de la même manière que les dirigeants.

L'entreprise et l'ensemble des personnes physiques sont solidairement responsables du préjudice causé, ce qui facilite l'exécution d'un éventuel jugement. S'il y a à craindre pour le recouvrement d'une créance, sur autorisation, une hypothèque légale pourra être inscrite sur les biens de l'entreprise ou de la personne physique visée par ces dispositions.

En principe, le fardeau de preuve repose sur le demandeur. Par contre, une autre présomption s'appliquant à un tel recours est que le préjudice est présumé correspondre à 20 % du montant total payé par l'organisme public pour le contrat visé. Pour repousser cette présomption, l'entreprise doit faire la preuve que le préjudice subi par l'organisme public est moindre. Les intérêts sur la somme qui pourrait éventuellement être accordée porteront intérêt à compter de la réception de l'ouvrage par l'organisme public. Le montant des intérêts pourrait être significatif en ce qu'il sera possible de réclamer pour un préjudice

datant de 20 ans avant l'entrée en vigueur de ces dispositions, alors que la prescription habituelle d'un recours civil est de 3 ans. Les organismes publics auront 5 ans suivant l'entrée en vigueur des dispositions sur la prescription pour profiter du régime exceptionnel de prescription sur 20 ans.

Toute demande adressée à un tribunal en vertu de ces règles sera instruite et jugée d'urgence, si bien que les demandeurs pourront éviter certains délais inhérents au système judiciaire.

Les conséquences pour une entreprise ou une personne ayant participé à une fraude ou à une manœuvre dolosive dérogent donc considérablement des règles de droit civil actuellement applicables, le tout afin d'inciter la participation au programme de remboursement volontaire.

Pour financer les dépenses que pourrait engager le gouvernement pour intenter les poursuites en vertu de cette loi, il est prévu qu'une somme supplémentaire correspondant à 20 % des sommes accordées par le tribunal s'ajoute automatiquement au jugement.

Il faut s'attendre à ce que plusieurs débats judiciaires découlent de cette loi, notamment quant à la définition d'une entreprise ou d'une personne physique ayant participé à une fraude ou à une manœuvre dolosive, considérant tous les effets sur les droits de la personne qui entre dans cette catégorie.



Les autres impacts de la loi

Malgré les mesures exceptionnelles qui y sont prévues, cette loi est d'ordre public, ce qui signifie que ses dispositions sont impératives.

De plus, un employé d'un organisme public ou un élu, visé par un jugement définitif en vertu de la présente loi, pourrait voir toute valeur accumulée, toute prestation versée ou tout bénéfice accordé saisi, malgré toute disposition inconciliable d'une autre loi. Le gouvernement doit éventuellement établir certaines conditions par règlement.

Il est à noter que cette loi vient également abolir le Registre des personnes non admissibles aux contrats publics qui était tenu par le Directeur général des élections du Québec (DGEQ). Ce registre contenait une liste de noms de personnes physiques et d'entreprises qui avaient été condamnées à certaines infractions en vertu des lois électorales québécoises, notamment en ce qui concerne le financement politique illégal. Néanmoins, les entreprises qui étaient inscrites à ce registre le seront dorénavant au Registre des entreprises non admissibles

aux contrats publics tenu par l'Autorité des marchés financiers, mais les personnes physiques ne seront plus inscrites à aucun de ces registres. De plus, alors qu'une inscription à un tel registre entraînait automatiquement une interdiction à conclure des contrats publics, l'Autorité des marchés financiers a maintenant une discrétion pour décider si elle autorisera ou non une entreprise à être admissible aux contrats publics. Le but est d'inciter une entreprise à se réhabiliter.

Et maintenant ?

Le réel succès de cette loi sera jugé par le nombre d'entreprises et de personnes physiques qui accepteront de participer au programme de remboursement volontaire. Il ne faudrait cependant pas s'étonner que l'application des règles exceptionnelles prévues à cette loi, reliées aux recours civils, soit contestée devant les tribunaux, de sorte qu'il faudra attendre quelques années avant de pouvoir apprécier les résultats concrets de ce dernier geste des élus en matière d'intégrité. ■



DE VOTRE CHRONIQUEUR JURIDIQUE JEAN-PIERRE ST-AMOUR

Les ententes relatives aux travaux municipaux

Un ouvrage qui étudie l'ensemble des pouvoirs des municipalités en matière de réalisation de travaux.



Loi sur l'aménagement et l'urbanisme annotée

Une référence indispensable pour vous guider dans la compréhension et l'application de cette Loi.



Pour plus de détails sur ces ouvrages et pour les commander :

1 800 363-3047

www.editionsyvonblais.com

ÉDITIONS YVON BLAIS

Une société Thomson Reuters

Par Yvon Fréchette, journaliste

SACHA DESFOSSÉS: ingénieur et athlète de génie!

Il a 46 ans, mais ne fait pas son âge. Est-ce son entraînement sportif qui le rajeunit ainsi? Chose certaine, Sacha Desfossés peut rivaliser avec des athlètes beaucoup plus jeunes que lui... et les battre!



Embauché par la Ville de Saint-Jérôme en 2000, M. Desfossés occupe actuellement le poste de directeur adjoint des Travaux publics; il a commencé sa carrière municipale en 1998 à la Ville de Carignan et auparavant, il a œuvré au privé en égouts et aqueduc. Il est diplômé de l'École de technologie supérieure (1994).

M. Desfossés a certainement subi l'influence sportive de son père choisi «Monsieur Canada» à plusieurs reprises dans les années 60 et qui, aimait aussi courir des marathons. Toutefois, cette influence s'est fait sentir à retardement puisque ce n'est

qu'au début des années 2000 qu'il s'est intéressé au ski de fond en s'entraînant avec son frère: «C'était l'époque des fusions municipales et c'est moi qui déracinais des employés des anciennes villes pour les enraceriner ailleurs dans leurs nouveaux locaux, avec tout ce que ça impliquait comme changement de culture; c'était très intense.» Le sport devient alors un moyen pour évacuer la pression et, rapidement, se transforme en passion.

Perfectionniste, l'ingénieur municipal cherche à tout apprendre de sa discipline – il pratique le style «coup de patin». Pour s'évaluer, son frère et lui s'inscrivent à une compétition au Mont Orford: «Ma seule expérience était mon entraînement sur le parc linéaire à Saint-Jérôme. Je n'avais jamais descendu une côte ni tourné de virages en épingle et je me retrouve sur un circuit hyper technique où les participants ont 25 ans – j'en avais 35 –, connaissent parfaitement leur sport et disposent d'un entraîneur. J'en ai eu pour mon argent!» Mais de voir toutes les possibilités d'amélioration lui donne le goût de s'entraîner davantage et de parfaire ses connaissances.

Au-delà des informations techniques, Sacha Desfossés obtient l'appui de M. Jean Sébastien Thibault de la boutique Espresso Sports à Sainte-Adèle et peut ainsi compter sur une commandite en produits haut de gamme. En améliorant continuellement ses performances d'une saison à l'autre, il se hisse dans le club des athlètes de haut niveau: «Aujourd'hui, j'ai de très bonnes relations comme Pierre Lavoie, Pierre Harvey et Donald Farley, membre de l'équipe nationale durant plus de dix ans.» Les succès lui permettent aussi d'obtenir l'appui de Salomon Canada et de son manager Phil Villeneuve: «Qu'on le veuille ou non, le sport de haut niveau, c'est complexe et dispendieux; le soutien de M. Villeneuve nous donne accès, mon frère et moi, à la sélection et l'essai d'une vaste gamme de produits, et ce, même avant leur commercialisation en boutique. On est vraiment gâtés.»



Compétitions... et accident

Après avoir pris part à plusieurs marathons internationaux, Sacha Desfossés participe pour la première fois en 2011 en Colombie-Britannique au Championnat du monde des maîtres pour les 30 ans et plus – une épreuve sanctionnée par la Fédération internationale de ski qui compte aussi pour le Championnat canadien. Sur une période d'environ dix jours, les 1200 athlètes inscrits doivent prendre part à quatre courses: 10, 30, 45 kilomètres et un relais de 20 km à quatre skieurs (4 x 5): «Avec mon frère, on a réussi à obtenir une médaille d'argent. En plus, j'ai remporté le titre de champion canadien dans ma discipline (coup de patin) et mon frère a décroché le même titre en ski de fond classique. Nous étions très fiers, d'autant plus que nous rivalisons avec beaucoup d'anciens olympiens.»

La Ville de Saint-Jérôme me permet d'avoir cet équilibre entre mes activités professionnelles et ma passion. Il faut faire parfois des choix difficiles pour maintenir cet équilibre, mais son maintien est essentiel.

Par malchance, en 2012, il s'inflige une grave blessure à l'épaule gauche une semaine avant de prendre part en Italie au Championnat du monde des maîtres et doit se retirer durant près de deux ans. L'entraînement reprend à l'hiver 2013-2014 et M. Desfossés participe à quelques courses où il s'en tire assez bien. C'est l'hiver dernier qu'il constate, malgré ses 46 ans, que ses résultats sont excellents en raison de la maîtrise de son sport. Il s'inscrit aux « 2015 Winter World Masters Games » à Québec et obtient une médaille d'argent au 30 km tandis qu'au relais, son équipe remporte l'or : « J'étais le dernier à skier ; j'avais 45 secondes de retard par rapport à l'équipe en première place, mais j'ai réussi à la devancer de 20 secondes. » Sur une course qui dure en moyenne 14 minutes, c'est toute une performance.



Défis sportif et professionnel

Comme dans la pratique de son sport, Sacha Desfossés s'estime très performant dans son travail. Il apprécie d'ailleurs la flexibilité que lui donne son employeur : « La Ville de Saint-Jérôme me permet d'avoir cet équilibre entre mes activités professionnelles et ma passion. » M. Desfossés réussit également à concilier travail, famille, entraînement et compétition ; il précise : « Il faut faire parfois des choix difficiles pour maintenir cet équilibre, mais son maintien est essentiel. » Autant son père l'a été pour lui-même, l'athlète se voit aussi comme un modèle pour ses enfants ; son fils qui était très sédentaire fait maintenant de la course à pied et du ski : « C'est ma plus belle médaille ! » dit-il.

Du point de vue professionnel, l'ingénieur municipal estime que sa meilleure réussite a été de contribuer au changement de la culture des cols bleus de Saint-Jérôme qui sont devenus des partenaires : « Pour établir un partenariat, il faut être à l'écoute et ouvert ; il faut aussi se féliciter pour ses bons coups. » Son souhait le plus cher serait que ses employés obtiennent autant de reconnaissance que les pompiers ou les policiers aux yeux des citoyens. Sacha Desfossés en convient : « C'est un défi un peu fou, mais qui aurait dit il y a dix ans que j'aurais pu rivaliser avec les meilleurs au monde en ski de fond chez les maîtres ? Quand tu y crois, tu peux ! » ■



Par Jean-Jacques Roussel, expert en viabilité hivernale

Sels de voirie : il faut prendre la question autrement!

Le Québec utilise entre 1,5 et 2 millions de tonnes de sel de voirie par hiver pour maintenir son réseau routier sécuritaire. C'est plus de 500 lb de sel par habitant et par année et assez pour remplir les deux tiers du stade olympique ! Ce sont 150 à 200 millions de dollars (M\$) que déboursent les contribuables en coûts directs. Et le coût des dommages collatéraux sur tous les ouvrages aériens et souterrains, sur le vieillissement prématuré des chaussées et des véhicules, ainsi que les impacts environnementaux¹ sont bien plus considérables. Une étude américaine de 2002 évalue l'ensemble de ces coûts indirects à 15 fois le prix de la tonne épandue². Sous nos climats et avec nos forts taux d'épandage, ce facteur est extrêmement conservateur.

Depuis vingt ans, ces coûts s'alourdissent puisque les fondants sont de plus en plus employés à basse température. L'état, les municipalités, les citoyens et l'environnement payent un énorme tribut à la sécurité

des routes en hiver. Pourtant, il est possible de réduire la consommation de sels de voirie tout en conservant un haut niveau de sécurité sur les routes.

Faits saillants pour limiter la consommation de sels de voirie

- À partir des années 90, le Ministère des Transports du Québec (MTQ) et les villes ont progressivement équipé leurs épancheuses de contrôleurs électroniques.
- En 1995, le sel humidifié avec une saumure est introduit au Québec.
- À partir des années 2000, le MTQ investit massivement dans la technologie de météo routière (stations météo et véhicules de patrouilles équipés de capteurs atmosphériques et routiers).
- Depuis 2005, les fournisseurs de sels multiplient les offres de sels dopés à diverses solutions ou solides ioniques ou organiques pour en améliorer les performances.
- En 2008, le Québec impose quatre pneus d'hiver aux véhicules de promenade du 15 décembre au 15 mars.
- La protection de l'environnement fait l'objet d'un soin particulier : plan de gestion environnementale des sels de voirie lancé par le Canada en 2004³, stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie lancée par le MAMOT, le MDDELCC, le MTQ, l'UMQ et la FQM en 2010⁴.



¹ Patrick Charbonneau dans http://www.provancher.qc.ca/upload/file/130_1%20p%2075-81.pdf et https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2011/Robotaille_JP__12-07-2011_.pdf
² YUNOVICH, M., N. G. THOMPSON, T. BAL VANYOS et L. LAVE (2002). Appendix D Highway Bridges. In Thermion, The Original and Reliable, Reference material, [En ligne]. [www.thermioninc.com/refmat-DOT.php]
³ <http://ec.gc.ca/sels-salts/default.asp?lang=Fr&n=8CA814AB-1> et bilan en 2012 du plan canadien : http://www.ec.gc.ca/sels-salts/45D464B1-96CC-4A27-8B96-42224F3C3CD5/COM1481_five_year_Code_f_v2.pdf



Malgré tous ces efforts, la consommation de sels de voirie ne baisse pas. Pire, les facteurs d'augmentation comme l'augmentation du réseau routier, du trafic et des exigences ainsi que les évolutions climatiques (multiplication des épisodes verglaçants et des petites chutes de neige, hivers plus froids et avec de plus grandes variations de température) semblent l'emporter.

Réduire la quantité de sel épandu en hiver, un bienfait

La majorité des villes inscrites à la stratégie québécoise avait, avant son lancement en 2010, commencé un programme de réduction de leur consommation de sel. Des réductions rapides de plus de 50 % avaient été enregistrées, et cela sans investissement, avec essentiellement :

- 1) une formation apportant une compréhension claire du fonctionnement et des limites du sel ;
- 2) une définition rigoureuse et mesurable des niveaux de service à atteindre, base d'une politique de viabilité hivernale, explicitement endossée par les élus et largement communiquée aux citoyens ;
- 3) des prises de décision cimentées dans une charte d'opérations détaillées ainsi qu'une organisation et des méthodes d'épandage repensées pour l'atteinte optimale de ces niveaux de service. >

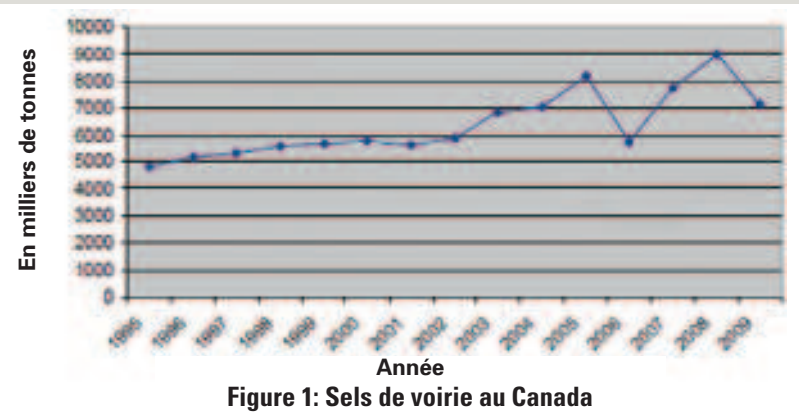
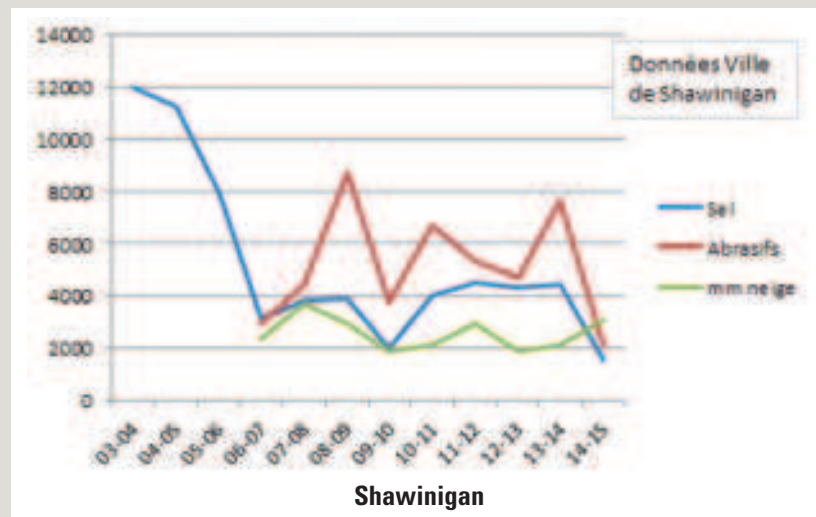
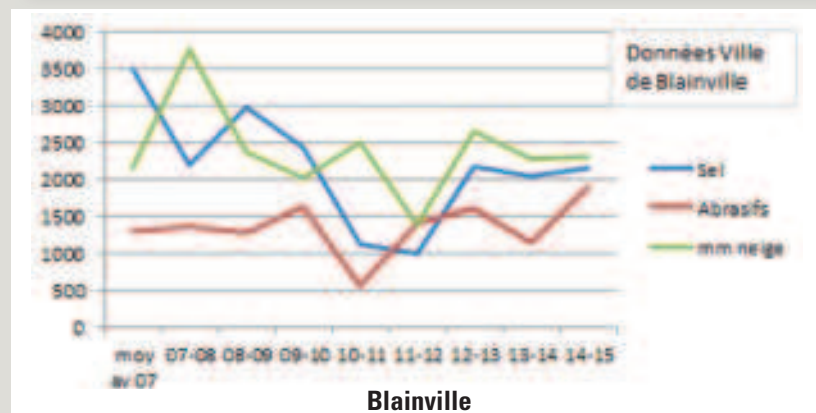


Figure 1: Sels de voirie au Canada

Voici deux exemples de villes qui ont réussi ce changement de culture :



Shawinigan



Blainville

4 Ministère des Affaires municipales et de l'Organisation du Territoire (MAMOT), ministère du Développement durable et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), ministère des Transports du Québec (MTQ), l'Union des municipalités du Québec (UMQ) et Fédération québécoise des municipalités (FQM), <https://www.mtq.gouv.qc.ca/gestion-environnementale-sels-voirie/Pages/default.aspx>, http://www.aqtr.qc.ca/images/stories/Activites/2014/vh/13h30_Atelier_discussion.pdf

Choisir les bons matériaux

Un bon épandage, réalisé souvent dans des conditions de conduite difficiles, nécessite une épandeuse et un contrôleur bien ajustés. La prise de décision (épandre ou pas, quoi épandre, à quel taux) nécessite de bien connaître le fonctionnement et les limites des matériaux disponibles. Il faut une panoplie de trois ou quatre matériaux pour traiter toutes les situations rencontrées au Québec. On peut les classer en trois familles: **les abrasifs, les fondants et les mixtes.**

Les abrasifs

Les plus anciens matériaux employés assurent un travail mécanique en améliorant la friction des pneumatiques sur une surface glissante. Ils sont efficaces s'ils sont incrustés dans la surface dure pour rester en place tout en dépassant suffisamment pour offrir une adhérence aux pneumatiques. Le moment de l'épandage est donc très important, l'idéal est la fin d'après-midi lorsque la température de surface chute.

Il faut choisir des gravillons anguleux et suffisamment gros tout en tenant compte des risques pour les pare-brise. Il faut opter si possible pour une couleur claire peu visible des usagers qui auront moins tendance à accélérer en se sentant en sécurité.

Un peu de sel est souvent mélangé à l'abrasif pour permettre son stockage à l'air libre. C'est une ERREUR car le sel favorise le captage de l'eau et une fusion partielle, surtout avec les gravillons foncés. Même sous 0°C, lorsque la température de surface se réchauffe pour ensuite se refroidir, de la glace se fabrique et il faut renouveler souvent l'épandage d'abrasif. Il est donc recommandé de stocker l'abrasif sec et non traité au sel sous abri!

L'enchâssement, l'angularité, la microrugosité et le taux d'épandage jouent un rôle sur la performance du traitement. Toutefois,

aucune étude approfondie ne permet de répondre clairement à la question du décideur « Quel taux épandre ». Ceci conduit souvent à des pratiques surconsommatrices.

Les fondants

Offrant un meilleur rendement et ne laissant pas de traces apparentes, les fondants ont supplanté les abrasifs surtout sur les niveaux de service élevés et intermédiaires. Un fondant assure la fusion partielle ou totale de la glace ou de la neige sur la chaussée. La fusion nécessite beaucoup de chaleur. Pour faire fondre 1 kg de glace sur un mètre carré (1,1 mm d'épaisseur de glace ou 1 cm de neige peu tassée), il faut absolument lui apporter sa chaleur latente de fusion, soit 80 000 calories (ou 334 400 joules).

Il faut absolument se défaire de l'idée répandue que le sel de déneigement (chlorure de sodium) apporte de la chaleur à la neige ou à la glace pour la faire fondre, bien au contraire! Il ne se produit aucune réaction chimique entre le sel et la glace qui libérerait cette fameuse chaleur nécessaire à la glace pour fondre!

Alors comment un fondant agit-il?

1) Hygroscopicité, dissolution, concentration de solution

Le sel absorbe de l'eau liquide ou de la vapeur d'eau et forme une solution au point de congélation inférieure à 0°C. Il faut bien comprendre que plus il fait froid, moins l'eau est disponible et plus la mise en solution est difficile. En dessous d'un certain taux d'humidité, le sel ne peut pas se dissoudre et donc est parfaitement inefficace. On atteint la première limite d'efficacité du sel (absence d'eau pour passer en solution), dépendante en fait du taux d'humidité de l'air et de la nature du phénomène à combattre, en pratique autour de -8 à -10°C.

On repousse cette limite en utilisant du sel « pré-humidifié » (sel mouillé avec une petite proportion de fondant liquide) ou dopé par ajout d'un produit plus hygroscopique que lui. Plus la solution est concentrée, plus le point de congélation de la solution s'abaisse. Au maximum, une concentration de 23 % en poids de NaCl dans une solution permet d'abaisser le point de congélation de la solution saturée à -21°C. Cette valeur appelée « eutectique du fondant » caractérise souvent sans nuance la performance du fondant.

2) Fusion, chaleur latente de fusion, refroidissement

La glace en contact avec une solution dont la température de congélation est inférieure à sa température commence à fondre à condition qu'elle trouve la chaleur latente de fusion nécessaire! C'est la deuxième limite d'efficacité d'un fondant qui dépend uniquement des conditions thermiques rencontrées.

La fusion avec un fondant se traduit toujours par un refroidissement puisque la chaleur de fusion est prélevée dans la neige ou la glace qui ne fond pas, et avec retard, dans la chaussée. C'est ce que démontre la fameuse « expérience de la boîte à neige ».



3) Fusion, dilution, équilibre de la capacité de fusion

La fusion de la glace dilue la solution saline et remonte son point de congélation. Le refroidissement du milieu et la diminution du point de congélation de la solution peuvent rapidement arrêter le processus de fusion. Cet équilibre est la troisième limite d'efficacité d'un fondant. Cette limite dépend bien sûr de la température et accessoirement de la nature du fondant. Le pouvoir fondant du chlorure de sodium est de 19 fois son poids de glace à -3°C et seulement 6 fois à -10°C .

Quel fondant choisir ?

Le chlorure de sodium est de loin le plus répandu des sels de voirie. Il est parfaitement adapté à nos climats si on comprend bien son fonctionnement et ses limites.

Le plus important à comprendre est l'aspect thermodynamique (2^e limite d'efficacité). Plus vous épandez de fondant, plus vous pompez de la chaleur provenant de la route et plus la fusion devient difficile ! Il est donc préférable de ne pas épandre de sel au début d'une chute de neige, sauf dans certains cas bien précis ! Il faut également penser qu'il n'est pas nécessaire de faire fondre toute la neige alors que c'est le trafic qui doit assurer la plus grande part de ce travail ! Enfin, il est plus efficace d'épandre le sel sur les bandes de roulement qu'au centre. Épandre dans les bandes de roulement permet de faire travailler le sel immédiatement même à faible taux en minimisant le refroidissement de la chaussée et en améliorant rapidement la sécurité sous les roues.

Faut-il doper le sel ?

Il existe toute une panoplie de produits pour doper le sel. Ils ont essentiellement pour but de repousser la première limite d'efficacité. La deuxième limite est d'autant plus vite atteinte que la température extérieure est



froide. La faible proportion de dopant ne change guère la troisième limite.

Faire fondre à des températures inférieures à -10°C sera toujours un pari difficile puisqu'on n'est pas outillé pour évaluer les capacités thermodynamiques de la chaussée au moment de la décision. Alors que la vraie question devrait être : pourquoi a-t-on besoin de faire fondre à d'aussi basses températures ?

Quel taux épandre ?

Le taux d'épandage est directement lié à la politique de viabilité hivernale et en particulier à la quantité de trafic, à l'heure et à la durée attendue de retour à la condition dégagée. Si l'objectif visé est clairement défini, et si on épand en g/m^2 dans la voie de roulement, il est possible de le calculer rigoureusement.

Le dihydrate de chlorure de sodium

Il n'est pas possible d'écrire un article sur les sels de voirie sans signaler les problèmes posés par le dihydrate de chlorure de sodium ($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Résultat de la recristallisation du NaCl sous 0°C , il est ultrafin, très couvrant, très soluble et sa dissolution est exothermique. Il peut poser des problèmes d'adhérence surtout dans les zones de transition humide/sec⁵. Il pourrait au moins être un excellent traitement préventif mais la quantité résiduelle est bien inférieure à ce que laisse supposer l'aspect visuel. Le risque est plutôt de créer une petite glace noire au début de la chute de neige suivante si le temps froid a persisté. Bien triste pour une chute de neige qui n'aurait peut-être mérité aucun épandage !

Il faut réduire les salages pour que le dihydrate ne soit plus visible après séchage. >

5 http://www.viabilite-hivernale.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/fondant_adhere_danois.pdf



Les mélanges fondant/abrasif (souvent appelés Mixte)

Parfois, les abrasifs sont mélangés avec le sel pour utiliser les avantages des deux types de matériaux : un effet mécanique immédiat s'il y a urgence d'améliorer l'adhérence, une microfusion assurée par le poinçonnement des gravillons qui favorise la dissolution du sel, un effet mécanique qui facilite le dégagement des bandes de roulement. C'est une bonne technique de rattrapage à condition que le mélange soit homogène et épandu dans la voie de roulement.

Les diverses expériences montrent qu'une portion de 25 à 33 % de sel est largement suffisante. Toutefois, il faut épandre ce mixte avec l'objectif de tout faire fondre comme pour tout fondant. Il ne doit donc pas être employé si la surface est en dessous de -13, -15°C.

Politique de viabilité hivernale

Les élus doivent endosser et communiquer une véritable politique de viabilité hivernale. En regard de l'article 330 du Code de la sécurité routière, les niveaux de service, au cœur de cette politique, doivent être décrits

en utilisant la vitesse raisonnable à laquelle l'usager doit rouler dans les circonstances. Ils doivent être modulés en fonction du type et de l'intensité des phénomènes traités, du trafic, du jour et de la nuit, et de la durée de retour souhaitée à la condition finale.

Il ne faut jamais oublier que, en règle générale, la sécurité est beaucoup plus le résultat de l'adaptation de la vitesse des véhicules que de l'amélioration de l'adhérence de la chaussée.

Charte d'opérations et mise en œuvre

À partir de niveaux de service bien établis, il est possible de construire une charte d'opérations définissant pour chaque situation le matériau, le taux et la largeur d'épandage. Cette charte facilite et harmonise les prises de décision en diminuant énormément la pression ressentie.

La réussite repose avant tout sur l'adhésion des opérateurs et des contremaîtres. Il s'agit d'en faire un véritable projet de service aux travaux publics. Il faut persévérer pendant quelques années afin de faire changer la culture, de les rendre fiers de diminuer et de maintenir la diminution des sels de voirie, de

trouver des améliorations petites ou grandes qui vont dans ce sens. Cette appropriation ne peut se faire que s'ils se sentent soutenus par les autorités municipales.

Conclusion

L'entretien d'hiver est un poste budgétaire majeur au Québec. Les conséquences de l'emploi intensif de fondants sont mésestimées. Les efforts pour réduire significativement leur emploi sont encore insuffisants. L'espoir de trouver des produits de substitution au sel plus performants, plus écologiques et moins dommageables s'amenuise.

Pourquoi ne pas prendre le problème autrement. Une politique de viabilité hivernale dont le but explicite est de diminuer l'emploi des fondants a fait ses preuves dans quelques villes. L'effort technique qui doit l'accompagner est conséquent. Mais le résultat est au bout du chemin. Comme l'a très bien résumé un col bleu de Blainville : *« La viabilité hivernale, c'est beaucoup moins dur pour les routes, pour la machinerie et pour les hommes ».*

L'éclairage des politiques publiques, par des connaissances techniques neutres et approfondies, fait totalement défaut. Il n'existe au Québec aucun centre d'expertise, aucune chaire de recherche sur l'emploi du sel et des autres matériaux et plus généralement sur la viabilité hivernale. Et pourtant, au confluent de la météorologie, de la thermodynamique, de la chimie et du fonctionnement des pneus, des automobiles et de leurs conducteurs, une expertise objective en viabilité hivernale permettrait grandement, sous nos climats difficiles, d'éclairer la communauté technique.

Une toute première mission serait peut-être d'élaborer un index de rigueur hivernale uniforme pour permettre aux gestionnaires de comparer vraiment, d'un hiver à l'autre, leurs consommations de matériaux. ■

Par **Bertrand Morteau**, Ph. D., Géol. stag.

Développement d'un système de traitement d'effluent contenant du sel par phytoremédiation

La salinisation des sols et des eaux est une problématique rencontrée dans le monde entier. Une multitude d'industries, dans des contextes variés, produit des effluents contenant du sel. Aucune solution de traitement à bas coût n'existe actuellement pour ce type d'effluent. Les méthodes traditionnelles (technique par membrane ou thermique) peuvent coûter jusqu'à 19\$ par m³, bien que la plupart du temps elles coûtent moins de 1\$ par m³. Certaines recherches prometteuses explorent le traitement des eaux contenant du sel par phytoremédiation. Certaines plantes tolérant le sel peuvent l'absorber. Les plantes sont par la suite récoltées, le sel est ainsi retiré des eaux contaminées (Ungar, 1991; Manousaki et Kalogerakis, 2010). Le secteur de la gestion des eaux de ruissellement routier contaminées par le sel pourrait profiter de ces recherches.

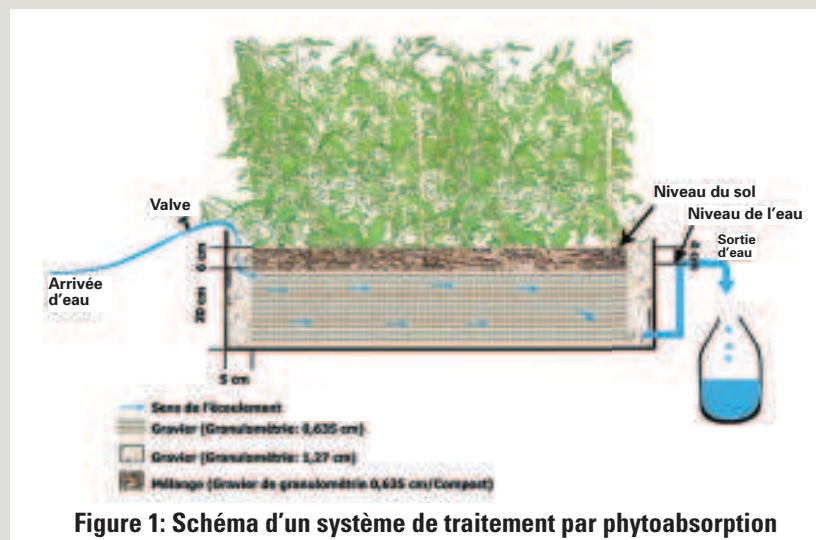
Au Canada et au Québec, des sels de déglacage sont épandus sur la route durant l'hiver, se retrouvant dans l'environnement par le biais des eaux de ruissellement routier. Les sels de déglacage bien qu'inscrits sur la liste des substances d'intérêt prioritaire pour évaluation sont nécessaires à la sécurité du public. En conséquence, pour limiter la dispersion de grandes quantités de sel, des guides de bonne gestion de l'épandage (Association des transports du Canada, 2003; Environnement Canada, 2004; ministère des Transports, 2010) et de bonne gestion des sites de dépôt à neige (Associated Engineering (Sask.) Ltd., 2012) ont été publiés ces dernières années. Ces mesures de gestion permettent de limiter les impacts environnementaux, sans toutefois les éliminer.

Des essais ont été menés pour développer un système de traitement des eaux de ruissel-



lement routier contenant du sel par marais filtrant (Morteau et coll., 2009; Morteau et coll., 2014). Le traitement proposé reposait sur l'absorption du sel par les plantes (phytoabsorption). Des plantes étaient installées dans un marais filtrant vers lequel étaient dirigées des eaux de ruissellement routier.

Des plantes pouvant croître dans des conditions salines avaient été sélectionnées en fonction de leur capacité à absorber le sel. Le substrat et les conditions de croissance avaient été sélectionnés pour maximiser la capacité d'accumulation de sels des plantes. >



Les résultats de cette recherche étaient comparables à ceux des projets proposant le traitement d'effluent salin par phyto-absorption (Morteau, 2015). Le tableau 1 présente les résultats de cette étude et d'études similaires. Les plantes absorbaient une partie du sel (Tableau 1). Les potentiels d'enlèvement de sel vont jusqu'à 4,7 tonnes par hectare pour l'étude Diaz et coll. avec l'espèce *Allenrolfea occidentalis*. Cependant le pourcentage pondéral de sel extrait de l'eau par l'absorption des plantes est au maximum de 9% pour les études présentées. Pour deux raisons essentiellement, les masses de sel à enlever sont élevées et sans cesse renouvelées par l'eau entrant dans le système.

Pour le traitement de sel, la phytoabsorption doit être complémentaire d'une autre solution, dont la phytoconcentration. Ce dernier type de traitement utilise les capacités de transpiration des plantes pour gérer les eaux contaminées en sel. Par exemple, les capacités d'évaporation des saules et des roseaux sont utilisées pour diminuer le volume des lixiviats de décharge (Białowiec et coll., 2014). Une série d'expériences et de projets grandeur nature ont été menés depuis les années 90 concernant des techniques de phytoconcentration permettant de gérer des eaux concentrées en sel. Un schéma présentant ce type de système est présenté à la figure 2.

Les technologies développées concernent essentiellement les couverts végétaux (Mirck et Volk, 2012) et la gestion des eaux de drainage par IFDM (Integrated Farm Drainage Management) (San Joaquin Valley Drainage Program, 1990). Ces technologies visent à réduire le volume des eaux chargées en sel jusqu'à leur complète évaporation ou à leur gestion par des méthodes traditionnelles.

Tableau 1 : Accumulation de sel par différentes espèces

Espèce	Système de traitement	Concentration d'exposition (mg/L)	Sel retiré des eaux traitées	Source
<i>Typha latifolia</i>	Marais filtrant	180 mg Na ⁺ /L et 276 mg Cl ⁻ /L	364	(Rozema et coll., 2014)
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>			221	
<i>Juncus torreyi Coville</i>			315	
<i>Typha angustifolia</i>			399	
<i>Atriplex prostrata</i>	Marais filtrant	De 0 à 1 500 mg NaCl/L	156	(Morteau et coll., 2014)
<i>Typha angustifolia</i>			64	
<i>Salicornia europaea</i>			313	
<i>Allenrolfea occidentalis</i>	Lysimètre (extérieur)	2827 mg Na ⁺ /L et 2293 mg Cl ⁻ /L	4704	(Diaz et coll., 2013)
<i>Atriplex lentiformis</i>			1365	
<i>Salicornia bigelovi</i>			2304	
<i>Distichlis spicata</i>			346	
<i>Spartinagracilis</i>			416	
<i>Salicornia bigelovii</i>	Lysimètre (en serres)	Jusqu'à 12 000 mg/L of Na ⁺ et Cl ⁻	4684	(Grattan et coll., 2008)



Figure 2 : Schéma d'un système de phytoconcentration

L'eau passe à travers différents marais avec des concentrations de sel augmentant. Les espèces sélectionnées doivent présenter une résistance adéquate aux concentrations de sel croissantes (les espèces sont classées en fonction de leur résistance au sel : catégorie 1, 2, 3 et 4). Par exemple, Zalesny et coll. (2008) ont irrigué des peupliers avec un lixiviat contenant du sel avec des concentrations allant jusqu'à 1250 mg Cl⁻.L⁻¹ and

1200 mg Na⁺.L⁻¹ et des taux d'évapotranspiration de 22.7 L par arbre la deuxième année pour une densité de plantation de 3472 arbres par ha. Mirck et Volk (2012) ont également utilisé des saules. Ces espèces sont d'un grand intérêt dans un premier traitement, non seulement parce qu'ils ont une biomasse importante, ce qui augmente leur absorption de sel, mais également à cause de leur transpiration. Elles sont également



des essences d'arbres utiles pour les usages suivants : production de biomasse, bioénergie, matériaux de construction.

Ces différentes techniques peuvent être des solutions complémentaires à celles déjà appliquées telles que la gestion environnementale des sels de voirie et des sites de dépôt à neige. Les dépôts de neige usée qui sont l'objet de contamination par le sel, mais également par les métaux, le phosphore, et les Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) pourraient être des lieux susceptibles de recevoir de tels traitements (Stone et Marsalek, 2011; Associated Engineering (Sask.) Ltd., 2012). Les traitements sont présentement limités à de la sédimentation dans des bassins de décantation (Stone et Marsalek, 2011). Cependant de nouveaux traitements pour limiter les rejets en sel seraient souhaités (Stone et Marsalek, 2011) et les traitements présentés ci-dessus pourraient, suite à un développement et une adaptation adéquate, limiter les concentrations rejetées. ■

Exemples de plantes utilisées pour absorber les sels déglacants. De haut en bas : atriplex patula, salicornia europaea et typha latifolia

Références

- Associated Engineering (Sask.) Ltd. *Saskatchewan Snow Dump Management Guidelines*. 2012.
- Association des transports du Canada. *Synthèses des meilleures pratiques de gestion des sels de voirie* (9 brochures). 2003.
- Białowiec, A., A. Albuquerque and P.F. Randerson. « The Influence of Evapotranspiration On Vertical Flow Subsurface Constructed Wetland Performance », *Ecological Engineering*. 2014, 67 (0): 89-94.
- Diaz, F.J., S.E. Benes and S.R. Grattan. « Field Performance of Halophytic Species Under Irrigation With Saline Drainage Water in the San Joaquin Valley of California », *Agricultural Water Management*. 2013, 118 (0): 59-69.
- Environnement Canada. *Code de pratique pour la gestion environnementale des sels de voirie*. 2004. SPE 1/CC/5.
- Grattan, S.R., S.E. Benes, D.W. Peters and F. Diaz. « Feasibility of Irrigating Pickleweed With Hyper-Saline Drainage Water. » *J. Environ. Qual.* 2008, 37 (5 Supplement): 149-156.
- Manousaki, E. and N. Kalogerakis. « Halophytes Present New Opportunities in Phytoremediation of Heavy Metals and Saline Soils », *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010, 50 (2): 656-660.
- Ministère des Transports du Québec. *Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie*. 2010.
- Mirck, J. and T.A. Volk. « Mass Balances and Allocation of Salt Ions From Solvay Storm Water For Shrub Willow (Salix spp.) », *Biomass and Bioenergy*. 2012, 39 (0): 427-438.
- Morteau, B. « Salt Contaminated Water Phytotreatment By Constructed Wetland ». In: M.A. Khan et al. (eds.), eds. *Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas Springer Science +Business Media Dordrecht (in press)*. 2015.
- Morteau, B., G. Triffault-Bouchet, R. Galvez and L. Martel. « Nutrient and Removal Kinetics Impacts on Salt Phytoremediation by Atriplex Patula and Typha Angustifolia. » *Journal of Environmental Engineering*. 2014, 0 (0): 04014059.
- Morteau, B., G. Triffault-Bouchet, R. Galvez, L. Martel and S. Leroueil. « Treatment of Salted Road Runoffs Using Typha Latifolia, Spergularia Canadensis, and Atriplex Patula: A Comparison of Their Salt Removal Potential. » *Journal of ASTM International*. 2009, 6 (4): 218-225.
- Rozema, E.R., R.J. Gordon and Y.B. Zheng. « Plant Species for the Removal of Na+ and Cl- from Greenhouse Nutrient Solution », *Hortscience*. 2014, 49 (8): 1071-1075.
- Stone, M. and J. Marsalek. « Adoption of Best Practices for the Environmental Management of Road Salt in Ontario », *Water Quality Research Journal of Canada (IWA Publishing)*. 2011, 46 (2): 174-182.
- Ungar, I.A. *Ecophysiology of Vascular Halophytes*. Boca Raton, Florida. CRC Press 1991.
- Zalesny, J.A., R.S. Zalesny Jr, A.H. Wiese, B. Sexton and R.B. Hall. « Sodium and Chloride Accumulation in Leaf, Woody, and Root Tissue of Populus After Irrigation With Landfill Leachate », *Environmental Pollution*. 2008, 155 (1): 72-80.



« Un matin, une personne âgée téléphone au garage municipal et demande à la secrétaire s'il était possible, lors des opérations de déneigement, de pousser toute la neige de sa rue sur la rue voisine. En effet, sur sa rue, ce sont tous des résidents âgés alors que sur la rue d'à côté, ce sont tous des jeunes plus en forme pour pelleter la neige. »

*Appel au garage municipal d'un nouveau propriétaire de maison lors de sa première tempête de neige :
« Quand est-ce que vous venez pelleter mon entrée ? »*

« Un propriétaire vient se plaindre au service des Travaux publics qu'il a glissé sur de la glace dans la rue à la sortie de son entrée et qu'il s'est cassé le bras. En tant que directeur, je le reçois et lui explique le fonctionnement des opérations de déneigement, les responsabilités de la ville et les aléas de la température. Finalement, qu'on est peiné pour sa blessure et qu'on lui enjoint d'être prudent en hiver. Pas satisfait de mes explications, il me montre son bras dans le plâtre et demande « Je fais quoi avec ça ? » croyant recevoir un quelconque dédommagement. Ce à quoi je lui réponds sans hésitation : « Vous vous soignez, monsieur ». On n'a jamais entendu parler de lui par la suite. »

« Une personne demande pourquoi les camions à bennes vides ne circulent pas dans les rues au moment de chutes de neige pour ramasser directement celle-ci. »



PROCHAINE PUBLICATION DE LA REVUE

CONTACT PLUS

PARUTION	THÈME	DATE DE TOMBÉE DES ARTICLES DES PUBLICITÉS	
Décembre 2015	Collecte et traitement des matières organiques putrescibles	5 octobre 2015	15 octobre 2015

développement durable
urbanisme

infrastructures

plans d'intervention
règlements

CONSULTEZ LE SITE INTERNET DE L'AIMQ



AIMQ.NET

Services
Séminaires et formations
Nouvelles

Par **Yan Poulin**, Chef d'équipe à l'amélioration continue,
Service de la vision stratégique et performance organisationnelle, Ville de Québec

La gestion du stationnement sur rue en hiver à Québec et la communication aux citoyens

Pour la Ville de Québec, le déneigement est l'une des principales activités à réaliser au cours d'une année. Le déneigement a un impact important sur le niveau de satisfaction globale de l'ensemble des contribuables et prend une part importante du budget d'opérations ainsi que des ressources de l'organisation. La performance du déneigement est donc une priorité que la Ville a décidé d'aborder, notamment par la gestion du stationnement hivernal et la communication aux citoyens.

Constat sur la réglementation du stationnement sur rue l'hiver

De façon générale, lorsque la Ville déclenchait une opération de déneigement, elle appliquait sa réglementation sur le stationnement hivernal. L'application de cette réglementation interdisait l'occupation de chaussée (stationnement sur rue) pour la durée déterminée.

Lorsque l'on a analysé la situation de la gestion du stationnement et de la communication, plusieurs enjeux étaient présents relativement à la réglementation. D'abord la réglementation du stationnement sur rue en période hivernale n'est pas harmonisée d'un arrondissement à l'autre. Le constat était qu'il y avait des approches variées dans chaque ancienne municipalité (11) et que chacune d'entre elles avait conservé leur pratique. Donc, sur le territoire de la ville de Québec et dans différents secteurs, le stationnement pouvait être soit interdit en tout temps pendant l'hiver, soit interdit de jour ou de nuit, soit interdit en alternance, soit interdit par affichage manuel de panneaux ou soit interdit par communiqué. De plus, les heures d'interdiction de stationnement, lors des opérations de déneigement, variaient de façon importante d'un arrondissement à l'autre. Donc, il variait entre 21h et 23h pour le début de l'interdiction et se terminait à des heures variables.

Comme second enjeu, la communication de la réglementation ainsi que des opérations



de déneigement est complexe à réaliser étant donné la diversité de la clientèle (citoyen, touriste, gens d'affaires, visiteurs, propriétaire, locataire, etc.), de leurs habitudes (horaires, déplacements, stationnement, nombre de véhicules, etc.) et de leur environnement (secteurs à faible densité, haute densité, central, isolé, etc.). De plus, les six arrondissements n'appliquaient pas la réglementation simultanément, ce qui créait de la confusion chez le citoyen. La communication se faisait à des heures variables, souvent tardivement, à un moment où les gens ne pensaient plus déplacer leur véhicule.

L'enjeu de la densité est aussi important. Les zones de densité varient beaucoup, allant de

faible à élevée, ce qui a un impact direct sur l'occupation de la chaussée qui se mesure par le nombre de véhicules stationnés dans la rue. De plus, le stationnement dans la rue ralentit les opérations et diminue la qualité du déneigement. Cela oblige la Ville à remorquer les véhicules non enlevés et à émettre une contravention. Les équipes doivent repasser dans la rue afin de réaliser un bon travail, sinon la rue est mal nettoyée.

Enfin, le déneigement étant une des principales activités de la Ville et par la même occasion le second sujet en importance en ce qui concerne les appels et les requêtes des citoyens, l'enjeu de la satisfaction de celui-ci est prédominant. >



Pratique mise en place pour faciliter la gestion du stationnement hivernal

Afin de faire face aux enjeux et aux difficultés ayant un impact direct sur la gestion du stationnement hivernal à Québec, plusieurs gestes ont été posés afin d'améliorer la situation. Le premier geste a été d'harmoniser les heures d'interdiction sur l'ensemble du territoire afin d'en faciliter la compréhension pour les clients et d'en faciliter la gestion des opérations. Pour l'ensemble de la Ville, lorsqu'il y a une opération de déneigement, le stationnement est interdit de 21h à 7h, à l'exception des rues ayant des feux clignotants installés à cet effet. À ce moment, l'interdiction est de 23h à 6h30.

Afin d'appliquer cette harmonisation des heures d'interdiction, la Ville a revu ses approches d'interdiction de stationnement avec des moyens de communication standardisés. La principale approche de communication des interdictions de stationnement qui a été privilégiée est celle par feux cligno-

tants et par panneau d'information avec feux clignotants. Cela se traduit par le maintien des feux clignotants sur rue déjà installés et le déploiement de ceux-ci dans les zones problématiques. Au total, plus de 1200 feux clignotants sur rue sont présents sur le territoire dans les secteurs problématiques. Les zones problématiques sont normalement des secteurs commerciaux ou ayant des visiteurs. Elles sont aussi des zones de moyenne et haute densité. Ou encore, ce sont des endroits où il y a peu de stationnements hors rue et où il y a beaucoup de remorquage de véhicules. Enfin, ce sont les zones où il y a du transport de neige. Un des objectifs du déploiement des feux clignotants est de cibler les zones où devraient se tenir des opérations de déneigement et éviter de pénaliser tous les citoyens au détriment d'un secteur. Cela fera en sorte de diminuer le nombre d'interdictions durant un hiver.

Des panneaux d'information avec signaux lumineux à des endroits stratégiques pour aviser qu'il y aura une opération de déneigement ont été mis en place. Les endroits



la route INTELLIGENTE... selon **electromega**



Faire des choix judicieux... sur les technologies... leur obsolescence... les incidences économiques de leur mise en place... et surtout l'étendue des nouveaux services aux citoyens : **Electromega est là pour ça !**

solutions
INTÉGRÉES

produits
TECHNOLOGIQUES

services
PROFESSIONNELS

electromega.com NOUVEAU SITE



stratégiques sont principalement les sorties d'autoroute, les entrées des territoires d'arrondissements, les endroits névralgiques à l'intérieur des arrondissements et les entrées de secteurs plus problématiques. À ce jour, plus de 225 panneaux ont été installés couvrant les principaux liens routiers de la Ville.

Ces approches de communication ont été par la même occasion modernisées. L'ensemble de ces moyens de communication est dorénavant géré à distance. Ils permettent de circonscrire un secteur en particulier à partir des salles de contrôle présentes dans chaque division des travaux publics des arrondissements. Elle donne aussi la possibilité de les activer en tout temps, ce qui permet dorénavant d'allumer les feux à 13h les journées d'opération de déneigement informant les citoyens plus rapidement.

Cette approche est très performante, car elle utilise le principe de flux poussé pour informer le citoyen. Autrement dit, ce n'est pas aux citoyens de faire des démarches pour connaître s'il y a des opérations de déneigement, c'est la Ville qui rend visible l'information par ses feux clignotants. De plus, cette information est accessible tôt dans la journée.

Afin d'assurer la complémentarité des moyens de communication, la Ville utilise d'autres moyens pour rejoindre les citoyens tels que la ligne d'information d'opération déneigement (418-641-6666). Elle offre aussi à ses citoyens la possibilité de s'inscrire au service SMS. Enfin, elle produit annuellement un guide dans son journal municipal rappelant le fonctionnement des opérations de déneigement et les rôles du citoyen en période hivernale.

Résultats obtenus

Depuis la mise en place des changements relatifs à la gestion du stationnement sur rue à Québec et de l'approche de communication, la Ville a su mieux gérer les attentes des citoyens et répondre aux besoins des opérations de déneigement. D'autres améliorations ont également été apportées concernant les opérations de déneigement. L'ensemble de ces actions a contribué à augmenter le taux de satisfaction des citoyens le faisant passer de 77 % en 2009 à 89 % en 2013.

En conclusion, dépendamment de la solution choisie pour la gestion du stationnement sur rue, les communications aux citoyens sont essentielles pour assurer le bon déroulement des choses. ■



Pour vous aider à exploiter la plus précieuse ressource naturelle

Hanson Tuyaux et Préfabriqués :
Fabricant de tuyaux, regards et conduites rectangulaires en béton armé ainsi que de ponts et ponceaux **CONSPAN** et produits de gestion des eaux pluviales **StormTrap™** et **Hydroworks**.

Hanson Conduites Sous Pression :
Le plus important fabricant de tuyaux en béton-acier, avec le service d'assistance 24/24.

Hanson est soutenu techniquement d'une équipe de design et d'ingénierie expérimentée dans l'industrie.

Votre gage de réussite de tous vos projets avec les produits en béton Hanson.

Hanson Tuyaux et Préfabriqués
Tél. : 1 877 474 6189
hansonpipeandprecast.com

Hanson Conduites Sous Pression
Tél. : 1 888 497 7371
hansonpressurepipe.com





BOURSE ALAIN-LAMOUREUX

La **bourse Alain-Lamoureux** est remise annuellement par la Fondation des ingénieurs municipaux du Québec (FIMQ). La bourse Alain-Lamoureux a pour objectif d'encourager la recherche en génie municipal notamment dans le domaine de l'eau, de l'air, du sol, de la voirie ou des réseaux. Il est à noter que le concours favorise les candidatures dans le domaine des transports. Cette bourse s'adresse aux étudiants inscrits au programme de maîtrise ou de doctorat.

M. Philippe Fortin est récipiendaire de la bourse Alain-Lamoureux 2014. L'article suivant est un résumé de ses recherches.



Auteur de correspondance :

Philippe Fortin

Polytechnique Montréal
2900 Boulevard Edouard-Montpetit,
Montréal, Québec, Canada, H3T 1J4
Tél.: (514) 340-4711 ext. 4157
philippe.fortin@polymtl.ca

Catherine Morency

Polytechnique Montréal
2900 Boulevard Edouard-Montpetit,
Montréal, Québec, Canada, H3T 1J4
Tél.: (514) 340-4711 ext. 4502
cmorency@polymtl.ca

Martin Trépanier

Polytechnique Montréal
CP 6079, succursale Centre-Ville,
Montréal, Québec, Canada, H3C 3A7
Tél.: (514) 340-4711 ext. 4911
mtrepanier@polymtl.ca

Valorisation des données GTFS de transport en commun à partir d'une approche orientée graphe

Résumé

Cet article propose une méthodologie de caractérisation de réseaux de transport en commun à partir des données GTFS rendues disponibles publiquement par les agences de transport. Cette méthodologie vise à développer un ensemble d'indicateurs permettant de caractériser une configuration particulière de réseau, comparer différentes configurations d'un même réseau de transport (suite à une réorganisation de l'offre par exemple), puis de comparer la qualité de différents réseaux. L'article propose d'abord une introduction aux réseaux de transport en commun et aux types d'études actuellement menées dans ce domaine. Après une brève description des données GTFS et de leur potentiel dans ce type d'analyse, l'article explique de quelle façon ces données ont été utilisées dans une approche orientée graphe afin de modéliser un réseau de transport en commun. Finalement, à l'aide du modèle développé et intégré dans une base de données orientée graphe, des exemples d'indicateurs sont proposés afin de démontrer le potentiel d'analyse de cette méthodologie.

Introduction

Les réseaux de transport collectif sont en constante évolution. Dans ce contexte, la géométrie des réseaux d'autobus est souvent touchée avec l'ajout, le retrait et la modification des lignes. De plus, les horaires sont modifiés plusieurs fois par année. À notre connaissance, il n'existe, à l'heure actuelle, aucun outil permettant de diagnostiquer systématiquement un réseau et d'en suivre l'évolution de façon structurée et automatisée. Avec l'avènement des données transactionnelles par cartes à puce qui permettent une meilleure connaissance dynamique de la demande de transport, les agences ont, d'un autre côté, besoin d'assurer l'analyse de leur offre.

L'étude des réseaux de transport, telle que rapportée par Derrible et Kennedy (2011), est un champ de recherche important puisqu'il influence la conception des différents réseaux routiers et des réseaux de transport en commun. Il est d'autant plus reconnu que les enjeux économiques, sociaux et d'utilisation du sol découlant des choix effectués sont tels qu'ils ne peuvent être négligés. À cet effet, de nombreuses démarches de ré-

flexion autour de l'optimisation des réseaux de transport publics sont actuellement tenues dans de nombreuses agences de transport au Québec, au Canada, mais aussi à travers le monde (Société de Transport de Laval, 2013).

Derrible et Kennedy (2009, 2011) ont aussi démontré le potentiel de la théorie des graphes et des réseaux dans l'optimisation des réseaux de transport en commun. De plus, plusieurs avancées ont été rapportées par Pajor (2009) concernant le développement des différents modèles de conceptualisation des réseaux de transport en commun (*time-expended model*, *time-dependent model*). Si ces différents travaux démontrent un intérêt croissant pour ces deux domaines d'étude, peu de recherches montrent le potentiel du croisement de la théorie des graphes et des modèles de conceptualisation.

À la lumière de ces observations, l'objectif de ce projet est de développer des indicateurs à partir des données du format *General Transit Feed Specification* (GTFS). Ces indicateurs serviront d'abord à caractériser différentes propriétés d'un réseau de transport en commun telles que la performance,



la connectivité et l'équité, puis à analyser et comparer ces aspects suite à des modifications de parcours ou d'horaire. Des objectifs spécifiques ont aussi été énoncés de façon à mieux structurer le travail :

1. Valoriser les données GTFS disponibles sur des périodes successives ;
2. Créer de nouveaux indicateurs de caractérisation des réseaux ;
3. Généraliser les indicateurs de façon à permettre la comparaison de réseaux différents entre eux ; et
4. Évaluer la pertinence de l'utilisation d'une approche orientée graphe.

La section 3 introduit d'abord les réseaux de transport en commun, les enjeux en découlant et les différents facteurs d'influence. Elle décrit aussi l'approche classique habituellement utilisée pour étudier et décrire les systèmes de transport en commun. Ensuite (section 4), une brève introduction sur les données GTFS est présentée afin de comprendre leur fonctionnement, leur potentiel d'utilisation et le choix de ce type de données pour réaliser ce projet. L'approche par graphe proposée dans le cadre de ce projet est explicitée à la section 5, en plus de la méthodologie employée. Des résultats préliminaires sont illustrés et d'autres résultats attendus sont développés. Finalement, la conclusion de cet article propose des perspectives de développement pouvant découler de l'amélioration des indicateurs proposés.

Introduction aux réseaux de transport en commun

Le transport en commun joue un rôle important pour la mobilité des personnes dans l'ensemble des grands centres urbains, assurant quotidiennement le déplacement de plusieurs millions d'utilisateurs. Dans ce contexte, le processus de planification permet d'estimer l'offre de transport nécessaire répondant aux attentes des clients, tout en minimisant les différents coûts encourus par les agences de transport. La mise en œuvre du service est ensuite confiée au service opérationnel. Deux guides de références dans le domaine proposent une méthodologie pour mettre en place un service optimal (Ceder 2007 ; Ryus et al., 2013). Ces guides internationaux tentent de mettre en contexte l'ensemble des mesures proposées en fonction des enjeux et facteurs pouvant découler de chacune des décisions. Toutefois, en raison des particularités de chacun des lieux d'implantation d'un service, certains éléments peuvent ne pas s'appliquer textuellement et doivent faire l'objet d'une analyse approfondie.

Voyer (2007) a identifié certains aspects propres à la grande région métropolitaine de Montréal par la mise en place d'un réseau de transport en commun, qui peuvent aussi s'appliquer à plus petite échelle aux autres centres urbains québécois. L'auteur dénote, entre autres, le rôle majeur du transport en commun dans la planification de l'utilisation du sol et le développement des infrastruc-

tures en transport. L'influence que peut avoir un réseau de transport en commun performant sur son environnement, en modifiant notamment les habitudes de déplacement des résidents, explique certainement les nombreuses études effectuées sur le sujet.

Toutefois, ces études ont une approche plutôt classique de la problématique. En effet, leur approche laisse principalement voir l'utilisation des données concernant la demande observée en transport, incluant les données de cartes à puce ou de comptage. On dénombre aussi plusieurs études analysant la performance d'un réseau de transport en commun au niveau de l'accessibilité et de l'équité des utilisateurs au service (Godin, 2012). Le point commun de ces études est qu'elles ne prennent en compte le réseau qu'en tant que paramètre fixe plutôt que de chercher à le modifier au sein de leur méthodologie. Comme mentionné en introduction, les études portant sur la typologie des réseaux se font plus rares bien qu'elles puissent pourtant apporter une connaissance et un angle d'approche complètement différents des contributions faites par l'optimisation des réseaux de transport en commun.

Une étude menée à Pékin a fait ressortir trois niveaux intéressants d'analyse de l'offre de transport en commun : l'arrêt, la route et le réseau (Chen et al., 2009). Bien que la recherche effectuée par ces chercheurs ait suivi principalement l'approche classique, les niveaux d'analyse demeurent pertinents dans le cadre de la recherche effectuée avec >

les données GTFS. Conséquemment, la nouvelle approche proposée vise à développer des indicateurs à ces niveaux d'analyse pour permettre une caractérisation globale du système, mais aussi pour permettre de comparer la méthodologie et les résultats obtenus par l'approche classique et l'approche proposée dans cet article.

Les réseaux d'autobus pouvant être modifiés plus aisément que le tracé d'un mode de transport lourd (métro, tram), ceux-ci représentent une piste d'étude plus intéressante pour mettre à l'épreuve la méthodologie. En conséquence, l'utilisation des données GTFS portera principalement sur ces différents réseaux, en délaissant intentionnellement les autres données, le cas échéant (par exemple le réseau de métro montréalais).

L'arrivée des données GTFS

Les données GTFS (*General Transit Feed Specification*) ont été développées en 2005 dans le cadre d'une collaboration entre Google et l'agence de transport de Portland, en Oregon (TriMet). Dans le but de faciliter le partage et l'accès à l'information aux utilisateurs, ils ont proposé une norme de publication des données opérationnelles des agences (par exemple arrêts, heures de passage, routes) se voulant simple pour permettre une adoption large et à faible coût de déploiement pour les petites agences de transport (McHugh, 2013).

Bien que celles-ci soient principalement utilisées par des applications mobiles pour fournir une liste des prochains passages et l'itinéraire correspondant, l'intérêt des données GTFS dépasse certainement cette simple utilisation. Les recherches utilisant ces données sont encore rares et très récentes. Toutefois, plusieurs experts et chercheurs ont démontré en quoi ces données pourraient être valorisées. Le département

de transport de l'Oregon a publié un rapport technique proposant une preuve de concept pour l'optimisation de leur réseau de transport public à l'aide des données GTFS (Porter, Kim, et Ghanbartehrani, 2014). Aussi, à la demande du département de transport de la Floride, le National Center for Transit Research de la University of South Florida a cherché à identifier comment les données GTFS pouvaient aider les agences de transport dans leurs activités habituelles de planification et d'opérations (Catala, 2012).

Toutefois, bien que ces données représentent une source d'information intéressante, elles peuvent contenir certaines erreurs de codification et de représentation de la réalité. Comme l'ensemble de données propose un horaire planifié, des différences avec les heures de passage réelles peuvent se glisser en raison, par exemple, des conditions routières. Wong (2013) propose une méthode de comparaison de certaines mesures opérationnelles afin de s'assurer que les données soient valides pour le cadre d'une telle étude. Les résultats montrent une différence relativement petite, n'affectant pas de façon importante les résultats de l'étude. Une comparaison similaire sera effectuée lorsque les données auront été rendues disponibles par les agences de transport.

Méthode orientée graphe

Aborder une problématique largement connue sous un angle nouveau impose quelques considérations théoriques. En visant un point d'entrée dans la problématique axé sur la typologie du réseau plutôt que sur ce qui l'environne, l'utilisation de la théorie des graphes apparaît pertinente en raison des caractéristiques communes des réseaux et de la modélisation d'un graphe.

La théorie des graphes met en relation un ensemble de nœuds, liés entre eux par des liens représentant dans leur ensemble un

réseau complet. Chaque nœud ou lien peut se voir accorder des propriétés diverses ce qui en fait une théorie largement versatile et pouvant s'appliquer dans plusieurs contextes où les différents éléments sont en relation. Comme l'expliquent Robinson, Webber et Elfrem (2013), la théorie des graphes est souvent préconisée dans des cas d'utilisation de réseaux sociaux où les données mises en relation sont fortement connectées. Les données des graphes peuvent être stockées dans une base de données orientée graphe qui, contrairement aux bases de données relationnelles traditionnelles, enregistre explicitement les relations (liens) entre les différents nœuds. Ceci permet d'accélérer l'accès et surtout de voyager plus rapidement entre les données des bases de données stockant un volume important d'information en suivant les liens entre chacun des nœuds et en donnant accès au contexte entourant l'information. Les bases de données orientées graphes sont utilisées aujourd'hui par plusieurs grandes entreprises dont Facebook, Google et Amazon (Wolpe, 2014).

Cette théorie est encore peu utilisée dans l'étude des réseaux de transport en raison de la difficulté d'application des indicateurs existants au contexte. Les autres méthodes d'analyse disponibles deviennent dès lors plus intéressantes puisqu'elles permettent d'obtenir certains résultats tangibles rapidement. Ainsi, dans le cas des données GTFS, chaque passage d'un autobus représente un événement qui peut être représenté par un nœud. En pratique, chaque événement est lié à un autre par le trajet effectué par un autobus ou par un passager si ce dernier effectue une partie du déplacement à pied.

En l'occurrence, représenter un réseau de transport en commun décrit à l'aide de données GTFS est relativement simple. L'expérience a été tentée par Pajor dans l'optique

de développer un calculateur de chemin incluant différents réseaux (2009). Celui-ci répertorie deux modèles permettant de décomposer les données GTFS en un graphe : time-dependent model et time-expanded model. De par sa facilité d'approche et pour la versatilité qu'il apporte pour manipuler les données dans le développement et le calcul des indicateurs, le modèle time-expanded a été retenu. La modélisation des données GTFS par ce modèle est représentée à la figure 5.1.

Le modèle présenté ci-dessus reprend chaque passage à un arrêt (les stoptimes) et les modélise en trois types d'évènements : (A) pour chaque arrivée d'un véhicule à un arrêt, (D) pour chaque départ correspondant, (T) pour représenter les transferts. Finalement, les évènements sont liés entre eux par différentes relations : 1) Poursuivre dans le même véhicule (A=>D), 2) Connexion entre les arrêts (D=>A), 3) Transfert (A=>T, T=>T), 4) Transfert de nuit (T=>T), 5) Départ (T=>D).

La section suivante révèle quelques résultats préliminaires obtenus jusqu'à maintenant par l'application expérimentale des approches proposées ci-dessus sur une étude de cas. Une brève analyse de ces résultats en plus d'une description d'autres résultats attendus sont proposées en guise d'illustration de la méthodologie et de son potentiel.

Étude de cas

Les résultats et figures présentés ci-dessous ont été dérivés à partir des données GTFS du Conseil intermunicipal de transport Sorel-Varenes (CITSV), qui dessert une population de 83 171 habitants et comptait 31 autobus en banlieue de Montréal au 1er janvier 2012.

Le premier indicateur d'accessibilité territoriale présenté à la figure 5.2 illustre le nombre de correspondances possibles entre deux arrêts à partir de ceux contraints dans un secteur source (ici la ville de Varennes). Seuls les trajets de moins de deux heures sont comptabilisés. >

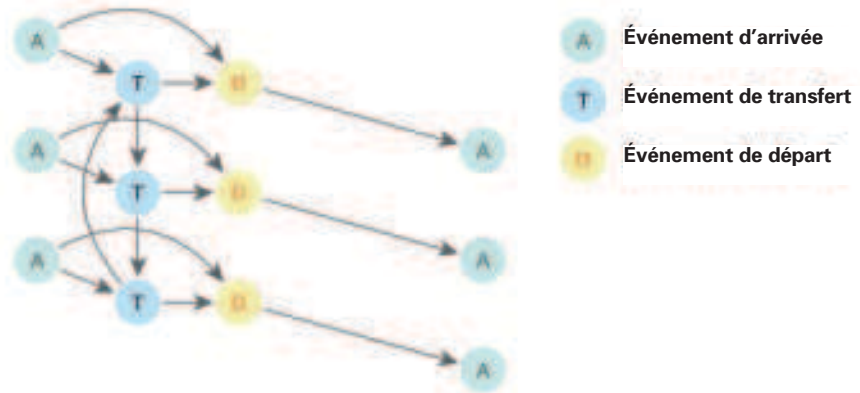


Figure 5.1 : Représentation graphique du graphe construit à partir des données GTFS

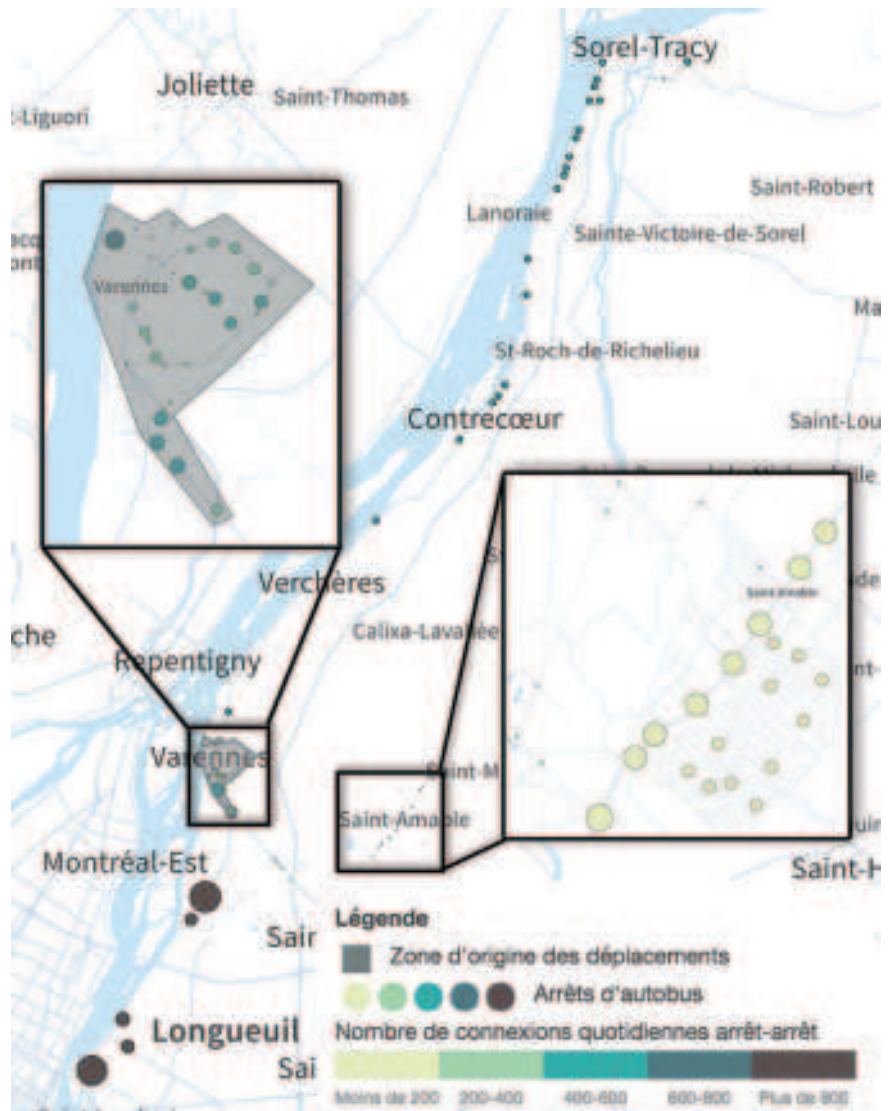


Figure 5.2: Accessibilité des arrêts au sein du réseau

Un tel indicateur permet de déceler les secteurs mieux desservis par rapport aux autres en fonction de l'origine du déplacement. Selon les données du CITSV, les gens se déplaçant à partir de la ville de Varennes ont plus de facilité et d'options pour leurs déplacements en direction de la ville de Longueuil, plutôt qu'en direction du secteur de Sorel-Tracy, ou encore la ville de St-Amable. En développant plus en détails cet indicateur, il sera possible d'identifier les arrêts peu utilisés et ayant un potentiel plus grand pour l'optimisation du réseau.

La vitesse commerciale des autobus est un facteur important à considérer dans l'optimisation d'un réseau. La vitesse inter-arrêts représente un indicateur intéressant à développer et à analyser pour identifier les segments problématiques. La figure 5.3 représente la moyenne des vitesses entre deux arrêts consécutifs. Comme attendu, la vitesse commerciale est moins élevée lorsque la densité d'arrêts est plus importante (zone agrandie).

En calculant la vitesse moyenne de parcours entre chacun des arrêts, plutôt que seulement les arrêts consécutifs, il sera possible de dresser la distribution séquentielle des vitesses entre toutes les paires d'arrêts et d'établir des profils de vitesse permettant de mieux comparer les conséquences d'une modification apportée au réseau.



Figure 5.3: Vitesse inter-arrêts

- ◀ Analyse hydraulique / Plan directeur
- ◀ Conception de systèmes de rinçage
- ◀ Caractéristiques et localisation des composantes hydrauliques projetées (pompes, réducteurs de pression, réservoirs, etc.)
- ◀ Programmes complets d'entretien préventif
- ◀ Optimisation de la capacité des réserves d'eau pour la protection contre les risques d'incendie
- ◀ Séances de formation accréditées par l'OIQ, relativement au « Règlement sur la formation continue obligatoire des ingénieurs »
- ◀ Débit disponible - protection incendie globale

Conclusion

La démarche de recherche présentée dans le présent article permet de conclure sur trois points. Premièrement, la méthodologie présentée précédemment permettra de développer un ensemble d'indicateurs utiles à la caractérisation des réseaux de transport en commun. Ceux-ci seront présentés dans un contexte permettant de mieux définir le rôle de l'agencement d'un réseau dans les performances du service de transport et éventuellement dans le choix modal des utilisateurs.

Deuxièmement, l'approche orientée graphe permet d'expérimenter avec une technologie prometteuse dans la représentation des réseaux, d'y appliquer des connaissances de la théorie des graphes éprouvées et de les élaborer dans un contexte et un objectif différents de ceux observés jusqu'à aujourd'hui.

Finalement, les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche pourront aussi être étendus de plusieurs façons afin de répondre à quelques interrogations actuellement en suspens dans le domaine du transport public. On peut notamment penser au croisement de ces résultats avec les données de cartes à puce afin d'évaluer l'impact des changements d'un réseau sur les habitudes de déplacement des utilisateurs. Ceci représente un premier pas dans la compréhension des comportements des personnes pour permettre de mieux modéliser les offres de transport. ■



Références

- Amador, L., & Magnuson, S. (2010). Adjacency Modeling for the Coordination of Investments in Infrastructure Asset Management: Case Study of the Town of Kindersley. CNRC. (2003). *Coordination of Infrastructure Works*. Best Practice Guide: Federation of Canadian Municipalities and National Research Council.
- Hafskjold, L. S. (2010). *Coordination of rehabilitation planning and measures - Co-infrastructure interactions*. Water and Environment.
- Halfawy, M. R. (2008). Integration of municipal infrastructure asset and management processes: challenges and solutions.
- Halfawy, M. R., Newton, L. A., & Vanier, D. J. (2006). *Review of commercial infrastructure asset management systems*.
- Kleiner, Y., Nafi, A., & Rajani, B. B. (2010). Planning renewal of water mains while considering deterioration, economies of scale and adjacent infrastructure.
- Manuilova, A., Dormuth, D., Vanier, D., Kleiner, Y., & Giroux, M. (2009). *A Case Study of User and External Components of Social Costs that are related to Municipal Infrastructure Rehabilitation*.
- NAMS Group. (2004). *Optimised Decision Making Guidelines*. NZ National Asset management Steering (NAMS) Group.
- Rahman, S., Vanier, D. J., & Newton, L. (2005). *Social costs consideration for Municipal Infrastructure Management*. NRC-CNRC: Municipal Infrastructure Investment Planning.
- Rahman, S., Vanier, D., Newton, L., Kleiner, Y., & Taylor, D. (2005). *Social cost considerations for Municipal Infrastructure management*.
- Sousa e Silva, D., Barbier, R., & Montignoul, M. (2005). *Rehabilitation impact on social quality life*. CARE-S Computer Aided Rehabilitation of Sewer networks.
- Wery, C., Torterotot, J. P., Sousa e Silva, D., König, A., Peirera, A., & Montignoul, M. (2005). *Socio-economic impacts of rehabilitation strategies*. CARE-S-Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks.

Guide de gestion de la vitesse sur le réseau routier municipal en milieu urbain

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) et la Table québécoise de la sécurité routière publient le nouveau Guide de gestion de la vitesse sur le réseau routier municipal en milieu urbain. Ce document vise à faciliter les décisions des municipalités en matière de gestion de la vitesse, sur le réseau routier en milieu urbain dont elles ont la responsabilité. Il s'adresse à toutes les municipalités et peut être utilisé lorsqu'il s'agit de routes ou de rues municipales desservant principalement des terrains bâtis, situées dans un village ou une ville.

L'enjeu de la vitesse en milieu urbain est important : reconnue comme un des principaux facteurs contributifs aux collisions de la route et à leur gravité, la vitesse influence également la qualité de vie et fait régulièrement l'objet de plaintes de la part des citoyens. Le diagnostic peut être complexe et les solutions relèvent de plusieurs domaines : réglementation des limites de vitesse, aménagement des rues, signalisation, sensibilisation des usagers et surveillance policière. Dans ce contexte, une stratégie de gestion de la vitesse s'avère essentielle.

Le Guide propose une démarche d'intervention ainsi qu'une nouvelle approche en matière de détermination des limites de vitesse en milieu urbain. Il présente également les actions qui peuvent être mises en œuvre pour gérer la vitesse en milieu urbain.

Il vise à favoriser la cohérence des pratiques dans les différentes municipalités du Québec, tout en considérant les caractéristiques propres à chaque milieu.

Le Guide est en ligne sur le site Web du ministère des Transports, dans la section Sécurité en transport, Modification d'une limite de vitesse sur le réseau routier municipal.



L'urbanisme participatif : aménager la ville avec et pour ses citoyens



Le Centre d'écologie urbaine de Montréal (CEUM) a lancé sa toute dernière publication *L'urbanisme participatif : aménager la ville avec et pour ses citoyens*. Ce guide est un outil pour accompagner pas à pas les acteurs de la ville dans le processus de planification et de réalisation de projets d'aménagement urbain incluant la participation citoyenne.

Qu'il s'agisse du réaménagement d'une intersection, de la sécurisation d'une rue, de la création d'une place publique, de la réalisation d'un plan local de déplacements ou du verdissement d'une cour commune, la démarche proposée par le CEUM permettra de faire des projets avec une véritable démarche collective.

Fruit de plusieurs années d'accompagnement et de formations auprès de nombreuses communautés à Montréal, au Québec et au Canada pour la réalisation de quartiers verts, le CEUM livre ici son expertise et présente une démarche dont le succès n'est plus à prouver.

Consultez le guide :

<http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/boutique-en-ligne>

Rapport sur les priorités en gestion de l'eau pour des collectivités durables et résilientes au Canada

Dans un rapport, le Consortium sur les eaux urbaines au Canada du Réseau canadien de l'eau (RCE) oriente la discussion sur les besoins et les demandes des municipalités, et sur les possibilités qui s'offrent à elles pour aller collectivement de l'avant et assurer la gestion durable de leurs ressources en eau.

Le Rapport 2015 sur les priorités en gestion des eaux urbaines au Canada fait état des avancées en gestion de l'eau au sein des municipalités canadiennes et offre un aperçu des perspectives les plus prometteuses. Le Consortium s'efforce ainsi de fournir aux gestionnaires de l'eau des outils utiles pour mieux prévoir les défis et les tendances qui se dessinent, y répondre et s'y adapter, et faciliter la prise de décisions éclairées quant aux priorités et aux investissements.

Le rapport 2015 se penche sur des stratégies qui, sous l'impulsion du Consortium sur les eaux urbaines au Canada, sont susceptibles de mener à des solutions dans quatre domaines prioritaires :

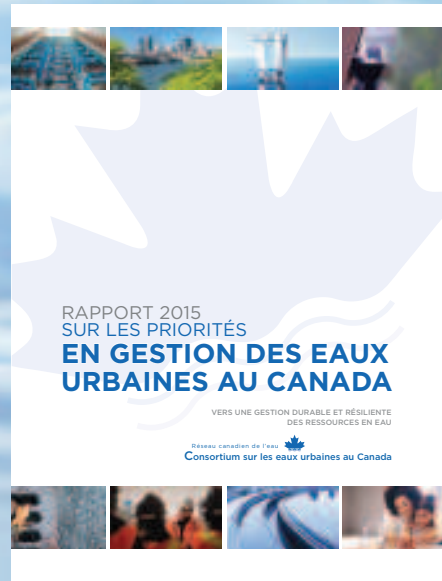
- Gestion intégrée du risque — Examiner les cadres à l'appui de la gestion intégrée du risque, y compris la gamme complète des facteurs qui influent sur les eaux urbaines.

Consultez le Rapport 2015 sur les priorités en gestion des eaux urbaines au Canada :

<http://www.cwn-rce.ca/assets/resources/pdf/2015-Municipal-Priorities-Report/2015-Rapport-Consortium-sur-les-eaux-urbaines-du-Canada-web.pdf>

- Recouvrement intégral des coûts et financement — Évaluer l'état des connaissances et des pratiques relatives au recouvrement intégral des coûts et au financement des réseaux d'eau.

- Récupération des ressources provenant des eaux usées et utilisation avantageuse des biosolides — Cerner les possibilités et les incidences de la récupération des ressources provenant des eaux usées et de l'utilisation des biosolides.
- Résilience aux tempêtes et aux phénomènes météorologiques extrêmes — Déterminer ce qui peut être fait de façon réaliste et pratique pour accroître la résilience des réseaux d'eau urbains aux tempêtes et aux phénomènes météorologiques extrêmes.

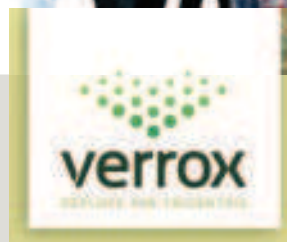


Ville de LORRAINE

Un « skate park » à Ville de Lorraine en poudre de verre

Un tout nouveau parc de planche à roulettes a été inauguré à Ville de Lorraine. Premier projet du genre au Québec, l'aménagement a été construit grâce à un mélange de béton contenant 15% de VERROX, poudre de verre obtenue à la suite du concassage de bouteilles récupérées par Tricentris.

Ce « skate park » aura permis la valorisation d'environ 4000 bouteilles de verre. Tant l'aspect environnemental que la qualité et la durabilité du produit ont mené au choix de ce matériau de construction très résistant, notamment aux cycles de gel et dégel ainsi qu'à l'écaillage.



POUR UN BÉTON PLUS PERFORMANT



Hommage postume à Denis Chagnon, gouverneur

Par Denis Latouche ing. M. Sc. gouverneur et représentant des gouverneurs

Denis Chagnon, ingénieur et membre émérite de l'Association des ingénieurs municipaux du Québec, est décédé en mai dernier. Voici un court hommage de cet homme impliqué.



Denis a grandi dans la petite municipalité de Saint-Luc près de Saint-Jean-sur-Richelieu. Il ira dans une école de rang près de la nature ainsi qu'au Séminaire de Saint-Jean. Il aura une enfance heureuse dans un milieu assez sévère. Il aurait aimé être agronome ou arpenteur-géomètre, mais choisira de devenir ingénieur. Il sera le père de trois garçons et grand-père de trois petits-enfants. Sa conjointe Jacqueline lui a toujours apporté le support nécessaire durant sa carrière et lors de la maladie dont il a souffert avant son décès.

Un de ses amis reconnaissait entre autres chez lui son aménité, son esprit, sa joie de vivre, son honnêteté, sa sérénité, son sens de la famille et sa fierté.

Sa carrière l'a amené tout d'abord dans la municipalité de Pointe-aux-Trembles, puis à Boucherville. Il s'implique dans l'Association comme membre du CA et à la présidence en 1992-1993. Il reçoit le Prix Ingénieur de l'année en 1994 et fut instigateur du prix Hervé-Aubin. Il est l'un des fondateurs de la fondation des ingénieurs municipaux et s'implique durant près de 15 ans dans la revue Contact Plus avec Denis Tremblay et Robert Généreux qu'on appelait le « trio infernal ».

« Un très bon collègue, travaillant, qui avait à cœur l'avancement de l'Association ». C'est en ces termes que Denis Tremblay le décrit.

L'Association représentait pour lui un important réseau d'entraide, de forces techniques utiles pour partager des connaissances, des idées, échanger, obtenir des conseils, contribuer à l'amélioration de la profession et à la reconnaissance de celle-ci.

En 2013, lors d'une entrevue pour la revue Contact +, il disait que les enjeux actuels de l'ingénieur sont d'affronter les défis et de rayonner davantage. Il ajoutait qu'il y a de gros défis à relever pour les jeunes. Interrogé à ce moment à propos du rêve qu'il souhaitait réaliser, il révéla que c'était de vivre le plus longtemps possible. Malheureusement, il nous a quittés en mai dernier, à 70 ans. Son souhait pour l'Association : atteindre 100 ans d'existence !

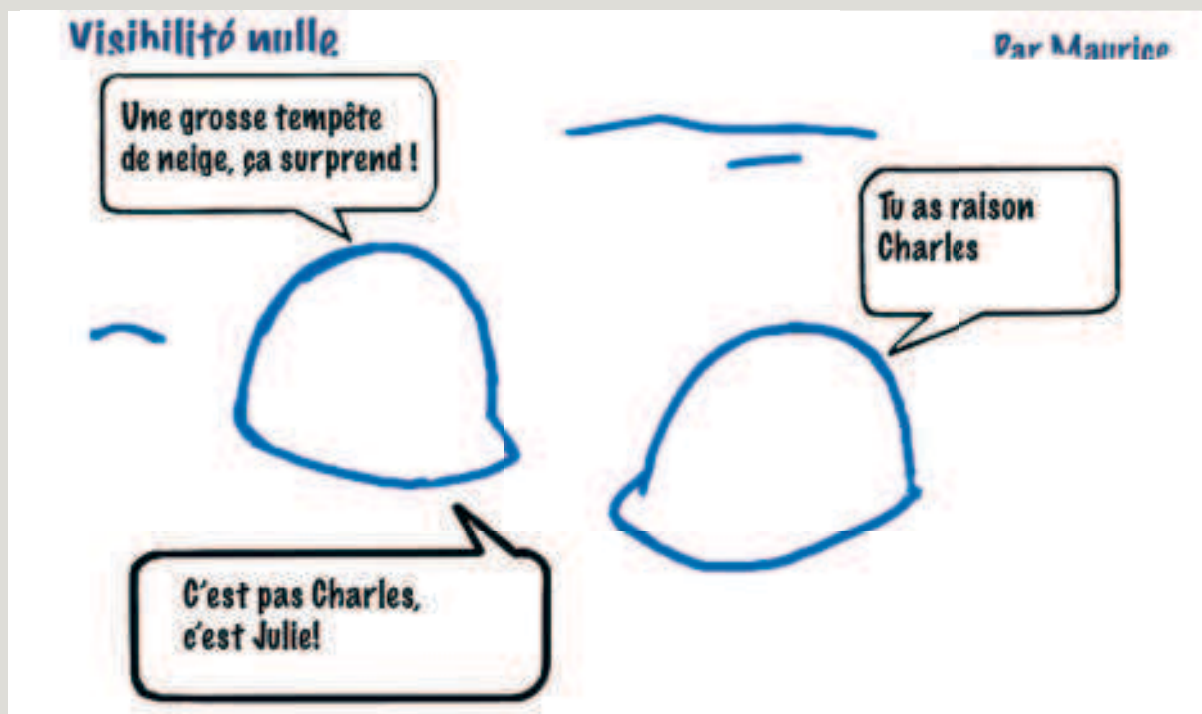
Merci pour cette implication et cette contribution à l'Association.

« Soyons fiers d'être ingénieurs municipaux »

« L'ingénieur municipal doit prendre la place qui lui revient »

« L'ingénieur municipal touche de près à la qualité de vie et à l'environnement des citoyens »

- Denis Chagnon



Séminaire AIMQ 2015

URBISTIQUE

POUR UNE GESTION
INTELLIGENTE
DE NOS VILLES



AIMQ 2015



13 au 16 septembre 2015 au Sheraton Aéroport Montréal de Dorval



INSCRIVEZ-VOUS EN LIGNE!

www.aimq.net/seminaire_seminaire.html



Association
des ingénieurs municipaux
du Québec

LE TUYAU QUI S'ADAPTE DE SI NOMBREUSES FAÇONS.



La gaine en PVC NovaForm^{MC}

La solution de réhabilitation des égouts et ponceaux dans les diamètres dont vous avez besoin.

Les infrastructures vieillissantes d'adduction d'eau et d'égout ont entraîné une augmentation constante des coûts d'entretien pour les municipalités. Chez IPEX, les ingénieurs ont pris conscience de cette réalité et réagi en concevant la gaine en PVC NovaForm, un produit qui offre les avantages des tuyaux en PVC fabriqués en usine à l'industrie nord-américaine de la réhabilitation par chemisage des tuyaux.

Un diamètre pour chaque projet

Offerts dans les diamètres dont vous avez besoin : 150 mm à 750 mm et rapports de dimension standards de l'industrie.

Durabilité du PVC

Excellentes propriétés de résistance chimique et à l'abrasion.

Production uniforme

Fabriquée en usine, soumise à un contrôle de qualité et à des essais selon les normes rigoureuses de l'ASTM.

Tranquillité d'esprit

IPEX est le chef de file des fabricants de systèmes de tuyauteries en PVC depuis plus de 50 ans et développe des solutions sans tranchée utilisant le PVC depuis les 20 dernières années. De plus, pour tout ce que nous vendons nous offrons une assistance technique sur le terrain partout en Amérique du Nord.

Pour en savoir plus appelez-nous sans frais au 1-866-473-9462
ou visitez le site Web www.ipexinc.com

