

# Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige

Guide de référence 2024

**Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée par la Direction de l'expertise en valorisation et en élimination du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

**Renseignements**

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : [www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp)

Internet : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

Dépôt légal – 2024

Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-550-98484-9 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.  
© Gouvernement du Québec – 2024

# Table des matières

Remerciements	viii
1. Introduction	1
2. La neige : une contrainte en milieu urbain	1
2.1 Problématique	2
2.2 Stratégie municipale de gestion des neiges usées au Québec	2
3. Qualité de la neige en milieu urbain	4
3.1 Sources des contaminants	4
3.2 Concentration des contaminants	5
3.3 Variabilité des contaminants	7
4. Effets potentiels des contaminants contenus dans les neiges usées	8
4.1 Effets sur les organismes aquatiques	8
4.2 Effets sur les cours d'eau	9
4.3 Effets sur le sol	10
4.4 Effets sur la végétation	11
4.5 Effets sur l'être humain	11
5. Critères de conception	12
5.1 Adaptation aux changements climatiques	12
5.2 Zones compatibles avec l'aménagement des LEN	13
5.3 Zones incompatibles avec l'aménagement des LEN	13
5.4 Nuisance liée au bruit	14
5.5 Point de rejet	14
5.6 Critères environnementaux	16
6. Gestion de la neige et des eaux de fonte	18
6.1 Gestion environnementale de la neige	18
6.2 Gestion des eaux de fontes et de ruissellement	19

6.3 Modes de gestion alternatifs _____	19
6.4 Élimination des neiges usées _____	20
7. Suivi d'exploitation et protection des ressources _____	21
7.1 Programme de suivi des eaux souterraines _____	21
7.2 Programme de suivi des rejets dans le milieu aquatique _____	22
7.3 Programme de suivi des rejets dans un réseau municipal _____	23
8. Applications au sein du Ministère _____	24
8.1 Qui est assujetti à l'obligation d'obtenir une autorisation ministérielle? _	24
8.2 Contenu de la demande d'autorisation ministérielle _____	24
8.3 Cas particulier : dépôt terrestre municipal de faible capacité _____	25
8.4 Cessation définitive des activités du LEN : avis de cessation et étude de caractérisation (31.51 LQE) _____	25
9. Références bibliographiques _____	26
Annexes _____	29
Annexe A Études hydrogéologiques _____	30
1. Étude hydrogéologique restreinte _____	30
1.1 But de l'étude _____	30
1.2 Travaux à effectuer _____	30
2. Étude hydrogéologique complète _____	30
2.1 But de l'étude _____	30
2.2 Travaux à effectuer _____	30
3. Étude hydrogéologique en carrière _____	31
3.1 But de l'étude _____	31
3.2 Travaux à effectuer _____	32
Annexe B Techniques d'élimination de la neige _____	33
1. Dépôt terrestre avec traitement des eaux de fonte _____	33
1.1 Aire d'accumulation _____	33
1.2 Aire de traitement _____	36

1.3 Fonctions des différents éléments de l'aire de traitement	40
2. Rejet à l'égout desservi par une station d'épuration	42
2.1 Capacité du réseau et de la station d'épuration	42
2.2 Types de rejet à l'égout	43

## Liste des tableaux

Tableau 1 Principales sources des contaminants contenus dans les neiges usées _____	4
Tableau 2 Concentrations des différents contaminants contenus dans les neiges usées selon différentes études scientifiques sur différents sites _____	5
Tableau 3 Synthèse répercussions et des effets potentiels des sels de voirie sur les éléments de l'environnement _____	12
Tableau 4 Zones incompatibles avec l'aménagement de lieux d'élimination de neige _____	14
Tableau 5 Exigences de rejet dans l'environnement _____	16
Tableau 6 Critères de qualité de l'eau de surface (CQES) _____	16
Tableau 7 Seuils d'alerte (concentration maximale à respecter pour les prises d'eau potables) _____	17
Tableau 8 Suivi préventif de la qualité des eaux souterraines : périodes et fréquence d'échantillonnage _____	22
Tableau 9 Suivi préventif de la qualité des eaux de surface : périodes et fréquence d'échantillonnage _____	23
Tableau 10 Éléments de la chaîne de traitement : fonctions et critères de conception suggérés _____	40
Tableau 11 Ordre de grandeur des rendements anticipés pour les différentes composantes du traitement _____	42

## Liste des figures

Figure 1 Aménagement d'un dépôt traditionnel avec technique de soufflage _____	34
Figure 2 Aménagement d'un dépôt en cratère _____	35
Figure 3 Aménagement d'un dépôt en carrière _____	36
Figure 4 Vue en coupe d'une chute à neige Dögens _____	44
Figure 5 Principe de fonctionnement d'une fondeuse à neige fixe _____	45

## Remerciements

Le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) tient à remercier le Centre des technologies de l'eau, rattaché au Cégep de Saint-Laurent, qui a rédigé le présent guide, ainsi que toutes les équipes du Ministère qui ont collaboré, à différents degrés, à l'élaboration de celui-ci, notamment la Direction de l'expertise en valorisation et en élimination, le Pôle d'expertise municipal, le Bureau de l'expertise en contrôle, la Direction de la qualité des milieux aquatiques, la Direction de l'eau potable, des eaux souterraines et de surface, la Direction principale des eaux usées, le Pôle d'expertise des secteurs hydrique et naturel, la Direction des communications ainsi que les différentes directions régionales.



# 1. Introduction

La révision de la version de 1997 du *Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige* par le Ministère vise l'adaptation et la mise à jour de certaines recommandations et de divers renseignements issus de la revue de la littérature, ou de nouvelles exigences réglementaires. Cette révision tient compte des problématiques constatées en matière de gestion des neiges usées et de leurs effets sur les différentes sphères de l'environnement et la santé humaine.

La **Politique sur l'élimination des neiges** a été rendue publique par le ministère de l'Environnement du Québec en décembre 1988, en vue de proposer une gestion adéquate des neiges usées pour éliminer progressivement le déchargement de ces dernières dans les cours d'eau ou en bordure de ceux-ci et afin d'en atténuer les conséquences sur les milieux aquatiques.

Le 5 juillet 1996, le ministre de l'Environnement et de la Faune transmettait aux municipalités une version révisée de la Politique sur l'élimination des neiges usées dans laquelle il leur faisait part de son intention de faire adopter un règlement interdisant le rejet des neiges usées dans les cours d'eau ou en bordure de ceux-ci et d'alléger les critères d'autorisation des lieux d'élimination de neige (LEN). Le *Règlement sur les lieux d'élimination de neige* est entré en vigueur en août 1997 en vue d'encadrer les activités liées à la neige enlevée et transportée, celle-ci ne pouvant désormais être déposée que dans un lieu dûment autorisé par le Ministère.

Le Programme d'assainissement pour les lieux d'élimination de neige est un exercice de planification qui a pour but principal de définir et de mettre en place les moyens pour assurer l'élimination de la neige dans un lieu autorisé par le Ministère. Ce programme devait être approuvé par le Ministère au plus tard le 1<sup>er</sup> novembre 1999, pour les corrections apportées aux lieux d'élimination non autorisés. Cette approbation ne soustrait en aucun cas l'exploitant de présenter une demande pour les mesures correctives du Programme qui requièrent une autorisation environnementale en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE).

Le 31 décembre 2020, conjointement à l'entrée en vigueur du *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement* (REAFIE), le *Règlement sur la gestion de la neige, des sels de voirie et des abrasifs* (RNeige) est entré en vigueur et a remplacé le règlement de 1997. Notons que le RNeige vise aussi les centres d'entreposage et de manutention des sels de voirie et des abrasifs (CEMS), soumis dorénavant à une autorisation en vertu du paragraphe 10 du premier alinéa de l'article 22 de la LQE ou à une déclaration de conformité en vertu de l'article 293 du REAFIE. Ce guide ne traite pas le volet CEMS.

À la lumière de tous les changements mentionnés, l'objet du *Guide* est de fournir aux concepteurs et aux exploitants municipaux et privés du Québec une aide technique, mise à jour, relativement au choix, à l'aménagement et à l'exploitation des lieux d'élimination de neige. Ce guide est aussi destiné à l'usage interne du Ministère, soit pour les analystes responsables de la délivrance des nouvelles autorisations ministérielles (AM) ou de leurs modifications, ainsi que pour les inspecteurs affectés au contrôle environnemental pour s'assurer de la conformité des installations.

Ce guide tient compte également des recommandations du rapport du commissaire au développement durable (VGQ, 2021) et des actions entreprises, à court et moyen terme, par le Ministère. Ces actions visent principalement à assurer l'évolution des pratiques en vigueur de manière à protéger l'environnement des contaminants contenus dans les neiges usées et d'optimiser les activités de contrôle des LEN permettant de veiller au respect de la législation environnementale.

## 2. La neige : une contrainte en milieu urbain

## 2.1 Problématique

La neige et la glace en hiver peuvent nuire sérieusement à notre mobilité, que ce soit à pied ou peu importe le mode de transport. Pour cela, l'utilisation de fondants et d'abrasifs, tels que les sels de voirie et le sable, s'avère nécessaire. Le sel le plus couramment utilisé pour l'entretien hivernal est le chlorure de sodium (NaCl), appliqué sur les routes, les trottoirs et les aires de stationnement, car il s'agit d'un déglaçant efficace lorsque les températures varient de 0 °C à -12 °C (Lacasse et coll., 2014). Tel que le démontrent Lacasse et coll. (2014), les chlorures se retrouvent principalement dans l'environnement à la suite de l'épandage de chlorure de sodium (principal fondant routier) et de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) (deuxième fondant et principal abat-poussière). Dans une moindre mesure, le chlorure de magnésium (MgCl<sub>2</sub>) est également utilisé. Puisque leur efficacité est moindre que celle des deux autres sels, il faut donc en épandre davantage, ce qui nuit à l'environnement (Lacasse et coll., 2014). Le chlorure de sodium et le chlorure de calcium ont été largement étudiés depuis de nombreuses années pour leur efficacité et leurs effets potentiels sur l'environnement (Environnement Canada, 2004). Des études ont montré que le déglçage au sel réduit les accidents de 88 % et les blessures de 85 % (Salt Institute, 2017).

Bien que le sel soit relativement peu coûteux à l'achat, il existe un certain nombre de répercussions associées à son utilisation. Celles-ci incluent la corrosion des véhicules et des infrastructures comme les structures en béton, les ponts et les conduites d'eau; les dommages et les taches à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments; la dégradation de la végétation et la contamination des sols en bordure de route; ainsi que la contamination de l'eau douce (Lacasse et coll., 2014).

L'optimisation des opérations hivernales est donc essentielle pour les villes des régions froides, car les budgets sont limités et des quantités excessives de sable et de sel de voirie peuvent grandement nuire à l'environnement. Un examen des politiques d'entretien hivernal dans les grandes villes canadiennes a montré que les autoroutes, les zones commerciales et les routes empruntées par les transports en commun et menant aux lieux d'urgence sont traitées en priorité. Sur ces routes, la neige s'entasse sur les côtés jusqu'à ce qu'elle rétrécisse la largeur de la route et réduise la visibilité des conducteurs. À ce moment, les amas de neige sont transportés vers des emplacements spéciaux de stockage ou vers des LEN (Nassiri, S. et coll., 2015). En plus de considérer la pollution occasionnée par le transport des neiges usées, leur accumulation dans un LEN occasionne plusieurs problématiques environnementales.

Tout d'abord, les neiges usées contiennent des matières qui constituent une pollution mixte : organique (résidus de feuilles d'arbres tombées à l'automne, hydrocarbures, etc.) et inorganique (chlorures, métaux, etc.). Lorsque les réseaux sont séparatifs, les eaux de ruissellement résultant des précipitations et de la fonte des neiges qui s'écoulent des milieux urbains sont acheminées dans les milieux aquatiques avec peu ou pas de traitement et peuvent avoir des effets toxiques directs sur les organismes aquatiques. Les eaux de fonte des neiges usées s'infiltrent dans le sol et se dispersent par ruissellement, contaminant les eaux de surface, les eaux souterraines, les sols et les écosystèmes adjacents situés en aval. Une augmentation de la salinité et de la concentration de matières en suspension (MES) est appréhendée dans les eaux de surface. En effet, dans les écosystèmes d'eau douce, l'augmentation de la salinité peut mener à la formation d'une halocline qui aura une influence sur la faune et la flore indigènes. De plus, l'amoncellement de neiges usées représente, pour les municipalités, un volume important d'eau de fonte à gérer, qui s'écoule plus ou moins rapidement selon les conditions météorologiques. Après la fonte des neiges usées, si le LEN n'est pas nettoyé, des matières résiduelles et de nombreux débris de toutes sortes peuvent être transportés au gré des vents ou entraînés par les eaux de ruissellement vers l'aval du LEN.

Bien que leurs effets délétères soient reconnus, la gestion et le traitement des eaux de fonte des neiges sont limités, en partie en raison d'un manque de données sur leurs caractéristiques physico-chimiques et sur la charge en contaminants qu'elles contiennent (Popick, H. et coll., 2022), mais aussi et surtout, en raison de l'inefficacité des systèmes de traitement à éliminer les substances dissoutes.

## 2.2 Stratégie municipale de gestion des neiges usées au Québec

En 2006, le gouvernement du Québec adopte une vision à long terme basée sur le social, l'environnement et l'économique en sanctionnant la *Loi sur le développement durable*. C'est dans ce sens que le ministère

des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMD) élabore sa [Stratégie de développement durable 2009-2013](#) qui stipule qu'il s'engage à coordonner l'élaboration d'une stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie et sa mise en œuvre.

« La Stratégie québécoise pour une gestion environnementale des sels de voirie vise la protection de l'environnement sans nuire à la sécurité routière et à la circulation. Elle s'appuie donc sur une vision à long terme en prenant en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique, vision qu'elle partage avec le développement durable. Cette stratégie, conçue à l'intention des administrations publiques et privées, repose sur la participation volontaire de celles-ci. En acceptant d'y souscrire, elles contribueront à la réduction des effets des sels de voirie sur l'environnement. Une telle gestion doit prendre en compte les impacts environnementaux des activités liées aux sels de voirie — l'approvisionnement, l'entreposage, l'épandage et l'élimination de la neige — tout en assurant "l'équilibre durable" avec les deux autres objectifs que sont la sécurité routière et le maintien de la circulation des personnes et des biens. La Stratégie propose aux administrations d'élaborer et de mettre en œuvre leur propre plan de gestion environnementale des sels de voirie. »

Par gestion de la neige, il faut entendre à la fois l'entreposage, l'épandage des sels de voirie et d'abrasifs ou de fondants, le déblaiement des voies, ainsi que le chargement et l'élimination de la neige ramassée.

Selon cet extrait du rapport du vérificateur général du Québec (VGQ, 2021), « l'exploitation des lieux d'élimination de neige relève de la responsabilité des municipalités ou d'entreprises privées. Quant au déneigement des voies de circulation, il est sous la responsabilité du MTMD ou des municipalités. Ces derniers peuvent engager un sous-traitant afin qu'il effectue le déneigement pour leur compte. Les stationnements (p. ex., centres commerciaux), quant à eux, sont déneigés par des entrepreneurs privés ».

Il est mentionné également dans ce rapport que les municipalités de la partie méridionale du Québec reçoivent annuellement 200 à 350 cm de neige. Pour assurer la protection adéquate des citoyens et faciliter leurs déplacements en toute sécurité, les municipalités doivent déblayer les voies de circulation enneigées dans un délai raisonnable en tenant compte des différentes réalités et contraintes des milieux urbains, périphériques et ruraux. Les LEN constituent eux-mêmes une contrainte en milieu urbain. Pour cela, il revient aux municipalités d'offrir un service de qualité conforme aux attentes des citoyens et adapté aux particularités de leur territoire si le LEN est situé dans la zone urbaine (ce qui altère l'esthétique du milieu) ou en périphérie de la ville (ce qui augmente l'empreinte écologique). Ce service doit à la fois avoir le moins d'effets possible sur l'environnement et limiter les répercussions économiques associées aux chutes de neige. La qualité du service offert sera généralement proportionnelle aux coûts de gestion de la neige.

Toujours dans cette recherche d'un meilleur service au meilleur coût, des municipalités doivent élaborer une stratégie de gestion des neiges usées liée à l'intensité de l'activité économique qui s'y déroule ainsi qu'à l'importance de la circulation. Les secteurs de plus grande circulation devraient être déneigés plus fréquemment afin d'assurer une sécurité maximale. La gestion des [activités d'entretien hivernal confiées aux municipalités](#) ainsi que des [opérations d'entretien hivernal](#) des routes par le MTMD relève de la responsabilité des directions générales territoriales couvrant l'ensemble du Québec. Toutefois, les politiques des villes en matière de niveau de service varient et sont propres à chaque municipalité. Les différentes directions générales doivent chaque année planifier, organiser, diriger, réaliser et contrôler l'ensemble des activités visant à assurer la mobilité et la sécurité des personnes et des biens circulant sur le réseau routier. Toute municipalité souhaitant convenir d'une entente avec le MTMD quant au déneigement et au déglçage de sections du réseau routier supérieur situées dans ses limites doit contacter la [direction générale du territoire](#) concerné afin qu'une négociation soit entamée et qu'une entente soit éventuellement convenue et signée par les parties.

Il existe plusieurs guides et publications sur les [Meilleures pratiques — ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec \(gouv.qc.ca\)](#) sur le site du MTMD. Par exemple, les écoroutes d'hiver sont considérées comme un mode d'entretien hivernal alternatif qui présente des avantages sur le plan environnemental et permet, notamment, de réduire les effets des fondants sur les zones plus vulnérables aux sels de voirie.

### 3. Qualité de la neige en milieu urbain

Cette section présente les différentes sources et concentrations de contaminants qui se retrouvent dans les eaux de fonte des neiges et rapportées dans la littérature. Le Ministère s'est basé sur la recherche scientifique et la mise à jour en lien avec la qualité de l'eau de fonte, la dynamique de fonte, mais aussi les pistes de solutions sur la saine gestion des neiges usées.

En effet, lorsque les réseaux sont séparatifs, les eaux de ruissellement en milieu urbain résultant des précipitations et de la fonte des neiges sont généralement rejetées dans les plans d'eau récepteurs avec peu ou pas de traitement ou prises en charge par les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées. Les amas de neige qui fondent entraînent des contaminants diversifiés vers les cours d'eau, en fonction de ce qui est épandu comme déglacant ou abrasif, et de ce qui s'accumule sur la neige par dépôt atmosphérique (émissions industrielles, transport, etc.). Il est également connu que les concentrations de polluants varient en fonction de la dynamique de fonte.

#### 3.1 Sources des contaminants

Les sources de contaminants provenant de la fonte des neiges et du ruissellement urbain hivernal s'accroissent pendant les mois d'hiver comparativement aux autres saisons et, par conséquent, la saison hivernale peut produire jusqu'à 60 % de la charge annuelle de certains contaminants. Ces sources de contaminants comprennent les retombées atmosphériques, les dépôts sur les chaussées et en bordure des routes, les agents de déglacage et antidérapants ainsi que certaines sources secondaires (p. ex., des débris ou d'autres matières résiduelles).

Le tableau 1 présente les sources des divers contaminants fréquemment contenus dans la neige en milieu urbain.

**Tableau 1**  
**Principales sources des contaminants contenus dans les neiges usées**

Contaminants	Sources
Débris	Abrasifs, gazon, papiers, plastiques, sols ou autres matières résiduelles
MES	Abrasifs, cendres, particules provenant de la corrosion et de l'usure de véhicules et de structures
Huiles et graisses	Lubrifiants provenant des véhicules
Ions : chlorures (Cl <sup>-</sup> ), sodium (Na <sup>+</sup> ), calcium (Ca <sup>++</sup> ), magnésium (Mg <sup>++</sup> )	Fondants
Métaux : plomb (Pb), manganèse (Mn), fer (Fe), chrome (Cr), cuivre (Cu), nickel (Ni), mercure (Hg), cadmium (Cd), vanadium (V), zinc (Zn), aluminium (Al)	Corrosion et usure de véhicules et de structures (routes, bâtiments), gaz d'échappement
Turbidité*	Particules colloïdales

\* Indicateur de contamination métallique.

### 3.2 Concentration des contaminants

Le tableau 2 présente des valeurs minimales et maximales des concentrations, selon les études consultées de 1985 à 2017, des divers contaminants contenus dans les neiges usées.

**Tableau 2**  
**Concentrations des différents contaminants contenus dans les neiges usées selon différentes études scientifiques sur différents sites**

Contaminants	Concentrations (mg/l)	
	Minimale	Maximale
Aluminium	1,7 <sup>a</sup> ; 0,7 <sup>b</sup> ; 14,4 <sup>c</sup> ; 5,8 <sup>d</sup>	9,3 <sup>a</sup> ; 12,7 <sup>b</sup> ; 28,4 <sup>c</sup> ; 18,6 <sup>d</sup>
Cadmium	0,00003 <sup>a</sup> ; 0,00003 <sup>b</sup> ; 0,00018 <sup>c</sup> ; 0,00005 <sup>d</sup> ; 0 <sup>e</sup> ; Inférieur au seuil de détection (ISD) <sup>g</sup>	0,00008 <sup>a</sup> ; 0,00016 <sup>b</sup> ; 0,00039 <sup>c</sup> ; 0,00026 <sup>d</sup> ; 0,000018 <sup>e</sup> ; 0,00001 <sup>g</sup>
Calcium	21 <sup>a</sup> ; 54 <sup>b</sup> ; 48 <sup>c</sup> ; 48 <sup>d</sup> ; 67 <sup>e</sup>	33 <sup>a</sup> ; 76 <sup>b</sup> ; 88 <sup>c</sup> ; 192 <sup>d</sup> ; 284 <sup>e</sup>
Chlorures	57 <sup>e</sup> ; 80 <sup>f</sup> ; 325 <sup>g</sup>	1054 <sup>e</sup> ; 1200 <sup>f</sup> ; 1210 <sup>g</sup>
Chrome	0,0021 <sup>a</sup> ; 0,001 <sup>b</sup> ; 0,0248 <sup>c</sup> ; 0,0099 <sup>d</sup> ; 0,000026 <sup>e</sup> ; ISD <sup>g</sup>	0,0197 <sup>a</sup> ; 0,023 <sup>b</sup> ; 0,0511 <sup>c</sup> ; 0,0377 <sup>d</sup> ; 0,000319 <sup>e</sup> ; 0,00002 <sup>g</sup>
Cuivre	0,007 <sup>a</sup> ; 0,004 <sup>b</sup> ; 0,046 <sup>c</sup> ; 0,020 <sup>d</sup> ; 0,000048 <sup>e</sup> ; 0,00002 <sup>g</sup>	44 <sup>a</sup> ; 39 <sup>b</sup> ; 111 <sup>c</sup> ; 89 <sup>d</sup> ; 0,401 <sup>e</sup> ; 0,04 <sup>g</sup>
Débris	5888 <sup>k</sup>	110000 <sup>j</sup>
Fer	1,8 <sup>a</sup> ; 1,1 <sup>b</sup> ; 22,8 <sup>c</sup> ; 8,8 <sup>d</sup> ; 8,4 <sup>e</sup>	15,3 <sup>a</sup> ; 18,1 <sup>b</sup> ; 48,3 <sup>c</sup> ; 32 <sup>d</sup> ; 128,1 <sup>e</sup>
Huiles et graisses	13 <sup>h</sup> ; 16 <sup>i</sup>	29 <sup>j</sup> ; 105 <sup>k</sup>
Magnésium	8,8 <sup>e</sup>	77,8 <sup>e</sup>
Mercurure	ISD <sup>g</sup>	0,01 <sup>g</sup>
MES	34 <sup>a</sup> ; 24 <sup>b</sup> ; 654 <sup>c</sup> ; 227 <sup>d</sup> ; 248 <sup>e</sup> ; 8,2 <sup>h</sup>	733 <sup>a</sup> ; 468 <sup>b</sup> ; 1381 <sup>c</sup> ; 1224 <sup>d</sup> ; 5585 <sup>e</sup> ; 28 <sup>h</sup>
Nickel	0,0031 <sup>a</sup> ; 0,002 <sup>b</sup> ; 0,029 <sup>c</sup> ; 0,0111 <sup>d</sup> ; 0,000013 <sup>e</sup>	0,0215 <sup>a</sup> ; 0,0205 <sup>b</sup> ; 0,0541 <sup>c</sup> ; 0,0408 <sup>d</sup> ; 0,000203 <sup>e</sup>
Plomb	0,0019 <sup>a</sup> ; 0,0011 <sup>b</sup> ; 0,018 <sup>c</sup> ; 0,0054 <sup>d</sup> ; 0,000136 <sup>e</sup> ; 0,000048 <sup>f</sup>	0,0103 <sup>a</sup> ; 0,0134 <sup>b</sup> ; 0,0438 <sup>c</sup> ; 0,0342 <sup>d</sup> ; 0,001078 <sup>e</sup> ; 0,000173 <sup>f</sup>
Potassium	3 <sup>a</sup> ; 4,6 <sup>b</sup> ; 7,3 <sup>c</sup> ; 4,6 <sup>d</sup>	6,5 <sup>a</sup> ; 7,8 <sup>b</sup> ; 12,8 <sup>c</sup> ; 11,7 <sup>d</sup>
Sodium	2,5 <sup>a</sup> ; 6,2 <sup>b</sup> ; 14,5 <sup>c</sup> ; 2,8 <sup>d</sup> ; 32 <sup>e</sup>	23 <sup>a</sup> ; 16,5 <sup>b</sup> ; 32,2 <sup>c</sup> ; 15,1 <sup>d</sup> ; 2601 <sup>e</sup>
Vanadium	0,016 <sup>e</sup>	0,277 <sup>e</sup>

Zinc	0,043 <sup>a</sup> ; 0,020 <sup>b</sup> ; 0,000291 <sup>c</sup> ; 0,087 <sup>d</sup> ; 0,000193 <sup>e</sup> ; 0,00004 <sup>g</sup>	0,227 <sup>a</sup> ; 0,226 <sup>b</sup> ; 0,773 <sup>c</sup> ; 0,318 <sup>d</sup> ; 0,00172 <sup>e</sup> ; 0,0005 <sup>g</sup>
------	--	---

a : (Galfi et coll., 2017). Les échantillons analysés proviennent d'une zone verte (parc et forêt urbaine) avec une rue résidentielle à Östersund, en Suède.

b : (Galfi et coll., 2017). Les échantillons analysés proviennent d'un quartier résidentiel avec maisons unifamiliales et terrains gazonnés à Östersund, en Suède.

c : (Galfi et coll., 2017). Les échantillons analysés proviennent d'une zone centrale avec bâtiments institutionnels (universitaires et municipaux), parcs, routes, rues et logements résidentiels à Östersund, en Suède.

d : (Galfi et coll., 2017). Les échantillons analysés proviennent d'un complexe hospitalier avec stationnement et rues environnantes à Östersund, en Suède.

e : (Droste et Johnston, 1993). Les échantillons analysés proviennent de quatre dépôts à neiges usées de la région d'Ottawa (LeBreton Flats [n = 3], Moodie Drive [n = 3], Riverside [n = 12], Shefford [n = 4]).

f : (Droste et Johnston, 1993). Tiré de (Richards et coll., 1973). Les échantillons analysés proviennent d'un site d'entreposage des neiges usées dans la région d'Ottawa.

g : (Evans et Frick, 2001). Tiré des données du SMSENU Kennedale dans la ville d'Edmonton. Données de 1998. Edmonton a mis en place des aires de confinement pour accumuler les eaux de fontes et permettre la sédimentation des particules et des nombreux contaminants adsorbés (n = 5).

h : (Paradis, 1993). Les échantillons analysés proviennent d'un secteur résidentiel.

i : (Leduc, 1987). Les échantillons proviennent d'un secteur mixte.

j : (Lapointe, 1991). Les échantillons proviennent d'un secteur mixte.

k : (Zinger, 1985). Les échantillons proviennent d'un secteur mixte.

### 3.2.1 Débris

Les débris sont des solides grossiers, de diamètre supérieur à 63 µm, ou, selon d'autres auteurs, des solides décantables ou flottables malgré une agitation. Les débris peuvent représenter 1 à 4 % du volume des neiges usées (Delisle, 1991). Ces pourcentages peuvent paraître faibles, mais ils correspondent à plusieurs milliers de milligrammes par litre (mg/L).

Dans le cadre des études consultées, c'est le paramètre le moins mesuré, comme on peut le constater dans le tableau 2.

- **Comparaison avec les eaux pluviales**

La concentration des débris est plus élevée dans la neige que dans les eaux de pluie pour les raisons suivantes.

- **La mécanisation de la collecte de la neige**

Il faut utiliser beaucoup d'énergie pour déplacer les débris, compte tenu de leur grosseur. Lors du ramassage de la neige, cette énergie est déployée par les chargeurs, les souffleuses et les camions. Il devient donc très facile de transporter de grandes quantités de sable, de gravier et d'ordures avec de la neige, ce que l'eau de pluie ne peut faire qu'en faible quantité.

- **L'absence de dégrillage**

L'entraînement des débris par l'eau de ruissellement dans l'égout pluvial est habituellement limité par des grilles. Or, ce prétraitement est rarement utilisé pour les eaux de fonte issues des neiges usées déversées directement dans l'environnement. L'intérêt serait donc de concevoir la plateforme de telle sorte que les gros débris soient retenus sur place et facilement récupérés au printemps.

- **L'épandage d'abrasifs**

Les abrasifs sont épandus uniquement en hiver et s'incorporent à la neige ramassée et stockée au LEN.

### 3.2.2 Matières en suspension

Les matières en suspension sont, selon le *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, des solides gardés en suspension par agitation qui possèdent un diamètre supérieur à 2 µm, ou selon Zinger et coll. (1985), des solides de 0,45 à 63 µm.

Bien qu'étant en concentration inférieure aux débris, les MES contiennent 79 % des métaux lourds. Les débris et les MES sont les contaminants majeurs des neiges usées. Puisque les débris et la fraction décantable des MES peuvent être facilement retenus, des actions doivent être prises pour prévenir leur rejet dans l'environnement.

### 3.2.3 Huiles et graisses

Les huiles et les graisses dans les neiges usées peuvent atteindre 13 à 105 mg/L (tableau 2). On peut les observer sous forme de film à la surface des eaux de fonte des neiges ou des eaux à l'exutoire. Les huiles et les graisses sont en quantité inférieure aux débris et aux MES, mais une faible concentration d'huiles et de graisses, notamment de la fraction flottante, peut être nuisible à l'environnement; elles sont relativement faciles à retenir dans un plan d'eau muni d'un déflecteur ou avec des boudins absorbants. Concernant les boudins, il est important de procéder à leur remplacement lorsque leur capacité d'absorption est atteinte ou aux fréquences recommandées par leurs fabricants.

### 3.2.4 Ions

La présence des ions dans la neige est principalement due à l'épandage de fondants. Une partie des fondants est entraînée avec les eaux de fonte sous forme d'ions vers le drainage des voies de circulation. Le reste des fondants demeure dans la neige. Le sodium (Na<sup>+</sup>), le chlorure (Cl<sup>-</sup>) et le calcium (Ca<sup>2+</sup>) sont les composants majeurs des sels de déglçage. Une concentration excessive de ces ions peut nuire à la vie aquatique et causer des problèmes s'ils se retrouvent dans des eaux servant à l'alimentation ou à l'irrigation.

### 3.2.5 Métaux

Les métaux apparaissent majoritairement à 79 % sous forme particulaire (MES de **0,45 < x < 63 µm**), 19 % sous forme insoluble (**x > 63 µm**) et 2 % sous forme soluble (**x < 0,45 µm**) (Zinger et coll., 1985).

## 3.3 Variabilité des contaminants

Il y a plusieurs facteurs qui influencent les concentrations rapportées de contaminants dans les neiges usées. Ces facteurs peuvent être d'ordre analytique, climatique et humain.

Pour le facteur analytique, Lapointe (1991) mentionne que :

- l'échantillonnage est problématique à cause de l'hétérogénéité des neiges usées en milieu urbain;
- l'échantillonnage des andains sur les bords des rues lors des premiers déblaiements peut sous-estimer la concentration de polluants;
- de petits volumes peuvent surévaluer ou sous-évaluer certaines concentrations de paramètres des neiges usées.

Plusieurs paramètres (contaminants) ont été analysés dans les neiges usées. Il est important que les paramètres choisis indiquent adéquatement la qualité des neiges usées. Plusieurs paramètres sont relativement faciles à analyser. Toutefois, certains peuvent voir leurs valeurs faussées par des interférences ou des manipulations analytiques difficiles. Deux de ces paramètres sont la demande chimique en oxygène (DCO) et les débris. Ainsi, la DCO n'est plus mesurée et les débris sont rarement mesurés.

Selon Paradis et coll. (1993), les concentrations de contaminants dans les neiges usées peuvent être influencées par la quantité de neige tombée durant une précipitation ou par une période de fonte. Même si la circulation générerait un taux de pollution constant, la diversité des chutes de neige entraînerait automatiquement une variation dans la concentration des contaminants.

Durant une période de fonte, les chlorures seront les premiers évacués avec l'eau de fonte, ce qui entraînera une augmentation de la concentration des débris et de MES, puisque ceux-ci demeurent majoritairement dans le LEN.

L'activité humaine influence également la concentration des contaminants dans les neiges usées (Paradis et coll., 1993). La circulation, les retombées des cheminées, les ordures diverses ainsi que l'épandage des abrasifs et des fondants sont les principaux agents de contamination d'origine humaine. Le temps de séjour de la neige au sol avant son enlèvement influence aussi sa concentration en contaminants.

En résumé, la comparaison des différents facteurs a fait ressortir les constatations suivantes :

- 1) Les neiges usées des secteurs résidentiels sont trop contaminées pour être rejetées directement dans les cours d'eau;
- 2) Les neiges usées des secteurs mixtes contiennent des concentrations de contaminants plus élevées que celles de secteurs résidentiels;
- 3) L'importance des contaminants varie en fonction de la dynamique de fonte. Durant la première phase de fonte, le chlorure est le contaminant le plus important tandis que, lors de la dernière phase de fonte, les débris et les MES sont les plus importants. Les débris sont le contaminant pour lequel on possède le moins d'analyses malgré le fait que ce soit le contaminant dont les concentrations mesurées sont les plus élevées;
- 4) La concentration des contaminants peut varier davantage d'une précipitation à l'autre pour une même municipalité et d'une municipalité à l'autre pour une même tempête. Cette constatation rend impossible une quantification exacte et unique de la concentration de contaminants des neiges usées pour une municipalité.

## 4. Effets potentiels des contaminants contenus dans les neiges usées

Tel que cela a été mentionné dans les sections précédentes, les neiges usées constituent un réservoir de contaminants. Ces contaminants qui entrent dans l'environnement sont introduits dans le sol, l'eau et l'air. Ils peuvent se retrouver à divers échelons de la chaîne alimentaire, nuisant aux producteurs (les plantes), aux consommateurs primaires et secondaires (les animaux) et, finalement, à l'être humain.

Notons que les activités anthropiques, comme les pratiques de pousser ou de souffler la neige dans des milieux humides ou hydriques, sont susceptibles d'augmenter les effets négatifs de ces contaminants.

Les rejets d'eaux de ruissellement issus des fontes de neige peuvent avoir des effets physiques, chimiques, biologiques et combinés sur les eaux réceptrices et ainsi nuire à leur qualité, à leurs écosystèmes et à leurs utilisations bénéfiques.

### 4.1 Effets sur les organismes aquatiques



Au-delà des concentrations de chlorures des eaux de surface, un nombre important d'espèces pourrait subir un effet létal. Les chlorures peuvent avoir des effets toxiques nocifs et présenter une toxicité chronique à de plus faibles concentrations pour les organismes aquatiques. Certaines concentrations plus faibles encore peuvent avoir un effet sur la structure des populations et des communautés d'algues, notamment (Santé Canada, 2001).

La salinité est une mesure de la teneur totale en sels de l'eau. L'eau est caractérisée en fonction de sa salinité. Les lacs d'eau douce ont une salinité inférieure à 500 mg/L. La salinité des lacs subsalins varie de 500 à 3 000 mg/L, et celle des lacs salins dépasse 3 000 mg/L (Evans et Frick, 2001). Lorsqu'on ajoute des sels de chlorures à des systèmes d'eau douce (p. ex., par l'épandage de sels de voirie), les sels se dissolvent et se dissocient pour libérer les ions qui les composent, ce qui accroît directement la salinité des systèmes récepteurs (Evans et Frick, 2001). La salinité est un facteur déterminant pour la survie et la distribution des invertébrés et des poissons d'eau douce (Holland et coll., 2010). Les lacs salins naturels au Canada (qui renferment pour la plupart surtout du  $\text{SO}_4^{2-}$  et du  $\text{CO}_3^{2-}$  et, de manière relativement rare, du Cl<sup>-</sup>) sont des systèmes où la biodiversité est limitée (Derry et coll., 2003). La plupart des organismes vivant dans ces systèmes sont sténohalins, c'est-à-dire qu'ils ne tolèrent que de faibles variations de la salinité. On dénombre également certains organismes euryhalins, soit les organismes capables de tolérer une vaste gamme de salinités et de s'y adapter (Derry et coll., 2003; Holland et coll., 2010).

Les organismes d'eau douce sont habituellement hyperosmotiques, c'est-à-dire que le soluté (ou la concentration de sels) est plus concentré à l'intérieur de l'organisme que dans l'eau environnante (RCQE, 2011). Ces derniers doivent donc constamment excréter de l'eau afin de maintenir l'équilibre, ce qui entraîne une perte de soluté (Holland et coll., 2010). Les organismes d'eau douce doivent ainsi absorber des ions afin de compenser cette excrétion, ce qui peut entraîner une dépense énergétique importante, jusqu'à l'atteinte du seuil d'intolérance qui leur est propre (Holland et coll., 2010). L'augmentation des concentrations en chlorures dans les eaux de surface provoque un accroissement de la salinité qui a un effet sur la capacité de certains organismes (chez les sténohalins plus que chez les euryhalins) à assurer l'osmorégulation, ce qui peut avoir une incidence sur l'équilibre endocrinien, la consommation d'oxygène après les expositions chroniques et les variations globales des processus physiologiques (Holland et coll., 2010). Chez les invertébrés comme chez les poissons, les branchies sont le principal site de l'osmorégulation et de l'absorption active des sels perdus (RCQE, 2011). La pompe à sodium ( $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPase) est le principal mécanisme qui permet aux ions de traverser les branchies chez les animaux aquatiques (RCQE, 2011). Le mécanisme d'osmorégulation employé dépend du stade de vie de l'organisme (RCQE, 2011). Par exemple, avant le stade larvaire, la peau constitue l'organe principal par lequel est assurée l'osmorégulation chez les poissons, alors qu'aux stades larvaires l'osmorégulation s'effectue par les branchies (Varsamos et Charmantier, 2005). Les insectes, quant à eux, possèdent un réseau de tubes de Malpighi reliés à des cellules sécrétoires qui s'étend dans une bonne partie de la cavité du corps et qui joue un rôle dans la réabsorption des ions (Dettner et Peters, 1999). Dans le cas des œufs de salamandre maculée (*Ambystoma maculatum*), aucune perturbation de l'osmorégulation n'a été observée (RCQE, 2011). Toutefois, les changements à l'échelle de la composition chimique de la membrane de la capsule des œufs (pérovitelline) sont susceptibles d'induire une modification de l'osmorégulation, tel que cela a été observé dans des masses d'œufs exposées à des conditions fortement acides (Karraker et Gibbs, 2011). Comme dans le cas d'une exposition à un acide, l'exposition à des concentrations élevées de chlorures pourrait rendre la membrane de la capsule plus rigide, en réduire la perméabilité et, par conséquent, nuire à l'absorption d'eau (Karraker et Gibbs, 2011).

Le document relatif aux [Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — chlorures \(ccme.ca\)](#) explique plus en détails les effets des chlorures sur les organismes aquatiques ainsi que les facteurs modifiant la toxicité.

## 4.2 Effets sur les cours d'eau

La salinité naturelle des eaux de surface provient du contact de l'eau de ruissellement avec les roches se trouvant dans les bassins versants, des précipitations atmosphériques et de l'équilibre entre l'évaporation et les précipitations (Jones et coll., 1986). Depuis plus de 30 ans, une corrélation a été établie entre

l'épandage des sels déglaçant et les fortes concentrations de chlorure dans les eaux de surface (Lacasse et coll., 2014). Ainsi, l'eau qui ruisselle sur les routes transporte les sels en solution et les déverse dans les cours d'eau et les lacs (Jones et coll., 1986).

Les plans d'eau les plus sensibles aux rejets de sels de voirie sont les milieux à faible capacité d'assimilation tels que les petits lacs, les étangs urbains à long temps de séjour, les bassins de rétention d'eau pluviale, les cours d'eau drainant des zones urbaines et les milieux humides situés à proximité des routes (EC et SC, 2001).

Selon Environnement Canada, les apports en sels dissous peuvent perturber le mélange vertical des eaux dans certains lacs (BAPE, 2005). La stratification thermique d'un lac se définit comme la superposition de trois couches (l'hypolimnion en profondeur, le métalimnion au milieu et l'épilimnion à la surface) de température et de densité différente (Lacasse et coll., 2014). Or, une augmentation de salinité entraîne une augmentation de la densité de l'eau et peut mener à une nouvelle dynamique de stratification. La formation d'une halocline en profondeur peut nuire aux échanges entre les différentes couches d'eau, notamment en empêchant que le brassage printanier se produise dans l'ensemble de la colonne d'eau. Cette absence de mélange en profondeur peut entraîner une raréfaction de l'oxygène, une réduction des nutriments ainsi qu'une diminution de la température (Olivier, 2013). Les couches profondes, sans apport en oxygène, deviennent anoxiques, tandis que les couches supérieures s'appauvrissent en nutriments : en surface, les organismes aquatiques ne disposant plus suffisamment de nutriments perdent en productivité et, en profondeur, les organismes morts s'accumulent et la matière organique n'est plus dégradée par les bactéries aérobies (SETRA, 2011). Les espèces floristiques et faunistiques peu tolérantes sont progressivement remplacées par des espèces halophytes. Selon Lacasse et coll. (2014), ce type de perturbation a été observé dans des lacs ayant une concentration de chlorures d'environ 105 mg/L et de sodium d'environ 60 mg/L.

Par ailleurs, une quantité importante de sels peut faciliter la remise en suspension de certains métaux lourds, comme le mercure ou le zinc, emprisonné dans les sédiments (Environnement Canada; Santé Canada, 2001). Les échanges ioniques sont perturbés : par exemple, le relargage de l'azote se fera principalement sous la forme d'ammoniac plutôt que de nitrates, à la suite d'une carence en oxygène (Evans et Frick, 2001). L'ammoniac est une forme de composé azoté plus toxique pour de nombreux organismes, particulièrement les poissons (Wetzel, 2001). Concernant les effets des chlorures, ces derniers étant très solubles et mobiles, ils ne se volatilisent pas et ne précipitent pas facilement (Lacasse et coll., 2014). Dans les écosystèmes dulcicoles, ils ont un comportement « conservateur », c'est-à-dire que les réactions chimiques et biologiques n'influencent pas sa concentration (Environnement Canada et Santé Canada, 2001). Les chlorures peuvent s'accumuler dans les eaux souterraines et remonter jusqu'aux eaux de surface où ils dégradent la qualité de la source d'eau douce (Lacasse et coll., 2014).

Le milieu récepteur peut être plus ou moins modifié par ces contaminants, selon sa sensibilité. Le déversement de chlorures n'a pas les mêmes effets si le milieu récepteur est l'estuaire (saumâtre/salin) du Saint-Laurent que si c'est un lac d'eau douce avec un faible renouvellement (Lacasse et coll., 2014). De même, le déversement de matières en suspension n'a pas les mêmes effets si celui-ci se produit dans un milieu récepteur sensible (frayère, marais, etc.) que si le milieu récepteur est perturbé naturellement (cours d'eau au pied d'une falaise constituée de matériaux friables).

### **4.3 Effets sur le sol**

Une fois que les sels pénètrent dans le sol par la percolation de l'eau, ils influencent sa salinité, son alcalinité et ses caractéristiques comme l'humidité, la pression osmotique, le pH et l'épaisseur; cette infiltration entraîne la dégradation de la structure, la floculation de l'argile, une perte d'aération et de perméabilité (Jones et coll., 1986; SI, 2004). La structure du sol est principalement altérée par l'échange de l'ion calcium pour l'ion sodium (Jones et coll., 1986; Norrström et Bergstedt, 2001). La plupart des effets portant sur la lithosphère sont causés par le sodium remplaçant le calcium au cours des échanges ioniques (Lacasse et coll., 2014). Lorsque le sol est sodique, c'est-à-dire saturé en sodium et donc comportant peu de calcium et de magnésium, la structure commence à se détériorer. Le seuil est considéré à environ 15 %

de la capacité d'échange cationique occupée par du sodium (Westing, 1969). Le pH du sol peut également augmenter jusqu'à 8,4 pour de forte concentration en sels (Lacasse et coll., 2014). Une modification du pH a plusieurs effets. Les colloïdes se dispersent, la matière organique soluble migre vers la surface qui devient alors noire. Ces sols sont mal aérés et insuffisamment humides (Brandt et coll., 1973). De plus, la perméabilité du sol décroît avec l'augmentation de la concentration de sels. Dans les cas extrêmes, une croûte de sel peut même se former (Lebel, 1992). Selon Lacasse et coll. (2014), le sel dans le sol a aussi pour effet d'augmenter la pression osmotique de ce dernier. Hanes et coll. (1976) ont montré qu'un sol avec une concentration de 1 080 ppm de sodium et de 2 577 ppm de chlore affichait une pression osmotique de 1,5 atm, mais à la suite de l'écoulement printanier, la pression était de 0,5 atm. Tous ces changements ont des conséquences sur l'activité microbienne du sol qui décroît (Lacasse et coll., 2014). Les bactéries qui s'y trouvent peuvent être perturbées pour des concentrations variant de 90 à 150 mg/L de chlorure et 60 mg/L de sodium (Environnement et Santé Canada, 2001). Enfin, l'accumulation de ces polluants (pendant plusieurs années) dans le sol le contamine et, par conséquent, contamine subséquemment la nappe phréatique.

#### 4.4 Effets sur la végétation

Les sels de voirie peuvent également causer des dommages à la végétation par l'intermédiaire du sol, mais aussi par la voie des airs. Les ions chlorures et sodium sont considérés comme les ions les plus toxiques pour les plantes. Les études portent principalement sur les effets du chlorure de sodium à cause de son utilisation intensive. En général, les concentrations maximales dans le sol pour la protection de la végétation sensible sont de 68 mg/L de sodium et de 215 mg/L de chlorure (Lacasse et coll., 2014). Toutefois, des dommages sont observés pour 16 ppm de sodium et 30 ppm de chlorure (Environnement et Santé Canada, 2011). L'assimilation et l'accumulation des chlorures dépendent de la quantité de sels appliquée, de la quantité de sels lessivée, du type de plante, du stade de croissance de la plante, de sa tolérance aux sels et des mécanismes lui permettant de résister à leurs effets (Jones et coll., 1986). Les conifères et les feuillus répondent différemment aux sels (Lacasse et coll., 2014). Le métabolisme des conifères demeure actif durant toute l'année et ces derniers sont plus vulnérables que les feuillus aux sels atmosphériques (embruns routiers; Jones et coll., 1986; Kelsey et Hootman, 1992). De plus, la tolérance aux sels varie selon les espèces. Ainsi, le long des routes, les espèces tolérantes colonisent ou augmentent leurs populations en prenant la place des espèces non tolérantes qui disparaissent. Ces effets peuvent être observés jusqu'à une distance de 30 m de la route (Jones et coll., 1986).

Tous les végétaux n'ont pas la même tolérance aux fondants : les arbres sont les premiers atteints (Lacasse et coll., 2014). On ne devrait pas trouver plus de 150 mg/L de chlorures dans les eaux d'irrigation (McNeely et coll., 1980). L'augmentation de la concentration en  $\text{Na}^+$  dans le sol peut empêcher les végétaux d'absorber l'ion  $\text{K}^+$  indispensable à la croissance végétale (Lacasse et coll., 2014). De même, une forte concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  inhibe l'absorption de  $\text{Na}^+$  et de  $\text{K}^+$  (SETRA, 2011). Il est à noter que des dommages à la végétation ont été constatés pour des concentrations de 16 mg de Na/kg de sol et de 30 mg de Cl/kg de sol (SETRA, 2011). Enfin, il peut y avoir un stress toxique, puisque le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{Cl}^-$  deviennent toxiques pour les cellules végétales en grandes concentrations (Lacasse et coll., 2014). Dans les cas de moyenne toxicité, la croissance est réduite. Dans les cas graves, la mort des feuilles est observée après un blanchissement de la chlorophylle (Lebel, 1992).

Les effets sur la végétation sont propres au lieu étudié et dépendent de six facteurs : la quantité de sels, le type de sol, les précipitations totales, la distance par rapport à la route, la direction du vent et les espèces de plantes (SI, 2004). La végétation est agressée par les sels qui se trouvent dans le sol, qui s'infiltrent dans la plante par les racines et qui créent un stress osmotique ainsi que par les dépôts atmosphériques (embruns routiers) qui se déposent sur les bourgeons, les feuilles et les branches (Jones et coll., 1986; Kelsey et Hootman, 1992).

#### 4.5 Effets sur l'être humain

Les effets des contaminants contenus dans les neiges usées comprennent des risques pour la santé humaine, engendrés par les métaux lourds et la contamination possible d'une prise d'eau située en aval.

De plus, le déversement de neige dans les cours d'eau, les lacs ou en bordure de ceux-ci peut y laisser des objets acérés (verre, contenant de métal, etc.), dangereux pour la pratique d'activités aquatiques. La détérioration visuelle des cours d'eau, des lacs et des berges peut nuire au bien-être des citoyens et entraver leurs activités ou leur accès.

Le tableau 3 présente un résumé des effets des sels de voirie sur les écosystèmes (tiré d'Environnement Canada et Santé Canada, 2001).

**Tableau 3**  
**Synthèse des répercussions et des effets potentiels des sels de voirie sur les éléments de l'environnement**

Éléments de l'environnement	Effet	Répercussions
Eau de surface	Concentrations élevées de chlorure et de sodium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxique pour certaines espèces de poissons, les algues et les invertébrés.</li> <li>• Nuit au mélange vertical des eaux, entraînant une chute des concentrations d'oxygène en profondeur</li> <li>• Peut libérer des métaux lourds contenus dans les sédiments</li> </ul>
Eau souterraine	Concentrations élevées de chlorure et de sodium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmente la salinité de l'eau potable</li> <li>• Détérioré la qualité de l'eau d'arrosage</li> <li>• Augmente la corrosivité de l'eau</li> <li>• Augmente la salinité du courant de fond alimentant des eaux de surface</li> </ul>
Végétation	Concentrations élevées de chlorure et de sodium dans le sol et l'atmosphère	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet l'invasion des plantes tolérantes au sel</li> <li>• Réduit la productivité des fleurs et des fruits</li> <li>• Nuit à la croissance végétale</li> <li>• Endommage les racines des plantes</li> </ul>
Sol	Augmentation de la salinité du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détérioration de la structure</li> <li>• Perte de la stabilité du sol</li> <li>• Perte de la perméabilité du sol</li> </ul>

## 5. Critères de conception

### 5.1 Adaptation aux changements climatiques

Les municipalités doivent se doter d'outils efficaces en ce qui a trait à la gestion des neiges usées, tant sur les nouveaux aménagements des LEN que sur la réhabilitation des sites fermés. Toutefois, considérant les changements climatiques prévisibles, et par conséquent les changements relatifs aux quantités de neiges à venir, les municipalités doivent prévoir des surcapacités pour répondre aux services requis. Elles doivent également prévoir des sites propres à cet effet, des lieux dont l'historique environnemental est documenté et qui sont approuvés par le Ministère pour les hivers recevant des quantités de neige plus abondantes qu'en moyenne et prévoir un plan de gestion adapté à toutes les conditions telles que l'augmentation des épisodes de verglas nécessitant l'emploi de plus de sel par année. Par ailleurs, le Ministère n'entend plus accepter de sites temporaires (dérogations) qui n'auront pas été préalablement approuvés, ce qui signifie que les villes et les municipalités doivent non seulement prévoir les événements prévisibles, mais également les événements extrêmes (résilience).

## 5.2 Zones compatibles avec l'aménagement des LEN

Un terrain dont le taux de contamination des sols se situe **en deçà du critère B**, tel qu'il a été défini dans le *Guide d'intervention — Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*, ainsi qu'un lieu contaminé dont le sol a été abaissé à un taux inférieur au critère B, **peut être utilisé pour l'aménagement d'un lieu d'élimination des neiges usées**. La nécessité d'imperméabiliser le sol est toujours liée aux conditions hydrogéologiques *in situ*.

Un terrain dont le taux de contamination des sols se situe **entre le critère B et le critère C** tels qu'ils ont été définis dans le [Guide d'intervention — Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés](#), **pourrait éventuellement être utilisé pour l'aménagement d'un lieu d'élimination des neiges usées, mais avec les réserves suivantes :**

- **Avec ou sans imperméabilisation** (selon les conditions hydrogéologiques) à la suite d'une étude de caractérisation exhaustive des sols et des eaux souterraines du terrain visé, qui démontre la non-contamination des eaux souterraines et le faible potentiel de lixiviation des contaminants contenus soumis, entre autres, aux effets des chlorures contenus dans les eaux de fonte;
- Avec un suivi dans les eaux souterraines des paramètres non conformes dénombrés dans les sols lors de l'étude de caractérisation, en plus des divers paramètres usuels (chlorures, huiles et graisses, etc.);

ou

- **Avec une imperméabilisation** du lieu d'élimination des neiges usées si l'étude de caractérisation démontre une contamination des eaux souterraines ou un risque de lixiviation des contaminants contenus dans les sols;
- Avec un suivi dans les eaux souterraines des paramètres non conformes dénombrés dans les sols dans le cadre de l'étude de caractérisation, en plus des divers paramètres usuels (chlorures, huiles et graisses, etc.).

## 5.3 Zones incompatibles avec l'aménagement des LEN

Tout terrain proposé **pour l'aménagement d'un lieu d'élimination des neiges usées**, et situé à l'intérieur d'une zone incompatible, ne peut être autorisé par le Ministère. Le tableau 4 présente une liste des zones incompatibles avec l'implantation des LEN.

**Tableau 4**  
**Zones incompatibles avec l'aménagement de lieux d'élimination de neige**

Zones ou usages incompatibles	Dépôt de surface	Chute à l'égout	Fondeuse
Zone inondable de grand courant indiquée dans le schéma d'aménagement de la MRC ou dans le plan d'urbanisme de la municipalité	X	X	X
Zone à l'intérieur de 60 m* d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un étang	X	X	X
Zone inondable de faible courant, zone à 30 m ou plus des milieux humides : marais, marécage, tourbière	X	X	X
Zone de mouvements de terrain	X	X	X
Lieu d'élimination de matières dangereuses	X		
Lieu d'élimination de matières résiduelles	X		
Aires de protection des prélèvements d'eau souterraine	X		
Aires de protection immédiate des prélèvements d'eau de surface	X		
Zone d'intérêt patrimonial, faunique ou esthétique	X	X	X
Zone industrielle désaffectée dont le taux de contamination du sol se situe au-delà du critère C	X		

\* La mesure est effectuée à partir de la limite du littoral telle qu'elle a été définie à l'annexe 1 du *Règlement sur les activités dans des milieux humides, hydriques et sensibles* (RAMHHS, 1<sup>er</sup> mars 2022).

## 5.4 Nuisance liée au bruit

L'une des principales causes de nuisances associées à l'élimination de la neige est le bruit occasionné par l'exploitation d'un LEN. Les instructions relatives au bruit, aux plaintes liées au bruit et aux responsabilités des municipalités sont détaillées dans la [note d'instruction 98-01](#) du gouvernement du Québec. Cette note est utilisée par les analystes des directions régionales du Ministère dans le traitement des demandes d'autorisation, y compris pour les dossiers d'établissement de LEN.

L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a produit le guide [Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie](#), lequel a pour objectif d'aider les MRC, les municipalités et les promoteurs à planifier l'aménagement de leur milieu bâti, de façon à protéger adéquatement du bruit les différents milieux.

## 5.5 Point de rejet

Le choix du point de rejet doit être fait de manière à réduire les effets sur les milieux récepteurs.

L'enlèvement des débris, des MES ainsi que des huiles et des graisses est une étape indispensable avant le rejet des eaux de fonte dans le milieu récepteur. Toutefois, cette étape n'épure pas complètement l'eau de fonte qui contient encore des chlorures et une partie des MES. Durant les premières semaines de fonte, le débit des eaux de fonte est faible, mais celles-ci sont très concentrées en chlorures (de 2 000 mg/L à 6 000 mg/L, selon le territoire). Le débit des eaux de fonte est plus grand à la fin de la période, mais leurs concentrations de chlorures sont alors inférieures à 1 000 mg/L. Le schéma de lessivage des MES est plutôt inversé : les concentrations élevées (environ 500 mg/l) surviennent vers la fin de la période de fonte, alors que les concentrations sont de l'ordre de 100 mg/l au début de la période.

### 5.5.1 Objectifs environnementaux de rejet

Les critères de qualité de l'eau de surface (CQES) servent généralement à évaluer l'état des milieux aquatiques et le risque de contamination des effluents acheminés dans les milieux aquatiques. Cette évaluation de risque est réalisée, pour les rejets ponctuels, avec l'approche des objectifs environnementaux de rejet (OER), lesquels sont établis en considérant les CQES applicables ainsi que les caractéristiques du rejet et du milieu aquatique récepteur. Les OER sont donc propres à chaque point de rejet, selon les caractéristiques de l'effluent et du milieu récepteur, et ils représentent les objectifs à atteindre afin de maintenir les usages de l'eau, notamment des milieux aquatiques équilibrés et adaptés à l'écosystème aquatique.

La zone de rejet des eaux traitées devra tenir compte de la tolérance du milieu récepteur et des usages de l'eau en aval du point de rejet. On doit prioriser des endroits qui favorisent la dilution optimale (les endroits ayant le maximum de débits d'eaux) des matières particulaires et dissoutes afin de minimiser les conséquences immédiates de ces rejets. Pour la protection de la vie aquatique chronique, on ne devrait pas y trouver plus de 120 mg/L de chlorures. Pour protéger la faune aquatique, l'effluent, après dilution, ne devrait pas entraîner une augmentation supérieure à 5 mg/L de MES par rapport à la concentration ambiante, en amont du rejet. Ce critère ne tient cependant pas compte des critères d'esthétisme.

Dans le cas du rejet dans un système d'égout pluvial ou dans un fossé, la dilution se calcule en fonction du milieu récepteur du système d'égout pluvial ou du fossé.

Le calcul de la dilution au point de rejet s'effectue en fonction des débits minimaux pour la période de fonte de la neige et du débit moyen de fonte. Pour le calcul du débit moyen de fonte, la contribution du ruissellement créé par les précipitations sur le site du LEN peut être considérée. Dans cette optique, les concentrations attendues à l'effluent doivent aussi tenir compte de cet apport d'eau qui contribue à la dilution des contaminants. Le détail de la méthode de calcul des OER est disponible dans le document [Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique](#).

La période de fonte recommandée s'étend du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin, mais il est possible qu'une période différente reflète davantage les conditions d'un LEN en particulier. Les débits minimaux doivent être calculés selon les [Lignes directrices pour l'estimation des débits d'étiage sur le territoire québécois](#).

### 5.5.2 Exigences de rejet

Le tableau 5 ci-dessous présente les exigences à respecter pour les MES ainsi que pour les hydrocarbures pétroliers (huiles et graisses minérales) pour un rejet dans l'environnement. Ces exigences diffèrent des critères de qualité de l'eau de surface, ces derniers visant la protection des organismes les plus sensibles. En revanche, les exigences sont des limites liées aux technologies de traitement (nombre limité de paramètres pour le suivi). Un exploitant de LEN doit respecter les deux exigences de rejet présentées dans le tableau.

**Tableau 5**  
**Exigences de rejet dans l'environnement**

Paramètres	Exigences
MES	≤ 50 mg/l
Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	≤ 5 mg/l

## 5.6 Critères environnementaux

Le Ministère considère que l'élimination des neiges usées est une activité susceptible de porter atteinte à la qualité de l'environnement et à la santé humaine et qu'à ce titre elle doit être gérée dans l'optique d'une planification environnementale. Le RNeige a notamment pour buts :

- d'assurer, dans une perspective de développement durable, la protection de l'environnement, la conservation et la mise en valeur de la faune et de son habitat;
- d'améliorer et de conserver la qualité des eaux de façon qu'elles puissent répondre sans risque aux besoins des usagers : alimentation en eau, baignade, activités récréatives, etc.;
- de chercher à atteindre et à maintenir des milieux aquatiques équilibrés qui assurent aux ressources biologiques une évolution normale.

Les eaux de fonte des neiges usées ainsi que les eaux de pluie qui peuvent lessiver le lieu d'élimination doivent être gérées de manière à réduire les concentrations de MES, de métaux, de chlorures ainsi que des huiles et des graisses flottantes pour protéger les milieux récepteurs.

Le tableau 6 présente les CQES pour les contaminants caractéristiques des neiges usées. Les CQES constituent un outil d'évaluation rapide du risque posé par certaines substances pour divers usages des milieux aquatiques, notamment la protection de la vie aquatique, la prévention de la contamination des organismes aquatiques et de l'eau brute ainsi que les activités récréatives.

Par ailleurs, pour certains métaux, les critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique varient selon la dureté du milieu récepteur. Pour ces métaux, les valeurs présentées dans le tableau sont données à titre d'exemple et ont été établies pour des milieux récepteurs d'une dureté de 10 mg/L de CaCO<sub>3</sub> et de 200 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, ce qui représente bien l'amplitude des variations de dureté naturelle des milieux aquatiques du Québec.

**Tableau 6**  
**Critères de qualité de l'eau de surface (CQES)\***

Paramètres	CQES pour la protection de la vie aquatique, effet chronique (CVAC) (mg/L)	CQES pour la protection de la vie aquatique, effet aigu (CVAA) (mg/L)
Aluminium <sup>1</sup>	0,012-1,7	0,018-4,8
Cadmium <sup>2</sup>	0,000049-0,00045	0,00021-0,0043
Chlorures	120	320
Chrome III <sup>2</sup>	0,013-0,15	0,27-3,2



Chrome VI	0,011	0,016
Cuivre <sup>2</sup>	0,0013-0,017	0,0016-0,027
Fer	1,3	3,4
MES	Variable selon le milieu et les concentrations naturelles	-
Nickel <sup>2</sup>	0,0074-0,094	0,067-0,84
Plomb <sup>2</sup>	0,00017-0,0077	0,0044-0,20
Vanadium	0,012	0,11
Zinc <sup>2</sup>	0,017-0,22	0,017-0,22

<sup>1</sup> Pour l'aluminium, la valeur des critères varie en fonction de la concentration en carbone organique dissous (COD), de la dureté et du pH de l'eau. Des exemples sont fournis à l'[annexe 17](#) de la section du site Internet du Ministère portant sur les CQES. Les valeurs présentées dans le tableau 6 correspondent au minimum et au maximum des valeurs recommandées.

<sup>2</sup> Métaux dont la valeur des critères varie en fonction de la dureté de l'eau. Des exemples sont fournis à l'[annexe 12](#) de la section du site Internet du Ministère portant sur les CQES. Les valeurs présentées dans le tableau 6 correspondent à des duretés respectives de 10 et 200 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

\* [Critères de qualité de l'eau de surface \(gouv.qc.ca\)](#)

Alors que les précédents critères visaient la protection des eaux de surface, les seuils d'alerte du tableau 7 concernent plutôt la protection des eaux souterraines. En effet, ces seuils d'alerte constituent des concentrations maximales acceptables pour les prises d'eau potable. En tant que source d'approvisionnement en eau potable, les eaux souterraines doivent respecter ces valeurs.

**Tableau 7**  
**Seuils d'alerte (concentration maximale à respecter pour les prises d'eau potable)\*\***

Paramètres	Concentrations (mg/L)
Aluminium	2,9 (S)
Cadmium	0,007 (S)
Chlorures	250 (OE)
Chrome III	0,05 (S)
Cuivre	2 (S), 1 (OE)
Fer	≤ 0,3 (OE)
Nickel	0,07
Plomb	0,005 (S)
Sodium	< 200 (OE)
Zinc	< 5 (OE)

(OE) : Substances dont les effets sont d'ordre organoleptique (récepteurs sensoriels) ou esthétique.

(S) : Substances autres que cancérigènes susceptibles d'avoir des effets sur la santé.

\*\* Recommandations canadiennes pour la qualité de l'eau, Environnement Canada (RQEPC) (SBSC, 2022).

## 6. Gestion de la neige et des eaux de fonte

Étant donné tous les effets causés par la neige usée, il est primordial de viser à réduire la contamination de la neige, avant de l'acheminer au lieu d'élimination.

### 6.1 Gestion environnementale de la neige

Il est très important de vérifier si le milieu récepteur choisi est le plus apte en considérant son degré de sensibilité aux contaminants. L'intégration des préoccupations environnementales à la gestion de la neige vise à protéger l'environnement sans nécessairement accroître les coûts. En voici quelques exemples.

- ***Entretien des infrastructures, tel le réseau routier***

Le refoulement de la neige en bordure des routes est une méthode environnementale économique. Toutefois, cette neige devra être rapidement enlevée lorsque l'andain gêne le stationnement et la circulation des véhicules.

Le déneigement d'une infrastructure, lorsque la neige est poussée ou soufflée dans un milieu humide ou hydrique, notamment du réseau routier, est visé par l'article 323 du REAFIE qui exempte d'une autorisation en vertu de l'article 22, 1<sup>er</sup> alinéa, 4<sup>e</sup> paragraphe de la LQE l'entretien lorsqu'il se réalise dans la périphérie immédiate de celle-ci.

Toutefois, le fait de souffler ou de pousser la neige en amas afin de l'éliminer dans un milieu humide et hydrique, par la suite, n'est pas considéré comme de l'entretien visé par l'article 323 du REAFIE.

Si la neige est ramassée dans le godet d'un tracteur, par exemple pour l'apporter du point A au point B, elle sera considérée comme transportée et l'article 5 du RNeige s'applique. De plus, c'est assujéti à l'article 22, 1<sup>er</sup> alinéa, 4<sup>e</sup> paragraphe de la LQE si le point B se trouve en milieu humide et hydrique.

- ***Optimiser l'épandage des fondants et des abrasifs***

Durant les épandages, une certaine quantité de fondants et d'abrasifs est projetée à l'extérieur de la zone visée. Il y aurait intérêt à minimiser ces pertes. Puisque les fondants sont utilisés pour éliminer la formation de glace et limiter l'accumulation de la neige, il est préférable de déblayer préalablement le sol avant d'épandre des fondants.

Quant aux abrasifs, ils se récupèrent plus facilement que les chlorures. Dans la mesure du possible, il est donc préférable d'utiliser les abrasifs plutôt que les fondants dans les endroits clés de la municipalité, ce qui permettrait d'optimiser et de limiter les quantités de fondants et d'abrasifs utilisés. Cette pratique peut avoir une incidence budgétaire positive pour les municipalités, puisque les abrasifs coûtent moins cher. Cependant, les abrasifs peuvent poser des problèmes (risque d'obstruction des conduites, vieillissement prématuré des pompes, surcharge du système de traitement de la station d'épuration, etc.) dans les systèmes d'égout tant séparatifs qu'unitaires.

Le MTMD possède des normes en viabilité hivernale. Celles-ci font notamment état de l'utilisation et de l'application des fondants et des abrasifs pour l'entretien des routes. Ces normes sont contenues dans un document du MTMD intitulé *Normes — Ouvrages routiers*, Tome VI — *Entretien* que l'on peut se procurer aux Publications du Québec. Ces normes font l'objet de mises à jour annuellement.

## 6.2 Gestion des eaux de fontes et de ruissellement

La section IV du chapitre II du titre III du REAFIE relative à la gestion des eaux pluviales ne s'applique pas à un LEN. Les systèmes de gestion des eaux pluviales, y compris les eaux de fonte, font partie intégrante d'un LEN, ils sont analysés sur les plans qualitatif et quantitatif, en tenant compte de la nature et de la capacité du milieu récepteur, lors de la demande d'autorisation en vertu du paragraphe 10° du premier alinéa de l'article 22 de la LQE. L'obligation de demander une autorisation en vertu du paragraphe 3 du premier alinéa de l'article 22 de la LQE pour ces systèmes est retirée en application du troisième alinéa de l'article 76 du REAFIE.

Le concepteur doit détailler dans le formulaire d'impacts [AM18d Rejets d'un effluent \(eau\)](#) les répercussions du LEN sur le milieu récepteur et décrire les mesures d'atténuation à mettre en place pour réduire les risques d'érosion et d'inondation.

Pour le traitement des MES, il est recommandé de considérer une période de retour de 1 au cours de 6 mois pour les ouvrages dont la conception est basée sur un critère de débit de pointe ou encore de considérer une hauteur de précipitation de 25 mm, qui prend en compte 90 % des événements de précipitation, pour les ouvrages dont la conception est basée sur un critère de volume. Pour plus de détails, voir la fiche [Compléments d'information sur les ouvrages de gestion des eaux pluviales et leur conception \(gouv.qc.ca\)](#).

- **Optimiser le traitement**

Une zone de décantation est nécessaire pour réduire les MES dans les eaux de fonte. L'intégration de cette zone à même la surface de réception des neiges usées peut augmenter la capacité de décantation tout en réduisant les coûts d'aménagement. Les eaux de fonte, une fois décantées, pourraient éventuellement être utilisées pour le nettoyage des rues, ce qui engendrerait une économie d'eau potable.

## 6.3 Modes de gestion alternatifs

- **Utilisation du froid pour la climatisation**

La neige, la glace naturelle et produite artificiellement peuvent être stockées et utilisées comme dissipateur de chaleur pendant les saisons plus chaudes. C'est une technique ancienne pratiquée dans les régions froides du monde depuis des siècles (Bahadori et coll., 1982). Au cours des dernières années, de nombreuses techniques saisonnières d'entreposage frigorifique pour les applications de refroidissement ont été décrites. Au Canada, la neige peut également être stockée efficacement et utilisée pour répondre aux besoins de refroidissement d'un bâtiment.

Dans l'étude de Kumar et coll. (2016), la faisabilité d'une fosse à ciel ouvert (dans le sol) est évaluée, où l'énergie froide est stockée sous forme de neige. La neige fondue est extraite et pompée vers un échangeur de chaleur, et distribuée aux bâtiments. En fonction des composants et des caractéristiques des matériaux utilisés, le système de stockage de neige (SSS, *snow storage system*) peut être classé en trois types : i) système de stockage de neige traditionnel (CSS), où la neige est stockée dans une fosse souterraine remplie de grains grossiers; ii) système de stockage de neige étanche (WSS), où la neige est stockée dans une fosse isolée avec de l'asphalte ou une doublure en plastique sur le sol à des fins d'imperméabilisation; et iii) système de stockage de neige à haute densité (HSS), où la neige est collectée dans une fosse imperméable et la densité de la neige est augmentée par compactage mécanique.

Ces trois types de SSS sont également comparés au système de refroidissement traditionnel. Le système de refroidissement, souvent utilisé pour refroidir les bâtiments, est le type d'équipement de refroidissement qui produit de l'eau réfrigérée pour dissiper la chaleur de l'air. Récemment, Kumar et coll. (2016) ont évalué les systèmes de refroidissement des bâtiments sur la base de critères de durabilité environnementale en

utilisant une approche d'analyse du cycle de vie intégrée à une analyse décisionnelle multicritère. Leur étude a révélé que le SSS engendre moins de conséquences environnementales que les systèmes de refroidissement traditionnels.

- **Dessalement**

Le dessalement (désalinisation ou dessalage) consiste à produire de l'eau douce à partir d'une eau salée ou saumâtre, généralement par extraction de l'eau douce et, plus rarement, par extraction du sel (Bougis, 2011). Les méthodes de dessalement peuvent être classées en deux catégories : le dessalement actif qui requiert de l'énergie en un processus mécanisé et le dessalement passif qui ne requiert pas de source d'énergie mécanisée. Toutes ces méthodes requièrent cependant un prétraitement qui peut être physique ou chimique afin d'enlever les matières grossières pouvant se retrouver dans les neiges usées.

Les procédés de dessalement actif souvent utilisés sont les suivants :

- Procédés de distillation qui reposent sur un changement de phase Eau-Vapeur;
- Procédés membranaires qui reposent sur une séparation Sel-Eau faisant appel à des membranes semi-perméables où le moteur est soit la pression (osmose inverse), soit un champ électrique (électrodialyse).

Ces procédés, bien qu'efficaces, requièrent énormément d'énergie et leurs conditions d'exploitation complexes et difficiles entraînent des coûts considérables les rendant donc moins rentables et moins accessibles dans le contexte actuel.

Quant au dessalement passif, des travaux sont en cours au Centre des technologies de l'eau (Cteau) pour tester des méthodes accessibles et passives de dessalement au fil de l'eau. Ces méthodes sont les suivantes :

- La technique de gel/dégel : l'objectif est de séparer une zone d'eau pure d'une zone d'eau salée par la méthode du gel suivi d'un dégel. Il s'agit donc de procéder à un dessalement partiel;
- Évaporation-cristallisation : il s'agit de favoriser l'évaporation de la solution en induisant la remontée capillaire de la solution saline sur un support. Les sels devraient cristalliser sur le support;
- Résines échangeuses d'ions : cette méthode s'effectue sur des zéolites, des résines échangeuses de cations et sur du charbon actif. L'objectif est de vérifier la capacité des zéolites à échanger les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ , notamment lorsque celles-ci sont conditionnées à l'acide;
- Adsorption sur argiles;
- Filtration gravitaire sur céramique.

Le document [Rapport sur l'atténuation des impacts de la neige usée \(cteau.com\)](http://cteau.com) disponible sur site Web du Cteau détaille les travaux effectués jusqu'à maintenant par leur centre sur l'atténuation des effets de la neige usée.

## 6.4 Élimination des neiges usées

Les différents lieux pouvant être admissibles pour l'élimination des neiges usées peuvent être municipaux ou privés comme des carrières, des raffineries et des mines, des aéroports, des ports, etc. La gestion de la neige en vue de son élimination définitive se fait dans un LEN. Cependant, il existe des situations temporaires d'amas de neige pour des festivals et des exploits sportifs, par exemple.

Les modes d'élimination de la neige recueillie peuvent être regroupés en deux catégories :

- Le dépôt terrestre avec traitement des eaux de fonte avant le rejet dans le milieu récepteur;

- Le déversement (lorsque possible) des neiges usées ou des eaux de fonte, peu ou pas traitées, dans l'égout domestique ou unitaire.

Le choix du mode d'élimination appartient au promoteur. Toutefois, si l'option de rejet dans le système d'égout est envisagée, la municipalité concernée doit être consultée. Cependant, l'aménagement du lieu d'élimination et d'autres aspects du projet feront l'objet d'analyses avant la délivrance d'une autorisation par le Ministère.

Pour plus de détails, l'annexe B décrit quelques modes d'élimination des neiges usées alors que la page Web du MTMD sur les [Meilleures pratiques — Transports et Mobilité durable Québec \(gouv.qc.ca\)](http://www.gouv.qc.ca) contient des outils et des références sur les bonnes pratiques à adopter.

## 7. Suivi d'exploitation et protection des ressources

Lorsque l'on compare les concentrations observées dans les neiges usées présentées à la section 2 aux seuils d'alerte ainsi qu'aux critères de qualité pour les eaux de surface présentés à la section 4, on constate qu'il est important d'assurer la protection des eaux souterraines et de surface. Il est alors nécessaire de réaliser un suivi afin d'évaluer la performance des ouvrages d'élimination des neiges usées (dépôt et traitement, s'il y a lieu), mais également pour gérer les rejets dans l'environnement. Ainsi, le Ministère exige des exploitants des lieux d'élimination d'effectuer, s'il y a lieu, un suivi de la qualité des eaux souterraines, de même qu'un suivi obligatoire des rejets dans le milieu aquatique. Les analyses devront être effectuées par un laboratoire agréé par le Ministère.

### 7.1 Programme de suivi des eaux souterraines

La contamination de la nappe souterraine peut survenir quand la perméabilité du sol est de moyenne à forte, comme c'est le cas pour les sablières et certaines carrières.

Une étude restreinte porte sur la vulnérabilité de l'aquifère, son importance écologique, la présence de puits privés ou municipaux en aval hydraulique, la possibilité de les remplacer. La quantité et la qualité de l'eau souterraine sont des facteurs déterminants pour que la municipalité puisse juger de la pertinence ou non d'imperméabiliser le lieu d'élimination. L'imperméabilisation d'un lieu entraîne obligatoirement le captage des eaux de fonte; une attention spéciale doit donc être portée au transport et au rejet de ces eaux de fonte afin qu'elles ne deviennent pas une source de contamination pour les eaux souterraines.

Une étude hydrogéologique complète du terrain sur lequel il est prévu d'aménager le LEN est nécessaire si l'étude restreinte démontre que les eaux de fonte peuvent s'infiltrer en partie ou en totalité dans les formations meubles ou rocheuses sans craindre une résurgence rapide dans le cours d'eau (voir à l'annexe A, le contenu des études à réaliser).

L'imperméabilisation des lieux d'élimination n'est pas toujours nécessaire et n'est pas exigée par le Ministère, sauf dans certains cas, notamment lorsque l'étude hydrogéologique démontre qu'il y a un risque réel de contamination des eaux souterraines par les contaminants contenus dans les neiges usées. Cependant, une surveillance de la qualité des eaux souterraines sera exigée en aval du LEN et à la limite de la propriété afin de vérifier les conséquences de l'utilisation de ce lieu d'élimination sur les eaux souterraines.

Ainsi, le Ministère exigera un suivi de la qualité des eaux souterraines dans tous les cas, sauf lorsque le lieu d'élimination est situé :

- à proximité d'un cours d'eau dans lequel les eaux souterraines font résurgence et en l'absence de puits d'alimentation en eau entre le dépôt et le cours d'eau. En effet, lorsque les eaux ressortent dans un cours d'eau, sans puits, le risque associé à la contamination est moindre. Les analyses se feront donc directement dans le cours d'eau à 100 m du point de rejet pour tenir compte du facteur de dilution.

Lorsque l'aquifère est naturellement protégé par une couche imperméable ( $K \leq 10^{-6}$  cm/s) avec une épaisseur minimale de 3 m, l'étude hydrogéologique réalisée au préalable devrait permettre de définir la direction de l'écoulement de l'eau, le ou les horizons aquifères à surveiller ainsi que la qualité initiale des eaux souterraines. Les puits d'observation devront donc être localisés aux limites du terrain, en aval de l'endroit où se trouvent les aménagements d'accumulation et de traitement. Un puits d'observation supplémentaire sera nécessaire en amont du lieu afin de permettre une comparaison et établir s'il y a une variation importante de la qualité de l'eau souterraine.

La fréquence et les périodes d'échantillonnage recommandées sont présentées dans le tableau 8. Les paramètres à analyser sont ceux prévus dans le tableau 7, d'autres paramètres pourront être ajoutés au programme d'analyse, selon le besoin.

**Tableau 8**  
**Suivi préventif de la qualité des eaux souterraines : périodes et fréquence d'échantillonnage**

Avant Travaux	Période de fonte			Reste de l'année
	1 <sup>re</sup> phase de fonte (mi-mars à mi-avril)	2 <sup>e</sup> phase de fonte (mi-avril à fin mai)	3 <sup>e</sup> phase de fonte (fin mai à fin juin)	En juillet, octobre et janvier
1 fois	1 fois	1 fois	1 fois	3 fois

**NOTES :**

- L'échantillonnage effectué avant les travaux doit permettre d'établir les teneurs avant le début de l'exploitation du LEN.
- Le programme de suivi de la qualité des eaux souterraines doit être maintenu en vigueur aussi longtemps que le dépôt de neige sera en activité.
- Le suivi devra être effectué au moins 1 fois au cours de chacune des 3 phases. La phase 1 représente la première période de fonte (début de fonte) qui est comprise généralement entre mars et la mi-avril. La 2<sup>e</sup> phase de fonte est comprise entre la mi-avril et la fin mai. Et la dernière phase de fonte est comprise entre la fin mai et la fin juin.
- Le suivi de janvier est exigible en cas de redoux hivernaux.

## 7.2 Programme de suivi des rejets dans le milieu aquatique

Quant aux modes de traitement des eaux de fonte, le choix et la conception en sont laissés au concepteur. Le mode de traitement le plus usuel est le dépôt terrestre avec zone de décantation et rejet une fois traité dans le milieu aquatique récepteur. Le rejet des neiges usées dans un système d'égout domestique sous forme solide ou sous forme d'eaux de fonte vers une station d'épuration peut aussi être envisagé, mais on doit en analyser toutes les conséquences, autant sur les risques de débordement que sur la capacité de traitement de la station d'épuration.

Pour le choix et la conception du mode de traitement, il faut s'assurer de respecter certaines conditions :

- Le choix du point de rejet des eaux traitées dans l'environnement doit minimiser les répercussions sur la qualité de l'eau et ses usages;
- La minimisation des effets négatifs peut être évaluée à l'aide de l'approche des objectifs environnementaux de rejet.

### Suivi des rejets

Le suivi des rejets se divise en deux parties : le suivi avec analyses en laboratoire et le suivi avec observations. Ce suivi a pour objectifs d'évaluer les performances du système de traitement et les effets potentiels sur le milieu récepteur afin de vérifier si d'autres paramètres devraient éventuellement être intégrés aux exigences.

- **Suivi avec analyses en laboratoire**

Un échantillon instantané de l'effluent doit être prélevé et analysé selon une fréquence minimale de quatre fois réparties pendant la période de rejet. Deux échantillons doivent être prélevés pendant la période de fonte et deux autres au cours de l'été pendant ou après des périodes de pluie. Les paramètres à analyser sont les MES, les chlorures, les métaux (voir l'énumération du tableau 1) et les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Les périodes et la fréquence d'échantillonnage sont récapitulées dans le tableau 9.

**Tableau 9**

**Suivi préventif de la qualité des eaux de surface : périodes et fréquence d'échantillonnage**

Période de fonte			Été
1 <sup>re</sup> phase de fonte (mi-mars à mi-avril)	2 <sup>e</sup> phase de fonte (mi-avril à fin mai)	3 <sup>e</sup> phase de fonte (fin mai à fin juin)	Juillet-août
1 fois	0 fois	1 fois	2 fois

- **Suivi avec observations**

Il consiste en observations de l'effluent afin d'y déceler des particules grossières, décantables ou flottantes et des films huileux. Ces observations devraient être effectuées quotidiennement pendant la période de rejet.

Les résultats des divers suivis seront conservés par l'exploitant pendant au moins cinq ans et devront être fournis au Ministère sur demande.

### 7.3 Programme de suivi des rejets dans un réseau municipal

Les conditions à respecter pour le rejet dans un système d'égout domestique sont les suivantes :

- Le déversement de neiges usées ou l'écoulement d'eaux de fonte ou d'eaux de ruissellement dans un système d'égout ne doivent pas provoquer de rejet d'eau non traitée dans l'environnement (débordement au point de surverse);

- Le déversement de neiges usées ou l'écoulement d'eaux de fonte ou d'eaux de ruissellement dans un système d'égout ne doivent pas provoquer de dépassements d'exigences ou de normes à l'effluent de la station d'épuration de la municipalité.

Le rejet à l'égout de neiges usées, d'eaux de fonte ou d'eaux de ruissellement associées aux dépôts terrestres doit être fait avec circonspection. La majorité des systèmes d'égout au Québec sont des systèmes pseudo-domestiques ou unitaires. Ces systèmes sont souvent équipés d'ouvrages de surverse afin de soulager le système en période de pluie ou de fonte printanière.

Ainsi, par temps sec, sauf exception, les débordements d'eaux usées sont interdits (article 8 du *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées*). Toutefois, en période de pluie ou de fonte des neiges, le Ministère encadre la fréquence des débordements par l'entremise de normes de débordement. Voir la section 3.4.1 du Tome I du [Guide de gestion des débordements et des dérivations d'eaux usées](#).

Il est donc essentiel que le déversement des neiges usées ou l'écoulement des eaux de fonte des neiges usées ne provoquent pas de débordement du système d'égout. Pour obtenir de plus amples renseignements sur la méthode à suivre, voir la [Démarche d'évaluation de l'acceptabilité d'un rejet d'eaux usées non domestiques dans un système d'égout municipal](#).

- **Traitement à la station d'épuration municipale**

Les stations d'épuration municipales doivent respecter certaines normes de rejet exprimées en concentration et en fonction de la charge de DBO<sub>5</sub>, de MES, de coliformes fécaux ou de phosphore et de non-toxicité des effluents, par exemple. Il est impératif que ces normes soient respectées, avec ou sans le rejet des neiges usées dans le système de chute à l'égout.

Les neiges usées ne doivent pas interférer avec les procédés en place.

## 8. Applications au sein du Ministère

### 8.1 Qui est assujéti à l'obligation d'obtenir une autorisation ministérielle?

Toutes les municipalités, les organismes publics ou privés et les personnes qui désirent aménager et exploiter un lieu d'élimination de neige sont assujétiés à l'obligation d'obtenir une autorisation ministérielle en vertu du paragraphe 10 du premier alinéa de l'article 22 de la LQE.

### 8.2 Contenu de la demande d'autorisation ministérielle

Le demandeur soumet une demande d'autorisation en ligne accompagnée des informations et des documents exigés par le REAFIE pour l'établissement et l'exploitation d'un lieu d'élimination de neige.

Les formulaires à remplir pour les demandes d'autorisation ministérielle se trouvent sur le site Web du Ministère : [Autorisation ministérielle \(gouv.qc.ca\)](#). Dans le cas d'un rejet vers un milieu aquatique, pour remplir le formulaire d'impacts AM18d — [Rejets d'un effluent \(eau\)](#), il est nécessaire de faire une demande d'OER au préalable, dont le formulaire relatif aux LEN se trouve ici : [Formulaires de demande d'objectifs environnementaux de rejet \(OER\) \(gouv.qc.ca\)](#).

Le REAFIE précise notamment les différents renseignements et documents devant être fournis au soutien d'une demande afin qu'elle soit recevable. En plus du contenu général décrit aux articles 16 à 18 de ce



règlement, les articles 76 et 77 précisent le contenu spécifique attendu dans une demande pour un LEN. Les notes explicatives des articles 76 et 77 du [Guide de référence du REAFIE](#) contiennent des compléments d'information sur le contenu de la demande d'autorisation ministérielle.

### **8.3 Cas particulier : dépôt terrestre municipal de faible capacité**

Plusieurs municipalités ne recueillent qu'une faible quantité de neige et les exigences d'aménagement requièrent pour celles-ci des investissements disproportionnés en regard des quantités de neige qui sont transportées. Les lieux qui reçoivent cette neige sont de faible superficie et présentent donc moins de risques pour l'environnement.

Pour les municipalités dont le volume de transport et d'élimination de neiges usées est inférieur ou égal à 5 000 m<sup>3</sup>, il est possible d'aménager un lieu d'élimination de neige de faible capacité, si certaines conditions sont respectées.

Lorsque le lieu d'élimination est situé en amont d'un cours d'eau se trouvant à une distance maximale de 300 m, sur lequel les eaux de fonte ont des répercussions négligeables, un aménagement minimal est acceptable. Il peut être constitué d'un remblai perméable ceinturant le lieu d'élimination de neige. Il n'est alors pas nécessaire de construire de bassin de sédimentation, puisque les formations perméables qui constituent la base du lieu d'élimination ou le remblai de ceinture permettent d'atteindre les objectifs poursuivis. Il ne doit pas non plus y avoir de prélèvement d'eau souterraine entre le lieu d'élimination et le cours d'eau. Lorsque ces conditions sont réunies, la municipalité peut se contenter de réaliser une étude hydrogéologique restreinte (tel que décrite à l'annexe A) et elle n'a pas à effectuer de suivi des eaux souterraines.

Dans le cas où le lieu ne pourrait être localisé près d'un cours d'eau, une étude hydrogéologique complète doit être réalisée et les conditions d'aménagement pourront alors être modulées en fonction des résultats de cette étude. En plus des travaux de forage et des diverses analyses et autres essais décrits dans le *Guide*, un inventaire des sites de prélèvement d'eau à des fins de consommation humaine situées à proximité doit être réalisé, et il faut évaluer la possibilité de leur contamination par le lieu d'élimination de neige. Dans le cas où la localisation du lieu et les conditions hydrogéologiques exigeraient l'imperméabilisation du lieu d'élimination de neige et du bassin de sédimentation des eaux de fonte, il faudrait acheminer ces eaux vers un fossé sur lequel les conséquences seraient négligeables en s'assurant qu'elles ne peuvent s'infiltrer dans la nappe phréatique. Il est requis d'effectuer un suivi des eaux souterraines en aval du lieu après son aménagement afin de s'assurer que la nappe phréatique n'est pas contaminée.

L'obtention d'une autorisation ministérielle en vertu du paragraphe 10 du premier alinéa de l'article 22 de la LQE est une exigence qui demeure pour les lieux d'élimination de neige de faible capacité.

### **8.4 Cessation définitive des activités du LEN : avis de cessation et étude de caractérisation (31.51 LQE)**

Étant une activité commerciale/industrielle listée à l'annexe III du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (RPRT), les LEN sont visés par les obligations de caractérisation et, le cas échéant, de réhabilitation de l'article 31.51 de la LQE lors de la cessation définitive de leurs activités. Conformément à l'article 13.0.1 du RPRT, un avis de cessation d'activité doit être transmis au MELCCFP dans les 30 jours suivant cette cessation. La section 5.2.1 du [Guide d'intervention — Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés](#) décrit les obligations liées à la cessation définitive d'une activité commerciale/industrielle visée par règlement (article 31.51 de la LQE).

## 9. Références bibliographiques

- BAHADORI, M. N., K. G. T. HOLLANDS, P. F. GALPIN (1982). *A Feasibility Study of Seasonal Storage of Coolness in Canada: Final Report*, 1982, Department of Mechanical Engineering, University of Waterloo, vol. 1., p. 1-83.
- BOUGIS, J. (2011). *Aspects maritimes du dessalement d'eau de mer*, 2011, 13 p.
- BRANDT, G.-H., F.-E. HUTCHINSON, R.-L. WESTERMAN, E.-J. RUBINS et A. E. RICH (1973). *Potential impact of sodium chloride and calcium chloride deicing mixtures on roadside soils and plants with discussions*, Highway Research Record, no. 425, p. 52-65.
- BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (BAPE) (2005). *Projets d'amélioration de la route 175 des kilomètres 60 à 84 et 84 à 227 — Rapport d'enquête et d'audience publique*, p. 61-66.
- CANADA, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (2004). *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, Code de pratique pour la gestion environnementale des sels de voirie*, Ottawa, Environnement Canada, 24 p.
- CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA (2013). *Indicateurs de rendements et cibles nationales pour le Code de pratique pour la gestion environnementale des sels de voirie*, Ottawa, Environnement Canada, 9 p.
- CANADA, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET MINISTÈRE DE LA SANTÉ (2001). *Liste des substances d'intérêt prioritaires. Rapport d'évaluation pour sels de voirie*, Ottawa, 201 p.
- CENTRE DES TECHNOLOGIES DE L'EAU (2024). *Rapport sur l'atténuation des impacts de la neige usée* [[Rapport sur l'atténuation des impacts de la neige usée \(cteau.com\)](https://cteau.com)].
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (2011). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'Environnement (RCQE)* [[Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — chlorures \(ccme.ca\)](https://ccme.ca)].
- DELISLE, C. E. (1991). *Notes sur les impacts potentiels du soufflage de la neige sur les terrains privés*, École Polytechnique de Montréal, Centre de développement technologique P1427
- DERRY, A. M., E. E. PREPAS et P. D. N. HEBERT (2003). "A comparaison of zooplankton communities in saline lakewater with variable anion composition", *Hydrobiologia*, 505: 199-215.
- DETTNER, K. et W. PETERS (1999). *Lehrbuch der Entomologie*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Allemagne.
- DROSTE, R. L. et J. C. JOHNSTON (1993). "Urban snow dump quality and pollutant reduction in snowmelt by sedimentation", *Canadian Journal of Civil Engineering*, 20(1), p. 9-21.
- EVANS, M. et C. FRICK (2001). *The effects of road salts on stream, lake and wetland ecosystems*, Environment Canada, Commercial Chemicals Evaluation Branch, Hull, Québec, 287 p.
- GALFI, H., H. ÖSTERLUND, J. MARSALEK et M. VIKLANDER (2017). *Mineral and Anthropogenic Indicator Inorganics in Urban Stormwater and Snowmelt Runoff: Sources and Mobility*.

- HANES, R.-E., L. ZELAZNY, K. VERGHESE et R. BOSSHART (1976). *Effects of deicing salts on plant biota and soil – Experimental phase*, Highway Research Record, 88 p.
- HOLLAND, A. J., A. K. GORDON et W. J. MULLER (2010). *Osmoregulation in freshwater invertebrates in response to exposure to salt pollution*, rapport de la Water Research Commission, Unilever Centre for Environmental Water Quality Institute for Water Research, Rhodes University, Grahamstown, Afrique du Sud, 60 p.
- JONES, P.-H. et B.-A. JEFFREY (1986). *Environmental impact of road salting-state of the art*, The Research and Development Branch Ontario Ministry of Transportation and Communications, 57 p.
- KARRAKER, N. E. et J. P. GIBBS (2011). "Road deicing salt irreversibly disrupts osmoregulation of salamander egg clutches", *Environmental Pollution*, Vol. 159, no. 3, p. 833-835.
- KUMAR, V., K. HEWAGE, H. HAIDER, R. SADIQ (2016). "Techno-economic performance evaluation of building cooling systems: A study of snow storage and conventional chiller systems", *Cold Regions Science and Technology*, 130, p. 8-20.
- KELSEY, P. D et R. HOOTMAN (1992). "Deicing salt dispersion and effects on vegetation along highways. Case study: Deicing salt deposition on the Morton Arboretum", *Chemical deicers and the Environment*, Environmental Science.
- LACASSE, C., A. CHAUSSADENT, F. A. D. TARTE, V. LEROY (2014). *Étude d'impact des épandages de produits de voirie sur les milieux naturels et stratégie d'intervention durable pour la municipalité de Sainte-Anne-Des-Lacs*, Sherbrooke, Canada, 171 p.
- LAPOINTE, M. (1991). *Élaboration d'un protocole expérimental d'échantillonnage des neiges usées en milieu urbain*, mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal.
- LEBEL, É. (1992). *Le choix et l'utilisation de fondants routiers et leurs impacts sur les sols et la végétation*, essai pour la maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 87 p.
- LEDUC, A. et C. E. DELISLE (1987). *Évaluation dans le temps et dans l'espace de la qualité de la neige et de l'eau de ruissellement de pluie du territoire de la ville de Montréal*, École Polytechnique de Montréal, Centre de développement technologique P981.
- MCNEELY, R. N., V. P. NEIMANIS et L. DWYER (1980). *Référence sur la qualité des eaux — Guide des paramètres de la qualité des eaux*, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, Canada.
- NASSIRI, S., A. BAYAT, S. SALIMI (2015). *Enquête sur la pratique et revue de la littérature sur l'entretien hivernal des routes municipales au Canada*.
- NORRSTRÖM, A. C. et E. BERGSTEDT (2001). "The Impact of Road De-Icing Salts (NaCl) on Colloid Dispersion and Base Cation Pools in Roadside Soils", *Water Air and Soil Pollution*, 127(1): 281-299.
- OLIVIER, M. (2012). *Chimie de l'environnement*, 7<sup>e</sup> édition, Québec, Productions Jacques Bernier, 444 p.
- PARADIS, J.-F., C. E. DELISLE, P. ANDRÉ (1993). *Caractérisation des neiges usées en fonction de la densité résidentielle (hiver 1992-1993) pour les villes de Lasalle, Verdun et Lachine*, École Polytechnique de Montréal, Centre de développement technologique P1744.
- POPICK, H., M. BRINKMANN, K. MCPHEDRAN (2022). *Charge de contaminants provenant de la circulation dans les installations de stockage de la neige lors de la fonte printanière*.

- QUÉBEC, BUREAU D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT (2002). *La voie verte : Fiches d'information. Les sels de voirie — Questions les plus fréquentes. Projet de prolongement de l'autoroute 25 entre l'autoroute 440 et le boulevard Henri-Bourassa*, 7 p.
- QUÉBEC, GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (2012). *Gestion environnementale des sels de voirie*, gouvernement du Québec, Démarche de gestion environnementale.
- SALT INSTITUTE (2004). *Highway Salt and Our Environment*, Virginia, Salt Institute, 27 p.
- SALT INSTITUTE (2017). "Publications about salt and roads", in *Salt Institute Roads*.
- SERVICE D'ÉTUDES SUR LES TRANSPORTS, LES ROUTES ET LEURS AMÉNAGEMENTS (SETRA) (2011). *L'impact des fondants routiers sur l'environnement*, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie. Paris, France, 25 p.
- VARSAMOS, S., C. NEBEL et G. CHARMANTIER (2005). "Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review", *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 141: 401-429.
- VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU QUÉBEC (2021).
- WETZEL, R. G. (2001). *Limnology – Lake and river ecosystems*, Academic press, San Diego, California, 3<sup>e</sup> édition, 1 006 p.
- WESTING, A.-H. (1969). "Plants and salt in the roadside environment", *Phytopathology*, no. 59, p. 1174-1181.
- ZINGER, I., C. E. DELISLE, C. HARVEY, C. MARCHE, D. DELMAS et P. MORIN (1985). *Répercussions écologiques des déversements de la neige usée dans le fleuve Saint-Laurent au niveau du pont la Concorde et des quais 30 et 52 dans le port de Montréal*, École Polytechnique de Montréal, Centre de développement technologique P830.

## Annexes

# Annexe A Études hydrogéologiques

## 1. Étude hydrogéologique restreinte

L'étude hydrogéologique restreinte doit être réalisée dans tous les cas.

### 1.1 But de l'étude

L'étude hydrogéologique restreinte vise à connaître la stratigraphie, l'épaisseur et les caractéristiques des formations meubles sur lesquelles on désire éventuellement aménager un lieu d'élimination de neige. Cette étude a également pour but de démontrer la vulnérabilité de l'aquifère et son importance écologique.

### 1.2 Travaux à effectuer

Cette étude devrait comporter :

- un nombre suffisant de sondages (minimum 5) d'au moins 4 m de profondeur pour connaître, sur toute la superficie du terrain, les formations meubles présentes en surface, leur disposition, leur épaisseur, leur étendue ainsi que la position de la nappe phréatique dans au moins un des sondages;
- des analyses granulométriques et sédimentométriques des diverses couches;
- des essais de perméabilité des diverses formations meubles réalisés *in situ*;
- un inventaire des puits privés ou municipaux en aval hydraulique ainsi qu'une évaluation de la possibilité de les remplacer;
- une évaluation de la quantité et la qualité de l'eau souterraine;
- un rapport technique établissant, entre autres, la géologie et l'hydrogéologie du lieu ainsi que les risques de contamination des eaux souterraines.

## 2. Étude hydrogéologique complète

L'étude hydrogéologique complète est nécessaire dans le cas où les eaux de fonte peuvent s'infiltrer dans la nappe phréatique sans que se produise rapidement une résurgence dans un cours d'eau ou lorsqu'il y a des puits dans un rayon de 1 km en aval hydraulique.

### 2.1 But de l'étude

L'étude hydrogéologique complète vise en plus à connaître la piézométrie, la direction, les vitesses d'écoulement et la qualité des eaux souterraines ainsi qu'à préciser si une imperméabilisation du site est nécessaire ou non.

### 2.2 Travaux à effectuer

Cette étude pourra comporter entre autres, mais sans s'y limiter :

- l'exécution d'un forage stratigraphique visant à connaître la géologie du sous-sol jusqu'au socle rocheux;

- la construction d'un minimum de quatre puits d'observation (1 en amont et 3 en aval hydraulique) afin de connaître la profondeur de la nappe phréatique et la direction d'écoulement, tout en permettant l'échantillonnage de l'eau et des sols;
- la réalisation d'essais de perméabilité dans chacun des puits d'observation afin de connaître les variations de conductivité hydraulique sous le site;
- des essais de percolation afin de déterminer la perméabilité de la partie non saturée du sol;
- l'échantillonnage des sols et leur description de même que des analyses granulométriques de chacune des unités stratigraphiques;
- le nivellement des points d'eau (puits d'observation, résurgences, ruisseaux, cours d'eau, plan d'eau ou autres affleurements de la nappe libre);
- l'analyse d'échantillons d'eau devant servir de témoins pendant l'exploitation du site;
- un inventaire des puits dans un rayon de 1 km en aval du lieu. Il est recommandé de dresser l'inventaire des puits selon les recommandations de la dernière version de la fiche d'information du MELCCFP « Inventaire exhaustif des puits de prélèvement d'eau souterraine », [Fiche d'information : Inventaire exhaustif des puits de prélèvement d'eau souterraine \(gouv.qc.ca\)](#);
- la préparation d'un rapport technique établissant, entre autres, la géologie et l'hydrogéologie, et la vulnérabilité de l'aquifère, son importance écologique, la présence de puits privés ou municipaux en aval hydraulique et leurs caractérisations, la quantité et la qualité de l'eau souterraine et les risques de contamination des eaux souterraines par le projet de LEN.

## 3. Étude hydrogéologique en carrière

### 3.1 But de l'étude

Le but de l'étude est d'établir le niveau de risque de contamination de la nappe d'eau souterraine sous-jacente et de déterminer la conception de l'imperméabilisation, le cas échéant.

En particulier, les travaux d'investigation devront préciser :

- la superficie et le volume de la carrière utilisable comme dépôt à neige;
- la nature, l'épaisseur et l'âge géologique des couches du socle rocheux exposé sur les parois et au fond de la carrière;
- le contexte géologique du site, le mode de fracturation, les directions et les pendages de stratification, l'orientation des systèmes de diaclases, la présence ou l'absence de failles importantes;
- la perméabilité du roc;
- le bilan hydrique de la carrière;
- la carte piézométrique des environs de la carrière;
- l'inventaire des puits (rayon de 1 km de la carrière) et des moyens de contrôle de la qualité de l'eau souterraine dans l'environnement de la carrière.

Pour les carrières actives, s'il y a besoin de déplacer la neige non fondue durant la période de dénoyage (du 15 mars au 15 avril pour une exploitation à sec), cette neige devrait se trouver dans un autre endroit autorisé à recevoir la neige usée.

### Description du bilan hydrique de la carrière

En plus des forages, l'étude géologique et hydrogéologique d'une carrière doit comprendre un bilan hydrique. Le débit moyen quotidien des infiltrations d'eau souterraine est établi à partir du taux de pompage nécessaire pour maintenir la carrière à sec, moins l'apport d'eau dû aux précipitations et au ruissellement en provenance de l'extérieur de la carrière, s'il y a lieu, et corrigée sur une base annuelle en tenant compte des variations saisonnières. La quantité d'eau pompée pour maintenir la carrière à sec annuellement

constitue le point de départ. Les données sur la quantité d'eau pompée doivent être adaptées dans le cas où une certaine accumulation d'eau est maintenue dans un point bas de la carrière pendant le pompage. Afin de déterminer la fraction de cette quantité, qui correspond à l'infiltration des eaux souterraines, il faut soustraire de cette quantité :

1) les précipitations totales alimentant directement la carrière pendant toute une année, desquelles est soustraite la quantité d'eau perdue par l'évaporation réelle;

2) le ruissellement des eaux de surface qui s'écoulent vers la carrière durant cette même période, duquel est soustraite la quantité d'eau perdue par l'évaporation réelle.

La quantité d'eau souterraine qui s'infiltré doit par la suite être divisée par le nombre de mètres carrés de la surface de toutes les parois de la carrière situées sous le niveau des eaux souterraines. La superficie du fond de la carrière n'est pas prise en considération. La superficie des parois est déterminée à partir du niveau où les venues d'eau sont visibles. Lors de l'examen des parois, on doit prendre en considération les divers niveaux des venues d'eau et établir un niveau moyen. Des données provenant de puits d'observation peuvent être utiles à des fins de comparaison s'il est démontré qu'elles sont représentatives et qu'elles proviennent de points de mesure situés en bordure de l'excavation. Enfin, la valeur est divisée par 365 jours pour obtenir le débit moyen quotidien.

### **3.2 Travaux à effectuer**

La présente étude implique principalement la réalisation des travaux suivants :

- L'examen visuel de la carrière, avec des descriptions géologiques détaillées du roc;
- L'exécution d'un sondage stratigraphique à l'extérieur de la carrière (à proximité) jusqu'à la nappe;
- La construction de puits d'observation, minimum de 4 (dont 1 en amont et 3 en aval) d'un calibre minimum de 150 mm afin de connaître la profondeur de la nappe phréatique tout en permettant l'échantillonnage de l'eau;
- La réalisation d'essais de perméabilité (percolation ou pompage) afin de connaître les variations de conductivité hydraulique du socle rocheux constituant les parois de la carrière;
- La réalisation d'essais de pompage de puits forés au fond de la carrière;
- Une description géologique des formations interceptées au cours de chacun des forages;
- L'analyse d'échantillons d'eau devant servir de témoins durant l'exploitation du site.



## Annexe B Techniques d'élimination de la neige

### 1. Dépôt terrestre avec traitement des eaux de fonte

Les dépôts terrestres avec traitement des eaux de fonte sont constitués :

- d'une aire d'accumulation pour la réception de la neige;
- d'une aire de traitement pour les eaux de fonte et de ruissellement.

#### 1.1 Aire d'accumulation

Elle doit posséder une superficie suffisante pour recevoir le volume de neige anticipé. Différentes techniques d'exploitation peuvent être utilisées selon la capacité d'accumulation d'un lieu et sa topographie. Elles se distinguent selon le mode retenu pour l'accumulation de la neige sur le dépôt. On trouve les amoncellements **par simple déchargement, par poussée, par soufflage, en cratère et en carrière**.

Les amoncellements **par simple déchargement** se font généralement sur des terrains de grande superficie où peu de neige doit être accumulée. Les camions déchargent la neige les uns derrière les autres sans que celle-ci s'accumule en hauteur. À la fin de la période de déneigement, un tractochargeur tasse la neige. La hauteur de l'accumulation est généralement de 2 à 3 m tout au plus.

Les amoncellements **par poussée** consistent à accumuler la neige en hauteur sur des terrains relativement plats, à l'aide de tracteurs à chenilles.

Après le déchargement des camions, les tracteurs poussent la neige en pente et l'entassent aux endroits appropriés. L'accumulation se fait simplement par poussée. Dans le cas où les camions de déneigement sont de grande capacité et où beaucoup de neige doit être entassée, la construction de surfaces glacées pour la circulation de camions, appelées « ponts de glace », peut s'avérer nécessaire afin d'accroître la capacité portante. À partir de ces ponts, il est alors possible de circuler et de procéder à une nouvelle accumulation.

L'équipe se compose d'un contrôleur et d'une équipe d'opérateurs de tracteurs à chenilles. Le nombre de ces opérateurs dépend du volume de neige accumulé, lui-même fonction de l'affluence de camions, ainsi que de la superficie du dépôt. L'expérience des municipalités qui emploient cette technique démontre qu'un tracteur à chenilles peut suffire pour entasser 100 000 m<sup>3</sup> de neige usée.

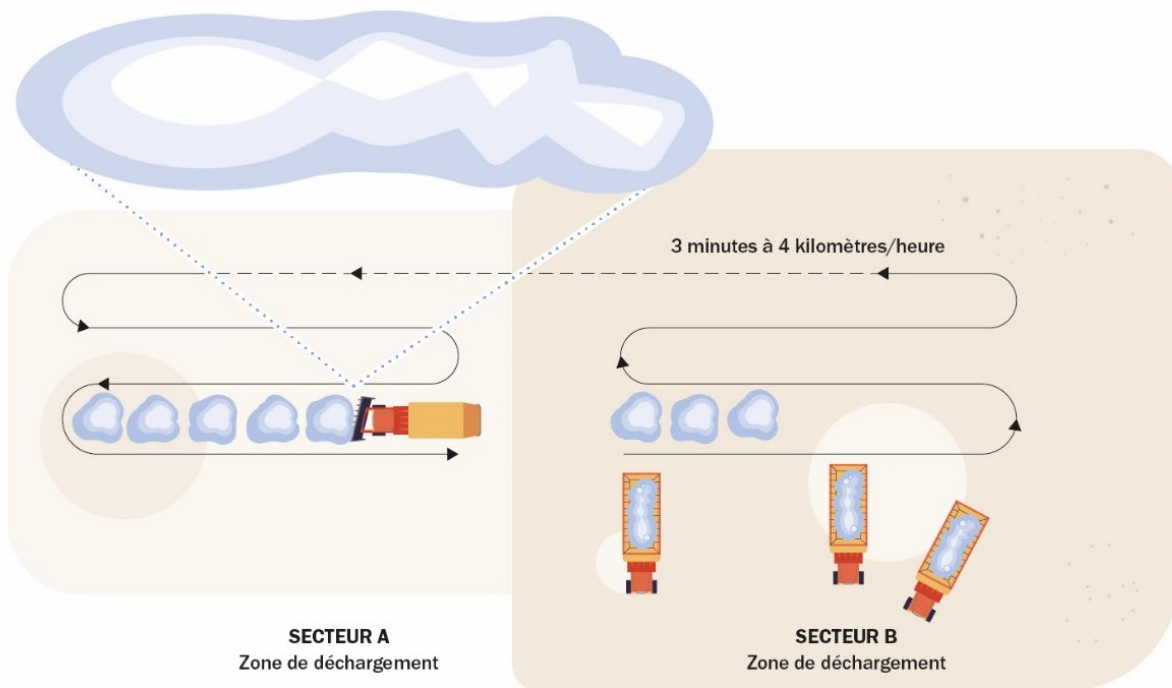
Lorsque le dépôt est situé à proximité d'habitations et qu'il n'y a pas d'écran antibruit, il convient alors de créer un écran de neige autour du dépôt. Une façon d'améliorer l'apparence des lieux pendant la période de fonte lorsque le dépôt se situe près de quartiers résidentiels est de décaper régulièrement la croûte noire qui se forme à la surface du dépôt. Cette action permet également d'accélérer le processus de fonte. Les résidus doivent ensuite être gérés selon le principe des 3RV-E. Pour en savoir plus, nous vous invitons à consulter la page Web du Ministère intitulée « [Saine gestion des matières résiduelles \(gouv.qc.ca\)](http://www.gouv.qc.ca) ». Il faut savoir que le fait de manipuler la neige accumulée sur un dépôt risque de faire augmenter de façon importante les matières en suspension dans les eaux de fonte. Certaines municipalités accélèrent la fonte par arrosage; cette technique ne peut être privilégiée, car l'eau qui ruisselle entraîne une quantité supplémentaire et non négligeable de fines particules qu'il est préférable de traiter.

L'amoncellement **par soufflage** est une technique qui est utilisée sur des lieux d'élimination de petite superficie ou pour augmenter la capacité d'accumulation d'un lieu. La neige est soufflée depuis l'aire de déchargement sur l'aire d'accumulation par des souffleuses traditionnelles ou plus puissantes.

L'équipe se compose d'un contrôleur et d'un ou deux opérateurs de souffleuses. Le nombre de souffleuses utilisées dépend de l'affluence des camions et de la taille des quais de déchargement. L'accumulation de la neige se fait donc en hauteur (10 à 30 m) par soufflage à partir de quais de déchargement. Dès que la neige est soufflée, le quai est prêt à recevoir d'autres camions.

Tout comme pour l'accumulation par poussée, il peut être nécessaire de décaper la croûte noire lorsque le dépôt se situe près de quartiers habités, de façon à améliorer l'esthétique des lieux pendant la période de fonte.

**Figure 1**  
**Aménagement d'un dépôt traditionnel avec technique de soufflage**



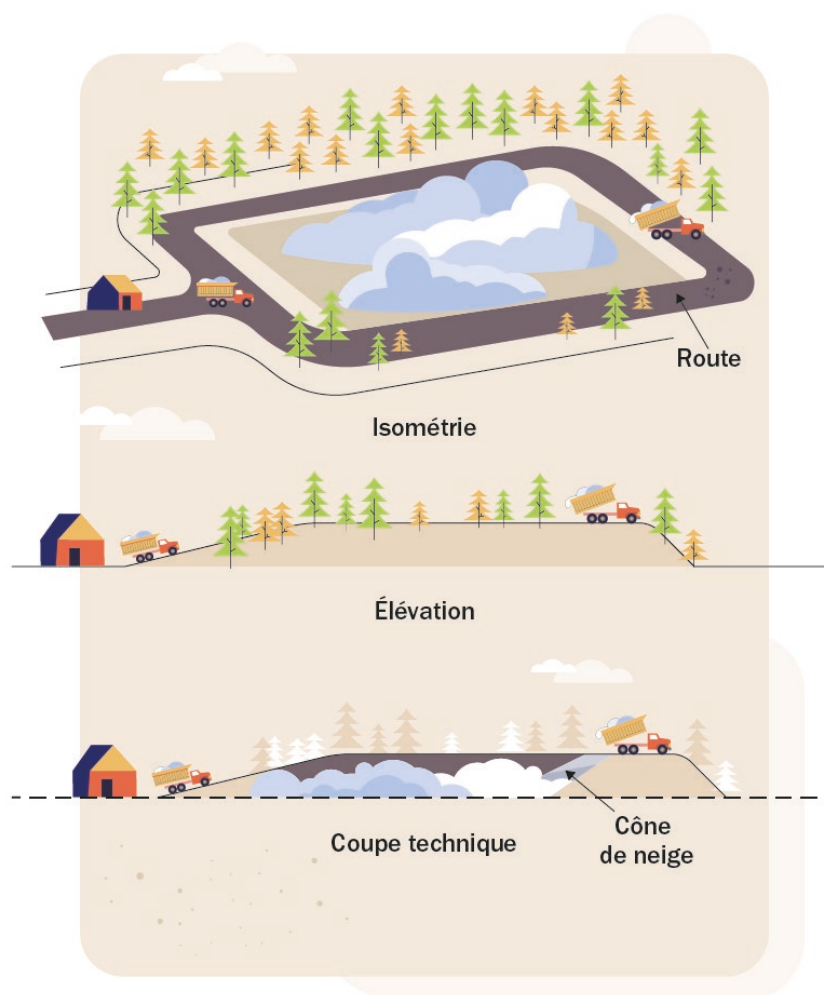
Les amoncellements **en cratère** consistent à décharger la neige dans une cavité créée artificiellement. Un talus (remblai) est érigé autour de la superficie prévue pour l'accumulation de neige et le déchargement se fait à partir du haut du talus. Ce mode d'exploitation permet une plus grande capacité d'accumulation, comparativement aux amoncellements par poussée, diminue le temps de manipulation de la neige sur le lieu et requiert généralement l'utilisation de moins de machinerie lourde. La capacité d'accumulation dépend de la hauteur des talus et du périmètre du lieu.

L'équipe se compose d'un contrôleur et de quelques opérateurs de tracteur à chenilles. Toutefois, en comparaison du mode d'exploitation par poussée, le nombre d'opérateurs peut être plus restreint dû au fait que la neige est poussée depuis l'aire de déchargement dans une cavité, ce qui limite considérablement les manipulations. Le circuit suivi par le camionneur est généralement circulaire, entrant d'un côté du remblai pour en sortir de l'autre.

S'il n'y a pas d'écran antibruit, il convient alors de créer un écran de neige à l'aide du contenu des premiers camions. Installés sur le remblai, ces écrans pourront être poussés vers le centre de la cavité à la fin de la période d'activité. Avec ce mode d'exploitation, le dépôt est dissimulé à l'intérieur des remblais et

l'apparence noirâtre du dépôt, durant la période de fonte, n'est pas exposée à la vue des gens; il n'est donc pas nécessaire de décaper la croûte noire.

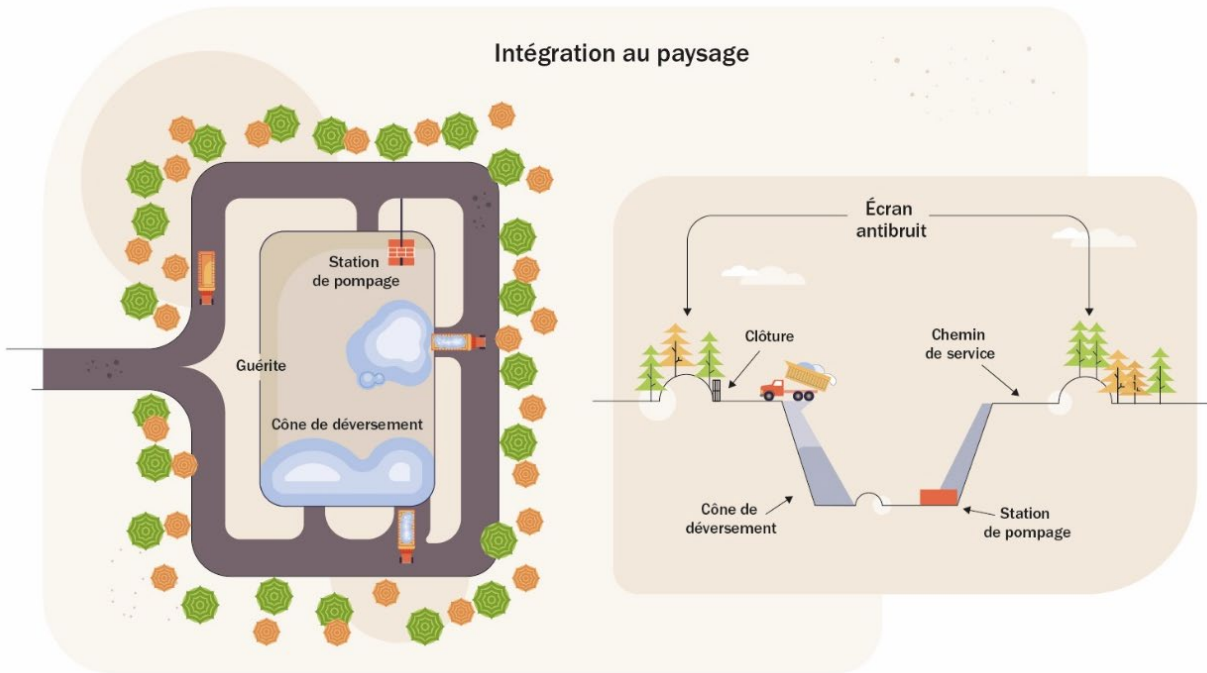
**Figure 2**  
**Aménagement d'un dépôt en cratère**



Les déchargements **en carrière** peuvent se faire directement sur le fond de la carrière ou à partir de quais aménagés sur son périmètre. La capacité d'accumulation dépend alors de la dimension de l'aire de déchargement ou encore du nombre de quais disponibles. Le déchargement à partir de quais situés au haut de la carrière permet une plus grande capacité d'accumulation, comparativement à l'accumulation à partir du fond de la carrière.

Pour le déchargement à partir de quais situés au haut de la carrière, l'équipe se compose d'un contrôleur et d'un opérateur de tractochargeur. La neige étant directement déversée dans la carrière, les manipulations s'en trouvent d'autant réduites. Le tractochargeur nettoie la surface des quais de déchargement.

**Figure 3**  
**Aménagement d'un dépôt en carrière**



Il est recommandé de procéder annuellement au nettoyage de la zone d'accumulation. La principale tâche consiste à enlever les matières résiduelles accumulées sur le site, tout particulièrement celles qui peuvent dégager des odeurs ou être emportées par le vent. Ces matières résiduelles doivent être transportées dans un endroit autorisé pour valorisation ou élimination.

## 1.2 Aire de traitement

Dans le traitement des eaux de fonte, il est important de comprendre les notions de base que sont la charge superficielle, la vitesse d'entraînement et le débit d'eau à traiter.

### 1.2.1 Charge superficielle (Cs)

Une particule dans l'eau est soumise à diverses forces qui peuvent la faire sédimer ou demeurer en suspension. La vitesse à laquelle décante la particule dépend entre autres de sa densité, de sa grosseur et de la densité du fluide dans lequel elle se trouve (eau à 4 °C).

La loi de Stoke (Desjardins, 1988) permet de prévoir la vitesse de décantation, soit (pour un nombre de Reynolds inférieur ou égal à 1) :

$$V_p = \frac{g (P_p - P_l) d^2}{18\eta}$$

où :

- $V_p$ : vitesse de chute de la particule (m/s)
- $g$ : accélération due à la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)
- $P_p$ : masse volumique de la particule (kg/m<sup>3</sup>)
- $P_l$ : masse volumique de l'eau (kg/m<sup>3</sup>)
- $d^2$ : diamètre de la particule au carré (m<sup>2</sup>)
- $h$ : viscosité dynamique de l'eau Pascal·seconde (Pa·s)

Exemples :

1) particule de 2µm, de 2 600 kg/m<sup>3</sup> dans une eau à 4 °C :

$$V_p = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \times (2\,600 \text{ kg/m}^3 - 1\,000 \text{ kg/m}^3) \times (0,000002 \text{ m})^2}{18 \times 0,0016 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}$$

$$V_p = 0,00000218 \text{ m/s, soit } 0,008 \text{ m/h}$$

2) particule de 16 µm, de 2 600 kg/m<sup>3</sup> dans une eau à 4 °C :

$$V_p = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \times (2\,600 \text{ kg/m}^3 - 1\,000 \text{ kg/m}^3) \times (0,000016 \text{ m})^2}{18 \times 0,0016 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}$$

$$V_p = 0,00014 \text{ m/s, soit } 0,5 \text{ m/h}$$

3) particule de 63 µm, de 2 600 kg/m<sup>3</sup> dans une eau à 4 °C :

$$V_p = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \times (2\,600 \text{ kg/m}^3 - 1\,000 \text{ kg/m}^3) \times (0,000063 \text{ m})^2}{18 \times 0,0016 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}$$

$$V_p = 0,00216 \text{ m/s, soit } \approx 8 \text{ m/h}$$

La particule de diamètre le plus grand a la vitesse de décantation la plus rapide. La conception d'un décanteur (zone de décantation) est basée sur la vitesse de chute des particules que l'on veut soulever. Ainsi, si l'on désire éliminer les particules qui chutent à 0,5 m/h, il faut dimensionner la surface du décanteur en tenant compte de cette vitesse. Selon la théorie de la décantation, la surface du décanteur s'obtient en divisant le débit d'eau à traiter par la vitesse de décantation :

- pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/h et une vitesse de chute de 0,008 m/h = 2 500 m<sup>2</sup>;
- pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/h et une vitesse de chute de 0,5 m/h = 40 m<sup>2</sup>;
- pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/h et une vitesse de chute de 8,0 m/h = 2,5 m<sup>2</sup>;

Une vitesse de décantation rapide permet une surface de décantation réduite.

Ces concepts de vitesse de chute, de surface de décantation et de débit d'eau se retrouvent dans le facteur que l'on appelle la **charge superficielle** (Cs). Celle-ci est le rapport entre le débit sur la surface de décantation (20 m<sup>3</sup>/h ÷ 40 m<sup>2</sup>), on obtient ainsi une charge superficielle de 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h ou tout simplement 0,5 m/h. La charge superficielle devient donc la vitesse de chute de la particule cible que l'on désire enlever. Le temps de décantation est cependant lié à la profondeur de la zone de décantation :

- 1) Débit de 20 m<sup>3</sup>/h, surface de 40 m<sup>2</sup> et 1 m de profond :  
Cs = 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h ou 0,5 m/h  
temps de décantation : 2 heures
- 2) Débit de 20 m<sup>3</sup>/h, surface de 40 m<sup>2</sup> et 2 m de profond :  
Cs = 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h ou 0,5 m/h  
temps de décantation : 4 heures
- 3) Débit de 20 m<sup>3</sup>/h, surface de 40 m<sup>2</sup> et 4 m de profond :  
Cs = 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h ou 0,5 m/h  
temps de décantation : 8 heures
- 4) Débit de 20 m<sup>3</sup>/h, surface de 80 m<sup>2</sup> et 2 m de profond :  
Cs = 0,25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h ou 0,25 m/h  
temps de décantation : 8 heures

Les exemples 1 à 3 ont tous la même charge superficielle (0,5 m/h), donc toute la même capacité de décantation. Pourtant, les temps de décantation diffèrent de 2 à 8 heures. Pour qu'une particule soit considérée comme décantée, elle doit atteindre le fond du bassin; l'augmentation de la hauteur d'eau a donc comme effet d'augmenter le temps de décantation.

Cependant, l'accroissement de la surface de décantation augmente la capacité de décantation en permettant à des particules dont la vitesse de chute est plus petite de toucher le fond (voir points 3 et 4).

### 1.2.2 Vitesse d'entraînement

Les particules sont considérées comme décantées lorsqu'elles touchent le fond. Toutefois, si les vitesses tangentielles sont trop fortes, les particules décantées peuvent être entraînées. Cette vitesse tangentielle est la vitesse d'entraînement, ou « *scour velocity* ». Camp (Metcalf, 1979) permet de prédire la vitesse d'entraînement des particules, soit :

$$V_h = (8k (s - 1) g d / f)^{0,5}$$

où

**V<sub>h</sub>** : vitesse d'entraînement (m/s)

**k** : constante, fonction de la particule normalement de 0,04 à 0,06

**s** : densité relative de la particule

**g** : accélération due à la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

**d** : diamètre de la particule au carré (m)

**f** : constante, fonction de la surface, normalement de 0,02 à 0,03

Exemples :

- 1)  $k = 0,05$ ;  $s = 2,6$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $d = \mathbf{0,000002}$ ;  $f = 0,025$  :  
 $V_h = [8 \times 0,05 \times (2,6 - 1) \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,000002 \text{ m}/0,025]^{0,5}$   
 **$V_h = 0,0224 \text{ m/s}$**
- 2)  $k = 0,05$ ;  $s = 2,6$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $d = \mathbf{0,000016}$  m;  $f = 0,025$  :  
 $V_h = [8 \times 0,05 \times (2,6 - 1) \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,000016 \text{ m}/0,025]^{0,5}$   
 **$V_h = 0,0634 \text{ m/s}$**
- 3)  $k = 0,05$ ;  $s = 2,6$ ;  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $d = \mathbf{0,000063}$  m;  $f = 0,025$  :  
 $V_h = [8 \times 0,05 \times (2,6 - 1) \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,000063 \text{ m}/0,025]^{0,5}$   
 **$V_h = 0,126 \text{ m/s}$**

Une vitesse d'entraînement plus grande permet de déplacer des particules plus grosses.

Si l'on veut décanter des particules qui chutent à 0,5 m/h pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/h (0,0056 m<sup>3</sup>/s), la surface de décantation doit être d'au moins 40 m<sup>2</sup>. En supposant un rapport de longueur sur largeur de la zone de décantation de 10:1, soit 20 m de long sur 2 m de large, la profondeur (p) d'eau doit être telle qu'elle permet une vitesse horizontale inférieure à 0,06 m/s, d'où :

$$p \geq 0,0056 \text{ m}^3/\text{s} \div (2 \text{ m} \times 0,06 \text{ m/s})$$
$$p \geq 0,047 \text{ m}$$

La surface de la zone de décantation peut être obtenue par la charge superficielle, alors que la profondeur est calculée en tenant compte de la vitesse d'entraînement des particules.

### 1.2.3 Débit d'eau à traiter

L'écoulement de l'eau à la sortie d'un dépôt terrestre est influencé par :

- la fonte des neiges usées accumulées, par exemple : 60 000 m<sup>3</sup> de neige de densité 0,5 qui fond en 62 jours donne 20 m<sup>3</sup>/h d'eau.  
 $[60\,000 \text{ m}^3 \times (0,5 \text{ m}^3 \text{ d'eau}/\text{m}^3 \text{ de neige}) \div 62 \text{ jours} \div 24 \text{ h/jour}] = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- les précipitations (averses), par exemple : zone d'accumulation de 20 000 m<sup>2</sup> de surface, averse de 40 mm/h donne 800 m<sup>3</sup>/h.  
 $(20\,000 \text{ m}^2 \times 0,04 \text{ m/h}) = 800 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Ces écoulements peuvent se produire durant des périodes de fonte hivernale (redoux en hiver), durant la fonte printanière ou lors d'averses sur le dépôt lorsque la neige est fondue (été, automne, début d'hiver).

La période de fonte hivernale se compose d'une fonte partielle et possiblement d'averses, donc de débit variant, selon l'exemple précédent, de 0 à 820 m<sup>3</sup>/h. La période de fonte printanière se compose de fonte et d'averses, donc des débits de 20 m<sup>3</sup>/h à 820 m<sup>3</sup>/h. La période d'averses produit des débits de 0 à 800 m<sup>3</sup>/h. Les averses peuvent donc générer un débit bien supérieur au débit des eaux de fonte, et la période de fonte printanière est celle qui produit le débit maximal.

La période la plus critique pour le transport des contaminants provenant des dépôts terrestres est la fin de la période printanière. Le débit y est à son maximum et bon nombre de contaminants ne sont plus emprisonnés dans la neige. Ils peuvent donc être entraînés massivement vers la zone de décantation. Compte tenu de l'importance des averses dans le transport des contaminants, nous suggérons de considérer une fréquence minimale d'une fois/année.

### 1.3 Fonctions des différents éléments de l'aire de traitement

L'objectif du traitement est l'obtention d'un effluent exempt de débris, de MES décantables 15 minutes ainsi que d'huiles et de graisses flottantes. Cet objectif est techniquement assez facile à atteindre. Il suffit d'utiliser une chaîne de traitement constituée des éléments suivants : une zone de décantation, un déflecteur, une sortie surélevée et une grille. Le tableau 10 présente les fonctions de la chaîne de traitement et suggère quelques critères de conception.

**Tableau 10**  
**Éléments de la chaîne de traitement : fonctions et critères de conception suggérés**

Élément	Fonctions principales	Fonctions secondaires	Critères de conception
Zone de décantation	Rétention des débris, des MES et des éléments flottants	Homogénéisation	Charge superficielle $\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Déflecteur	Entrave à l'entraînement des flottants vers la sortie		Dimensions suffisantes pour empêcher les flottants de passer par-dessus ou par-dessous
Sortie surélevée	Entrave à l'entraînement des MES décantées vers la sortie		Rehaussement suffisant afin de minimiser l'entraînement des MES décantées
Grille	Rétention des débris de faible densité		Espacement maximal de 50 mm, préférablement 15 mm

#### 1.3.1 Zone de décantation

Pour que les débris et les MES décantables puissent être retenus, il faut que toutes les eaux de fonte et de ruissellement soient dirigées vers une zone de décantation.

Les MES décantables 15 minutes exigent une charge superficielle de  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ; celle des débris, plus élevée, est d'environ  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ .

En plus des eaux de fonte, les eaux de ruissellement du dépôt devront passer par cette zone de décantation avant leur rejet dans l'environnement, de façon à empêcher tout rejet non décanté. Les pluies peuvent entraîner les fines particules qui se sont accumulées sur le site, à moins que ce dernier n'ait déjà été nettoyé.

La zone de décantation doit être opérationnelle à longueur d'année compte tenu des périodes de pluie et des redoux.

La fonction « décantation » peut se faire sans avoir recours à un **décanteur séparé**. Dans bien des cas, les dépôts de surface ou en carrière sont constitués d'espaces enclavés ou entourés de fossés. Sous certaines conditions, un simple ouvrage de retenue d'eau (digue,haussement de la grille d'évacuation) peut créer un plan d'eau susceptible de remplacer le décanteur distinct en créant des **fossés partiellement noyés** ou des **aires d'accumulation partiellement noyées**. Il devient donc possible d'obtenir des charges superficielles très petites (qualité de traitement supérieure) à un coût raisonnable.

Il faut toutefois s'assurer que la surface respecte la charge superficielle recherchée de  $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  et qu'elle continuera à le faire lorsqu'il y aura évacuation des eaux du site (fonte ou pluies). L'accumulation de neige, de glace, voire de débris peut réduire la surface du plan d'eau : la conception devra donc en tenir compte.



On portera une attention particulière au court-circuitage afin d'assurer le maintien des conditions de décantation optimales.

### ***Décanteur séparé***

Le décanteur séparé est constitué d'un plan d'eau délimité par des parois (digues). Il s'ajoute aux aménagements du dépôt terrestre. Les critères généraux de conception mentionnés ci-dessus s'appliquent.

### ***Fossé partiellement noyé***

Le fossé partiellement noyé est constitué d'un plan d'eau formé à partir du ou des fossés qui ceignent la zone d'accumulation. Sa fonction est double :

- recueillir les eaux de fonte et les diriger vers la sortie;
- permettre la décantation des débris et des MES décantables.

La retenue peut être constituée d'un seuil avec déflecteur ou un regard. Il faut toutefois limiter l'accumulation de neige dans les fossés afin de maintenir la surface nécessaire pour la décantation. L'utilisation d'un tel type de décanteur ne doit pas inonder les terrains avoisinants.

### ***Aire d'accumulation partiellement noyée***

L'aire d'accumulation partiellement noyée est constituée d'un plan d'eau qui occupe une partie de la zone d'accumulation. Sa fonction est double :

- permettre l'accumulation de la neige;
- permettre la décantation des débris et des MES décantables.

Si l'aire de décantation est enclavée dans les bermes du dépôt, un rehaussement du seuil de la conduite de sortie est suffisant pour créer une aire d'accumulation partiellement noyée.

Le plan d'eau doit être prévu de façon à ne pas nuire à l'utilisation de la machinerie. Il faut rappeler que le plan d'eau ne subsiste pas qu'au printemps.

### **1.3.2 Déflecteur**

Le déflecteur a pour but d'empêcher l'écoulement libre de tous les éléments flottants tels que les huiles et les graisses. La charge superficielle des huiles et des graisses flottantes varie de 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h à plus de 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. Le déflecteur, les flotteurs absorbants ou la sortie noyée sont tous des moyens acceptables.

### **1.3.3 Sortie surélevée**

La sortie surélevée a pour but d'empêcher l'entraînement des sédiments hors de la zone de décantation, autant pendant les périodes normales d'utilisation que lors de sa vidange pour entretien. L'utilisation d'un déversoir à niveau ajustable (vanne) peut être nécessaire pour vidanger complètement la zone de décantation et également pour réguler le débit du rejet. Le pompage de l'eau décantée vers le milieu récepteur peut s'avérer intéressant pour régulariser le débit du rejet dans le cours d'eau (respect du facteur de dilution, notamment). On devra cependant s'assurer que la prise d'eau de la pompe est maintenue près de la surface de l'eau afin de ne pas entraîner la partie décantée. S'il y a des huiles et des graisses, un déflecteur situé en amont de la sortie surélevée pourrait être nécessaire afin de retirer ces contaminants.

### 1.3.4 Grille

La grille n'a pas un fort rendement sur l'épuration des eaux de fonte, comme on peut le constater dans le tableau 11. Cependant, elle permet de retirer les débris de faible densité qui circulent entre deux eaux, les plastiques et les papiers, entre autres. Afin de bien jouer son rôle, elle doit être nettoyée régulièrement. D'autres approches de barrières physiques telles que des ballots de paille ceinturant l'amoncellement de neige pourraient également être envisagées. Certaines études ont démontré les performances de cette approche.

**Tableau 11**  
**Ordre de grandeur des rendements anticipés pour les différentes composantes du traitement**

Contaminants	Surface d'accumulation	Zone de décantation	Grille	Rendement cumulatif	Concentration avant traitement (mg/l)	Concentration après traitement (mg/l)
Débris	99 % (99 % de 100)	0,99 % (99 % de 1)	0,001 % (10 % de 0,01)	@100 %	4 000	Trace
MES décantables	90 % (90 % de 100)	9 % (90 % de 10)	0 % (0 % de 0)	99 %	500	5
MES	80 % (80 % de 100)	10 % (50 % de 20)	0 % (0 % de 10)	90 %	1 000	50
Huiles et graisses flottantes	20 % (20 % de 100)	72 % (90 % de 80)	0 % (0 % de 8)	92 %	15	1
Cl <sup>-</sup>	0 % (0 % de 100)	0 % (0 % de 100)	0 % (0 % de 100)	0 %	2 000	2 000
Métaux	70 % (70 % de 100)	6 % (20 % de 30)	0 % (0 % de 100)	76 %	Fe : 30 Pb : 1 Cr : 0,1	Fe : 7 Pb : 0,2 Cr : 0,02

## 2. Rejet à l'égout desservi par une station d'épuration

### 2.1 Capacité du réseau et de la station d'épuration

Avant d'utiliser le système d'égout pour y rejeter des neiges usées ou des eaux de fonte, il faut s'assurer que le réseau possède une capacité d'interception suffisante et que l'usine d'épuration possède la capacité de recevoir ces eaux supplémentaires sans que cela engendre des débordements ou nuise à l'efficacité du traitement. Dans le cas d'un LEN privé, une entente avec la Ville devrait être conclue avant le raccordement à l'égout.

Le **système d'égout domestique**, plus particulièrement les postes de pompage et les régulateurs en place, doit donc posséder une capacité résiduelle. Le déversement de neige, d'eau de fonte ou d'eau de ruissellement d'un dépôt terrestre non décantées ne doit pas contribuer à des débordements dans le système d'égout domestique ni entraîner de refoulement dans les résidences. On devra porter une attention particulière aux risques d'accumulation de débris dans le système d'égout.

La **station d'épuration** doit pouvoir continuer à fonctionner avec la même efficacité (DBO, MES, etc.). Il est donc essentiel que les neiges usées déversées dans l'égout soient fondues avant leur arrivée à la station d'épuration. La baisse de température ou la dilution des eaux usées provoquées par l'ajout des neiges usées ou des eaux de fonte ou des eaux de ruissellement ne doivent, en aucun temps, entraîner une baisse de performance à la station d'épuration. De plus, une concentration en chlorures trop élevée pourrait aussi avoir un effet négatif sur les performances d'un traitement biologique.

**En général, les stations d'épuration utilisant un procédé biologique ne sont pas aptes à recevoir des débits importants d'eau de fonte de neige.**

## 2.2 Types de rejet à l'égout

Les rejets dans le système d'égout peuvent être de trois types :

- déversement de neige directement dans le système d'égout par une chute à neige;
- déversement d'eau de fonte dans le système d'égout à l'aide d'une fondeuse à neige;
- déversement d'eau de fonte et d'eau de ruissellement dans le réseau par un dépôt terrestre sans aire de traitement.

**Le déversement de neige usée ou d'eau de fonte de neige usée ou d'eau de ruissellement d'un dépôt de neige usée directement dans un système d'égout pluvial qui n'est pas dirigé dans une zone de décantation (décanteur, étang) est l'équivalent d'un rejet direct dans un cours d'eau et s'avère inacceptable.**

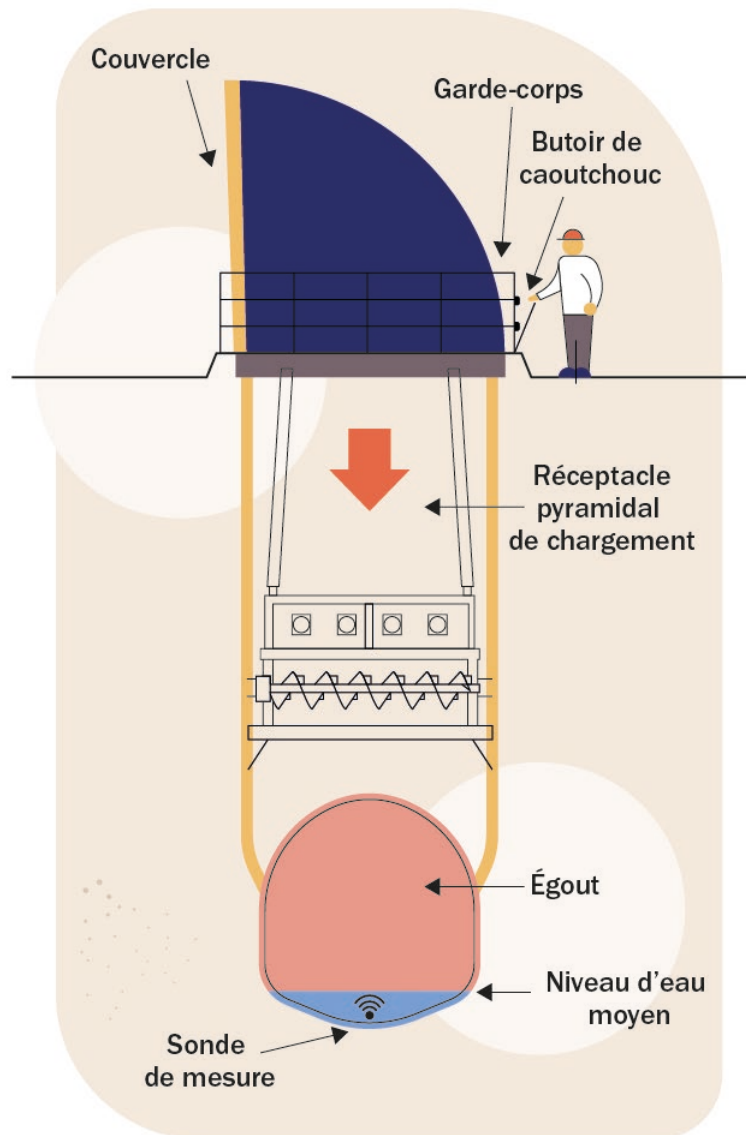
### 2.2.1 Chute à l'égout

La chute à l'égout doit être conçue de façon à minimiser les blocages. Les quantités de neige qui atteignent l'égout doivent être dosées en fonction de la capacité de transport et de la capacité calorifique des eaux usées à faire fondre les neiges usées sans provoquer de déversement lorsque le temps est sec. Il existe actuellement sur le marché des équipements qui permettent le dosage de la neige en fonction de la capacité hydraulique et calorifique du système d'égout. Ces équipements peuvent devenir particulièrement utiles pour les réseaux de faible capacité.

Le bon fonctionnement d'une chute à l'égout requiert une équipe composée d'un contrôleur par lieu et d'autant de superviseurs et d'opérateurs de tractocharger qu'il y a d'unités de déchargement. Ainsi, pour un lieu d'élimination à l'égout composé de deux chutes, l'équipe sera constituée de deux superviseurs, de deux opérateurs de tractocharger et d'un contrôleur. Alors que le contrôleur supervise l'entrée et la sortie des camions de même que l'exploitation générale du lieu, les superviseurs s'occupent de diriger les camions et, dans le cas des chutes à l'égout, d'enlever les débris retenus par la grille, tels les sacs à ordures ou autres matières résiduelles. Le tractocharger déverse dans la fondeuse ou dans la chute la neige qui tombe à l'extérieur des structures lors des déchargements.

Lorsque la chute à l'égout est bloquée par la neige déversée ou que le débit dans la conduite ne permet pas de recevoir du même coup toute la neige qui est apportée, les camionneurs peuvent être momentanément dirigés vers un autre lieu d'élimination ou, s'il y a de l'espace disponible, l'accumulation peut se faire sur le lieu même. Cette aire d'accumulation sera nettoyée dès que l'équipement sera en mesure de fonctionner normalement.

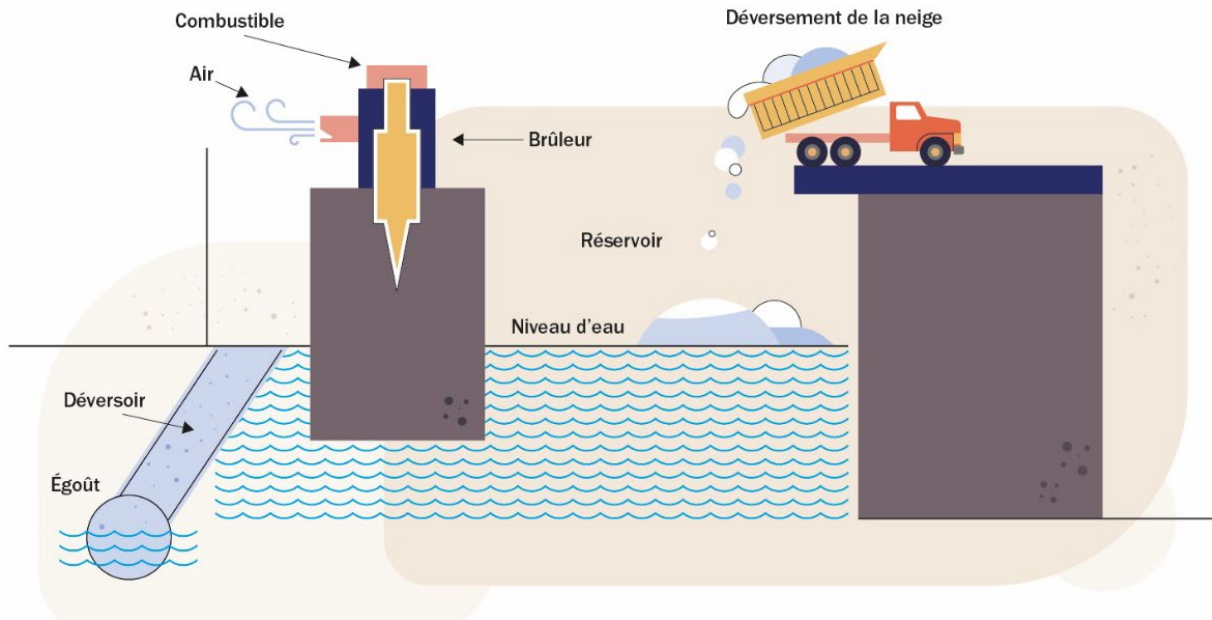
**Figure 4**  
**Vue en coupe d'une chute à neige Dögens**



### 2.2.2 Fondeuse à neige

Le rejet de la fondeuse peut être entraîné vers l'égout à la condition d'être dirigé vers une station d'épuration. La chaleur qui permet la fonte des neiges usées provient d'une source différente de celle des eaux usées, habituellement un combustible. La baisse de température des eaux usées dans le système d'égout devrait être moins importante, puisque les eaux de fonte ont une température plus élevée que celle des neiges usées.

**Figure 5**  
**Principe de fonctionnement d'une fondreuse à neige fixe**



### 2.2.3 Dépôt terrestre sans aire de traitement

Un dépôt terrestre qui ne possède pas d'aire de traitement doit déverser ses eaux de fonte et de ruissellement dans un système d'égout dirigé vers une station d'épuration. Ce mode de traitement ne devrait toutefois pas être à privilégier, parce que :

- la majorité des réseaux d'égout au Québec sont des réseaux pseudo-domestiques ou unitaires dont le débit peut augmenter d'une façon importante durant la période de fonte et lors d'averses. Des équipements de surverse sont installés sur le système d'égout afin de ne pas surcharger les stations d'épuration. Puisque les eaux de fonte seront déversées dans le système d'égout lorsque ce dernier risque déjà d'être surchargé, une partie des eaux usées risque d'être rejetée dans le milieu récepteur sans traitement;
- l'aménagement d'une zone de décantation peut coûter moins cher à long terme que le rejet dans un système d'égout si l'on tient compte du coût de traitement à la station d'épuration.



***Environnement,  
Lutte contre  
les changements  
climatiques,  
Faune et Parcs***

**Québec** 