



Marronnier endommagé par du sel: conséquence d'un service hivernal intensif sur un passage-piéton; St. Galler-Ring, Bâle (Photo: Stadtgärtnerei Basel)

## SEL DE DÉNEIGEMENT: EFFETS SUR LES ARBRES D'ALIGNEMENT

Dernières connaissances, mesures et recommandations basées sur une large étude bibliographique

Pour une ville, les arbres constituent une véritable carte de visite. Leur prépondérance écologique est encore à peine estimée à son juste niveau. Ils reflètent bien souvent le contexte historique et représentent ainsi un patrimoine culturel. Ils participent de l'urbanisme et de la politique verte de la cité et contribuent à la gestion de la circulation.

Au contraire des sites naturels et proches de la nature, les arbres en ville situés en milieu urbain et bétonné sont exposés à d'énormes contraintes. Le service hivernal constitue l'une de ces contraintes, notamment avec l'épandage de sel de déneigement.

L'Union suisse des services des parcs et promenades (USSP) a procédé à une large étude bibliographique pour présenter les possibilités actuelles aux acteurs concernés, tout particulièrement les responsables des espaces verts publics. La Suisse aux multiples facettes ne se laisse pas appliquer une recette unique pour tous; chaque région doit au contraire collaborer avec les responsables du service hivernal et, en fonction de leurs conditions spécifiques, élaborer et connaître les situations, mesures et recommandations adaptées au cas par cas. Les pages suivantes devraient y contribuer.

# Service hivernal

Le service hivernal, en tant que tâche publique, découle de la responsabilité pour des bâtiments et autres ouvrage (CO art. 58). Le genre et l'intensité du service hivernal se sont constamment adaptés aux besoins des utilisateurs. Les conséquences sur l'environnement sont clairement décelables.

La mission des services d'entretien des routes est d'assurer la sécurité des utilisateurs de routes et chemins publics. Il s'agit donc aussi de diminuer au maximum le risque de dérapage sur des routes enneigées, gelées et glissantes. Comme les moyens publics ne sont pas illimités, ces interventions doivent aussi se fonder sur des critères économiques. Finalement, le public comme le privé souhaitent que le service hivernal soit respectueux de l'environnement et ménage le plus possible la nature et les biotopes.

Du côté des acteurs de la circulation, on attend une utilisation ciblée et raisonnable des moyens à disposition. L'adaptation à chaque situation, notamment par un comportement adéquat de l'utilisateur mais aussi avec un équipement adapté et du respect réciproque des utilisateurs de la route, devraient alléger le service hivernal bien trop souvent dépassé. Ceci est valable aussi bien pour le trafic motorisé que non motorisé.

Le propriétaire d'un ouvrage n'est responsable d'une construction ou d'un entretien défectueux que dans le cadre de l'affectation de l'ouvrage. L'entretien, à l'instar du service hivernal, doit rester raisonnable dans le temps et dans son ampleur, à moins que le service hivernal soit limité par des règlements et des signalisations appropriées.

## Produits de dégel utilisés

Depuis le milieu du siècle dernier, le service hivernal utilise systématiquement et de plus en plus abondamment des sels de déneigement, principalement du chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ). Avec l'émergence croissante de la protection de l'environnement dans les décennies 1980 et 1990, on a eu davantage recours à du gravillon comme moyen d'intervention. La réalité de ses graves inconvénients écologiques et des frais considérables liés à son enlèvement a rapidement conduit au retour de l'épandage de sel.

Aujourd'hui on utilise principalement du chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ), une saumure élaborée en mélange humide de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}_2$ ) et de chlorure

de magnésium ( $\text{MgCl}_2$ ). Le service hivernal n'a recours à d'autres additifs qu'exceptionnellement et en quantités vraiment infimes. Les restrictions proviennent de l'Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRchim, 2005). Toutefois, dans l'ordonnance, les restrictions pour l'utilisation de produits de dégel sont déléguées aux cantons de la manière suivante: «Les cantons veillent à ce que pour les routes, chemins et places publics, il soit défini quand, où et comment les produits de dégel ou autres procédés pour combattre le gel et la neige peuvent être utilisés».

Au cours des dernières années et suivant le lieu et les conditions météorologiques, on estime l'épandage de  $\text{NaCl}$  par hiver de 100 g à nettement plus de 1000 g par  $\text{m}^2$  de chaussée. Les différences entre routes nationales et zones urbaines sont parfois considérables, même si les quantités appliquées au-delà du milieu urbain sont plus importantes. Les techniques modernes d'épandage constituent un sérieux potentiel d'économie.

Les salines du Rhin à Pratteln sont les principaux fournisseurs de  $\text{NaCl}$ . Pour les années 2010–2012, la consommation suisse a atteint environ 300 000 à 350 000 tonnes de sel de déneigement par année.



Service hivernal à côté d'arbres en ville. (Photo: Fotolia)

## Sel utilisé

Avec la méthode «à sec», une partie du sel s'envole directement à l'épandage et se dépose en bord de route sur des surfaces végétalisées ou sur la végétation attenante (arbres et arbustes).

Le sel répandu sur la chaussée forme un mélange avec la neige et la glace. Une partie de ce sel est dissout et évacué avec les eaux de fonte dans les canalisations de la route; en se diluant, il rejoint les eaux de ruissellement ou est dérivé dans une canalisation qui conduit à un bassin de décantation ou une station d'épuration.

En milieu urbain, l'épandage latéral de sel de déneigement sous forme d'embruns et d'aérosols représente environ 5–15 % des quantités de sel déversées. Les arbres et la végétation en bord de route souffrent tout particulièrement des tas de neige déposée latéralement par le chasse-neige. De cette manière, le sel touche les feuilles, les rameaux et l'écorce ou s'infiltra dans le sol après le dégel. En milieu urbain, on évalue à près de 40 % les quantités de sel déversées qui ruissellent avec les eaux de surface dans les sols en bord de route.

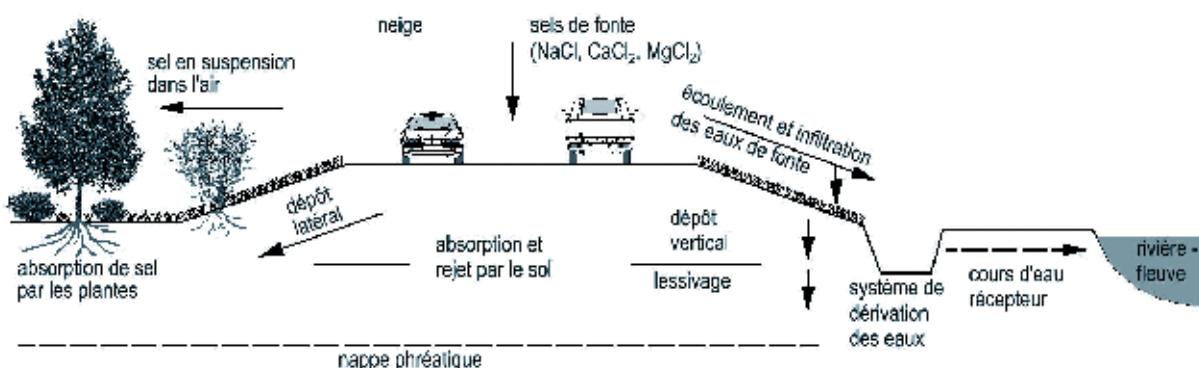
## Dégâts aux infrastructures

Les revêtements et les ouvrages en béton et en acier souffrent de l'épandage du sel. C'est avant tout avec les constructions des années 1960–1980 qu'il y a un énorme besoin de remise en état. Une étude actuelle du Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS) chiffre les coûts de remise en état de ces infrastructures au niveau national à environ 19 milliards de francs par année. Près de 40 % de ces constructions sont exposées au sel de déneigement et d'après une estimation d'experts, 70 % des dégâts de corrosion sur les ouvrages routiers sont imputables au chlore. Ces dégâts annuels dus au sel se chiffrent à près de 5 à 6 milliards de francs.

A cela s'ajoutent les dégâts de corrosion aux véhicules pour plusieurs centaines de millions de francs par année.

## Impacts sur les eaux

Les conséquences directes sur les eaux sont impossibles à chiffrer. Pour l'évaluation exacte des coûts, il faut inclure les frais de dérivation des eaux des routes, le rinçage des canalisations comme les dispositions spéciales pour le fonctionnement conforme des stations d'épuration.



Cheminement du sel de déneigement dans l'environnement. [tiré de: Brod. H. G., 1993]

# Impact sur les arbres en ville

Le sel endommage les arbres par contact direct mais aussi par sa présence dans le sol, en influençant l'équilibre des sels minéraux et le métabolisme.

## Dégâts de contact

Le sel se retrouve en contact direct avec les arbres sur les surfaces des aiguilles, feuilles, bourgeons et écorces par l'entremise de congères, brumes, aérosols et autre neige déblayée. Il pénètre alors dans les cellules à travers l'épiderme des feuilles, les stomates ou les lenticelles. En cas d'«overdose» dans le cytoplasme, le sel peut attaquer les structures des chloroplastes et favoriser la destruction de la chlorophylle. Un excès peut également endommager les enzymes qui jouent un rôle pour les protéines lors de l'osmose. Cela provoque l'oxydation de plusieurs tissus dans la cellule. Le brunissement consécutif des aiguilles et des feuilles est le résultat du **dessèchement et de la brûlure des tissus**. Ces signes n'apparaissent que des mois après le contact avec le sel et sont localisés très visiblement sur les arbres ou les haies. En revanche, le dépérissement des bourgeons et des jeunes pousses et les nécroses d'écorces sont moins frappants.



L'épandage de sel endommage les plantes et les sols.  
(Photo: Franziska Werner)

## Dégâts par déshydratation et stress ionique

En cas de concentration élevée de sel dans le sol, il faut beaucoup d'énergie aux racines pour assimiler les sels minéraux. Le manque d'eau perturbe l'équilibre des cellules et la transpiration, tout en provoquant des déficits et du stress de sécheresse. Une proportion élevée de ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dérangent l'absorption d'autres ions par les cellules. Le  $\text{Na}^+$  concurrence le  $\text{K}^+$ , essentiel pour la transpiration, et trouble l'équilibre énergétique du système. Le  $\text{Cl}^-$  contribue au déficit hydrique, augmente la valeur osmotique du cytosol, favorise la destruction de la structure fine des chloroplastes et augmente indirectement la perméabilité des membranes cellulaires pour le  $\text{Ca}^{2+}$  et le  $\text{Mg}^{2+}$ .

Fonction racinaire affaiblie, alimentation déficiente, activité cellulaire et transport nutritif entravés, perturbation massive du régime hydrique, grave dérangement du métabolisme, destruction des structures cellulaires, excès de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  représentent quelques causes essentielles de dépérissement qui provoquent les **symptômes de déclin** les suivants:

- réduction de la croissance en longueur et en largeur,
- formation chronique de petites feuilles,
- accélération du processus de pourriture,
- sensibilité accrue aux maladies et ravageurs,
- nécrose des bords de feuilles et d'aiguilles,
- jaunissement précoce des feuilles,
- dessèchement partiel de la couronne.

## Modification des sols

Lorsque l'eau de fonte chargée de sel arrive dans le sol, il y a une accumulation de ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Par des échanges ioniques, le  $\text{Na}^+$  se voit d'abord lié aux argiles. Avec ces échanges ioniques, ces argiles se désintègrent progressivement. En perdant sa structure, le sol s'imperméabilise, les argiles deviennent compactes et perdent leur aptitude d'aération et d'hydratation. Une grande partie du  $\text{Na}^+$  s'accumule dans le sol et perturbe ainsi, par concurrence, l'assimilation d'autres sels minéraux essentiels.

En milieu alcalin, les ions  $\text{Cl}^-$  ne participent pas à l'échange ionique. Ils sont directement assimilés par les racines et finissent dans le cycle nutritif.

## Cycle du sel

Cette situation néfaste hypothèque l'ensemble du système comme le cycle du sel entre la couronne, les racines et le substrat, tout en accentuant de plus en plus son influence. Une amélioration perceptible de cette situation n'est visible qu'après plusieurs années d'absence totale d'apport de sel.

## Conséquences écologiques

Les arbres fragilisés sont plus sensibles aux tempêtes. La perturbation des conditions hydriques et nutritives, mais surtout la modification du pH dans le sol menacent la microfaune édaphique et les mycorhizes.

## Autres dommages aux arbres

Aux alentours des arbres situés en bordure de route, les conditions de croissances sont souvent défavorables. La plupart du temps, les sols à proximité immédiate de la route proviennent de remblais artificiellement compactés et composés de déchets de chantiers et autres gravats.

Des inconvénients supplémentaires proviennent notamment de l'aire racinaire bien souvent trop restreinte, d'un substrat inapproprié, de réserves nutritives nulles voire déficientes, d'une mycorhization insuffisante ou inexistante, de blessures aux racines et à l'écorce, de maladies, d'excréments canins, de canalisations abîmées ou encore de dommages dus à des herbicides et de l'huile de moteur, etc.

A cette liste s'ajoutent encore des immissions dues aux gaz d'échappement, à la poussière, aux micro-poussières, aux métaux lourds, aux courants de la circulation, aux parasites, aux souris, au rayonnement du soleil, à la sécheresse et à la chaleur, etc.

Des désavantages supplémentaires proviennent aussi des changements climatiques qui sont encore plus accentués en ville avec des périodes de sécheresse et de chaleur plus longues, mais qui se traduisent également par des gels tardifs particulièrement visibles lors de débourement hâtif.

## Effets cumulatifs du sel

Les gaz d'échappement, la poussière, les précipitations acides, la sécheresse et certaines influences des changements climatiques, en s'ajoutant aux dommages du sel de déneigement, provoquent un effet de dégâts cumulatifs.



Nécroses sur les bords de feuilles en été suite à l'épandage de sel en hiver. (Photo: Stadtgärtnerei Basel)



Les arbres en ville souffrent de la combinaison de plusieurs préjudices. (Photo: Stadtgärtnerei Basel)



Situation ambiguë: les gaz d'échappement et les particules fines portent préjudice aux arbres et aux hommes, mais des arbres sains peuvent filtrer l'air et assimiler des polluants. (Photo: Fotolia)

# Mesures et recommandations

En matière de sel de déneigement, il existe des esquisses de solutions à court et moyen terme. Il y a des possibilités dans la stratégie du service hivernal, dans le choix des produits d'épandage et dans les méthodes d'épandage.

## Stratégie du service hivernal

### Service hivernal différencié

Le service hivernal différencié avec un engagement de sel réduit cherche le meilleur compromis possible entre les exigences de la sécurité du trafic, l'économie et la protection de l'environnement.



Le bon produit avec le bon dosage au bon endroit.  
(Photo: CPAG SA – Suisse, stopglissbio)

Le service hivernal différencié se base sur un **concept réalisable de service hivernal**. Ce dernier vise avant tout un établissement des priorités et, selon le niveau de connaissances actuelles, englobe les éléments suivants:

- description de l'objectif,
- bases légales,
- définitions,
- degrés d'urgence,
- relations claires entre les routes, chemins et autres avec les degrés d'urgence (plan de routes),
- description des niveaux d'épandage de sel (catégories),
- ampleur du service hivernal (ampleur du nettoyage),
- mesures d'accompagnement (par exemple l'élagage des arbres et des arbustes, information aux propriétaires fonciers, etc.).

D'autres éléments ne sont pas déterminants. Chaque commune, chaque ville connaît ses spécificités et donc ses propres possibilités et risques. Comme exemples, on peut citer les particularités urbaines (zones piétonnes, quartiers résidentiels), les pistes cyclables, les stations de tourisme hivernal, etc.

Pour améliorer la compatibilité environnementale, on peut encore indiquer et recommander les éléments suivants:

- le déblayage mécanique de la neige doit rester prioritaire;
- après le nettoyage mécanique, il faut restreindre le salage aux routes extérieures et aux voies urbaines à fort trafic ainsi qu'aux endroits dangereux (fortes pentes, croisements très fréquentés, ponts étroits, passages pour piétons). Pour toutes les autres routes il faut fondamentalement éviter tout épandage de produit;
- il faut éviter de déposer la neige déblayée aux alentours des arbres et dans les zones d'écoulement des eaux de fonte. Ceci est aussi valable pour la neige des fraiseuses et autres chasse-neige;
- les pistes cyclables doivent être traitées en priorité;
- en cas d'épandage de sel, il faut s'en tenir strictement au dispositif prévu et le contrôler;
- du gravillon, du sable, du Stop Gliss Bio et autres fondants écologiques peuvent éventuellement être envisagés comme alternatives ménageant l'environnement sur des voies à circulation lente;
- l'option «zéro épandage» doit être légitimée et donc dûment signalée et communiquée localement. Les gens qui circulent sont ainsi invités à adapter leur comportement aux conditions météorologiques et à l'état des routes.

# Mesures et recommandations

## Optimisation de la technique d'épandage et du dosage

### Service hivernal ménageant l'environnement

L'optimisation de la technique d'épandage permet une réduction des quantités de sel nécessaires, augmente l'efficacité de l'intervention sur les surfaces traitées et ménage ainsi davantage l'environnement. Un **parc d'engins et de machines modernes** ainsi qu'un stockage du sel en silo participent de cette optimisation.

Une complémentarité entre chasse-neige et souffleuses représente aujourd'hui le standard des engins utilisés pour le nettoyage mécanique.

Pour les véhicules et engins d'épandage de sel, la commande automatique de l'épandage est la règle (tacho-pilote: épandage à commande totalement automatique et réglé électroniquement; réglage progressif et totalement synchronisé de la largeur d'épandage; système digital de calcul de la quantité de sel à épandre à l'aide d'un microprocesseur ad hoc).

Les engins les plus récents permettent une limitation de la quantité distribuée au maximum à 10 (voire 15) g/m<sup>2</sup> et par passage et un juste réglage de la largeur

d'épandage (distance optimale du système d'épandage à la voie de circulation).

Le dosage peut être adapté automatiquement et en continu à l'état de la route et à ses variations de température (mesures effectuées par l'engin utilisé, «thermographie»). Simultanément la quantité résiduelle de sel sur la route peut être mesurée de manière opto-électrique.

Les plans d'interventions et d'épandage peuvent être déclenchés en fonction des conditions atmosphériques par commande électronique. Ceci facilite l'optimisation de l'intervention, notamment en cas d'épandage préventif.

Une attention toute particulière sera apportée à l'information, à la sensibilisation et à l'instruction du personnel du service hivernal, notamment de celui qui décide de l'intervention, des conducteurs et opérateurs des engins et machines. Il faut renoncer à un surdosage «préventif» (il est contre-productif et réduit la sécurité pour les usagers de la route).

### Nouvelle stratégie de service hivernal, tel que propagé avant tout en Allemagne.

L'épandage préventif au bon moment et avec le procédé approprié permet de sérieuses économies de quantités de sel et finalement participe à la protection de l'environnement.

(D'après H. Hanke, Congrès de service hivernal, 2012)

Situation à régler	Mesures conseillées pour le service hivernal	
Gel	Epandage préventif	<ul style="list-style-type: none"><li>– Epandage liquide à privilégier*</li><li>– Sinon salage humide</li></ul>
Humidité givrante (fine couche de gel)	Epandage préventif	<ul style="list-style-type: none"><li>– Epandage liquide à privilégier*</li><li>– Sinon salage humide</li></ul>
Forte humidité givrante (Couche de gel)	Epandage préventif	<ul style="list-style-type: none"><li>– Salage humide ou épandage liquide*</li></ul>
Pluie givrante (Gel, glace)	Si possible épandage préventif	<ul style="list-style-type: none"><li>– Epandage liquide à privilégier*</li><li>– Sinon salage humide</li></ul>
Chute de neige (neige givrante)	1. Si possible épandage préventif liquide* ou salage humide 2. Déblayage pendant les chutes de neige et épandage avec une densité restreinte de sel humide 3. En fin de chutes de neige, déblayage intensif et salage humide	
	* Indication: épandage liquide uniquement jusqu'à -6°C, en cas de température plus basse, uniquement salage humide	

Actuellement en Suisse, selon l'ORRchim, le recours à l'épandage préventif n'est autorisé que sous conditions météorologiques critiques et aux endroits exposés.

# Mesures et recommandations

## Choix des produits

### Produits dégellant alternatifs

Chaque sel de déneigement a ses avantages et ses inconvénients. L'efficacité sur la température de décongélation reste un critère important. L'eau gèle à une température en-dessous de 0 °C. Avec des solutions salines, le point de congélation se situe sensiblement plus bas et, selon la concentration de chaque sel, possède son propre point de congélation «**point eutectique**». Des concentrations plus élevées ne baissent alors plus le point de congélation. Pour empêcher de manière fiable la congélation de la saumure, il faut que sa température de congélation se trouve en dessous de la température de la surface de la route. Ceci est possible en augmentant le dosage du sel ou en utilisant un autre produit dégellant.

Les points eutectiques des produits de dégel les plus courants sur le marché et les concentrations de sel y relatives sont les suivants:

NaCl	– 21,3 °C	22,4 %
CaCl <sub>2</sub>	– 55 °C	30,2 %
MgCl <sub>2</sub>	– 21,4 °C	21,4 %

Sur le diagramme eutectique, on peut lire le dosage nécessaire à chaque température; il peut être automatisé pour l'épandage. A cause de la cristallisation du sel, un surdosage reste contre-productif sur l'état de la route et de surcroît, il n'est pas économique.

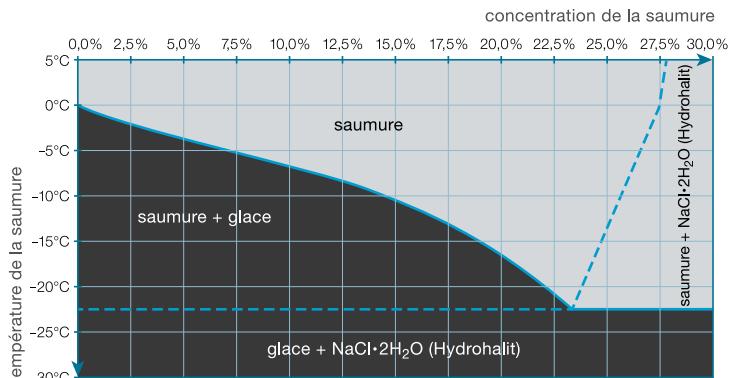


Diagramme eutectique d'une saumure de chlorure de sodium par rapport à la concentration et la température, entendu que l'état de l'agrégat est liquide du côté clair et solide du côté foncé.  
[d'après LIGHT, 2007]

Le **chlorure de sodium** (CaCl<sub>2</sub>) compense ses autres inconvénients sur l'environnement (apport plus élevé de Cl<sup>-</sup>) grâce à un meilleur effet dégellant. C'est pourquoi on ne recourt au CaCl<sub>2</sub> qu'avec la méthode de salage humide et avec la saumure.

Quant au **chlorure de magnésium** (MgCl<sub>2</sub>), par rapport au Cl<sup>-</sup>, il ne représente pas une alternative au NaCl, ayant les mêmes propriétés négatives que CaCl<sub>2</sub> et étant plus coûteux que NaCl.

L'**urée** a un effet dégellant relativement faible et présente de surcroît plusieurs inconvénients pour l'environnement: absorption indésirable de chlorure et enrichissement excessif des eaux avec de l'azote. Elle est plus chère que le NaCl.

L'**acétate de calcium-magnésium (ACM)** présente un faible effet dégellant, mais peut lier les poussières. Dans l'eau, il favorise l'oxygène et agit de façon «eutrophisante». En Suisse, l'ACM n'est pas autorisé.

Le **Safecote**, une mélasse à base de canne à sucre, possède un très bon effet dégellant. Son prix sensiblement plus élevé que le NaCl reste toutefois désavantageux. C'est pourquoi il n'est utilisé que comme adjuvant dans la saumure en cas d'épandage préventif. Sur des routes enneigées, il n'a aucun effet.

### Produits atténuant les gênes de l'enneigement

Le **gravillon** est le produit atténuant les gênes de l'enneigement le plus connu. Il est tout à fait justifié sur des chemins plats à épandage manuel, mais se voit aussi utilisé pour les trottoirs et surfaces sur domaine privé ainsi que dans des stations de tourisme hivernales où les routes sont principalement déblayées en laissant une couche de neige.

A cause de ses inconvénients (maniabilité difficile, transport dans la circulation, dégâts aux carrosseries et pare-brise des véhicules, dépôt sur les surfaces vertes, difficultés de récupération et de débarras, frais élevés de nettoyage, etc.), le gravillon a été peu à peu discrédité et n'est pratiquement plus utilisé.

Le **sable** pourrait constituer une alternative pour les pistes cyclables, mais présente sinon les mêmes inconvénients.

En revanche, l'**Ökostreu** (argile expansée sans additifs), du point de vue des quantités, reste d'une utilisation insignifiante.

### Produits mixtes

Le **Stop Gliss Bio**, une combinaison de copeaux de bois et de solution de MgCl<sub>2</sub> avec un effet atténuateur et dégelt simultané, rencontre de plus en plus d'intérêt. Il est envisageable pour le service hivernal dans le cas de chemins piétons et autres places comme sur des routes à faible trafic et peut être

considéré comme modéré pour l'environnement. Il est donc aussi approprié pour les surfaces urbaines avec des arbres et autre végétation voisine. Son prix plutôt élevé est un inconvénient et sa livraison reste difficile pour le moment.

**Liapor Tau/Ökotau** est un mélange vaporeux entre de l'argile expansée et de l'urée; cette composition a un effet atténuateur et dégélant simultané. L'utilisation d'urée nécessite une autorisation ad hoc.

## Méthodes d'épandage

### Epandages alternatifs de sel

Avec l'**épandage de sel humide**, on mélange d'habitude directement à l'épandage 70% de sel avec 30% de saumure (FS 30). Normalement, la saumure utilisée se compose de  $\text{CaCl}_2$  ou de  $\text{MgCl}_2$ , exceptionnellement de  $\text{NaCl}$ , à une concentration de 20%. La réduction de la perte par dispersion, la régularité de son épandage, la plus grande largeur de son épandage, l'amélioration de l'adhérence, l'effet de dégel plus rapide, son efficacité prolongée, sa meilleure efficience sur la surface (moins de sel dans la végétation voisine) comme la diminution de la quantité nécessaire sont autant d'avantages. Les frais plus élevés dus aux additifs sont compensés par la diminution des quantités nécessaires. Près de 40 à 45% de quantité de sel peut ainsi être économisé en milieu urbain. Comme inconvénient, il reste une plus grande adhérence sur les végétaux (embruns et chasse-neige) ainsi qu'un plus fort apport de  $\text{Cl}^-$ .

Avec l'**épandage liquide** (saumure), la quantité nécessaire pourrait être réduite jusqu'à 2 g/m<sup>2</sup> et par passage. L'application d'une saumure pure est appropriée sur des routes plates ou de peu de pente à titre préventif lors d'une température située au-dessus de -6 °C. En plaine, de telles situations se présentent très souvent en cours d'hiver. L'utilisation de saumure constitue alors une vraie alternative réellement économique et ménageant l'environnement. En Suisse, selon l'ORRchim, le recours à l'épandage préventif n'est autorisé que sous conditions météorologiques critiques et aux endroits exposés. Une recherche bibliographique, notamment chez nos voisins allemands, a démontré que l'épandage de saumure participe aux concepts modernes de service hivernal et que les infrastructures se modernisent en conséquence. D'un point de vue environnemental, il est donc nécessaire qu'en Suisse aussi ces restrictions soient assouplies.



Épandeur à saumure, une technique ménageant le sel.  
(Photo: EPOKE, City Sprayer)

## Mesures architecturales

Lors de la réalisation d'infrastructures, il faut déjà prévoir le service hivernal. On peut par exemple sensibiliser le personnel à ces questions par de l'instruction et des fiches de renseignement. Des revêtements peu gélifs (qui se réchauffent) peuvent exceptionnellement présenter une option en situations délicates. Des dispositifs contre l'écoulement des eaux de surface dans la végétation en bord de routes peuvent avoir des effets négatifs car en été l'écoulement de l'eau est aussi empêché.



Surfaces adaptées aux arbres: l'eau de surface peut pénétrer, lessiver les restes de sel et améliorer les conditions hydriques de l'arbre. (Photo: Stadtgärtnerei Basel)

# Aspects horticoles

Le juste choix de l'essence d'arbre représente une décision située sur le fil du rasoir dans un milieu complexe et aux multiples contraintes. La fumure et les soins aux arbres ne peuvent compenser les conséquences du sel de déneigement.

## Choix des espèces d'arbres et arbustes appropriées

Dans la nature il existe des **glycophytes** (plantes sensibles au sel) et des **halophytes** (plantes tolérant le sel). Ces plantes se différencient avant tout par leur tolérance envers de hautes concentrations de sel. Elles présentent fondamentalement les mêmes mécanismes d'adaptation, mais les halophytes s'adaptent plus vite et supportent une salinité extrême. Les glycophytes s'adaptent progressivement jusqu'à une tolérance à une salinité relativement élevée. La frontière entre les plantes extrêmement sensibles au sel et celles qui y sont extrêmement tolérantes est floue, car la capacité d'adaptation rend une séparation stricte très difficile.

### Toutes les espèces d'arbres et d'arbustes envisageables sous le climat de nos villes sont des plantes sensibles au sel (glycophytes).

La tolérance au sel est liée à l'espèce. Il y a aussi des différences génétiques au sein des espèces. A cause de la longévité des arbres, une sélection au niveau du semis est difficilement réalisable. Par ailleurs, chaque graine a son propre patrimoine génétique. Des essais avec de la multiplication végétative (par exemple des boutures) ont en revanche connu quelques succès.

En fait, il n'existe pas de résistance au sel (du moins chez les glycophytes). Les «prédispositions» de la plante (sa constitution), le biotope et les autres facteurs de l'endroit restent déterminants pour le degré de résistance au sel.

### Il est largement illusoire d'imaginer des valeurs limites pour les quantités de sel à répandre.

La répartition des quantités de sel dispersées aux différents endroits concernés (végétaux, dérivation des eaux, sol, etc.) est difficile à quantifier. De même, il est impossible de généraliser les concentrations mesurées dans les sols et les feuilles ou les aiguilles. Même des feuilles sans signes extérieurs de dégâts peuvent présenter de grandes teneurs en sel. Par ailleurs, les concentrations mesurées ne permettraient que difficilement d'établir un lien avec les quantités de sel effectivement utilisées au cours de l'hiver. C'est le système dans son ensemble qui est affecté, les sels s'accumulent sur plusieurs années et circulent dans un cycle entre le sol et la couronne des

arbres. Cela englobe aussi la mobilisation dans le sol et la percolation en direction de la nappe phréatique.

Les services des parcs et promenades sont confrontés au difficile choix de la bonne espèce d'arbre. Il existe bien sûr des listes spécifiques indiquant les espèces adaptées au milieu urbain. Elles n'ont toutefois qu'une valeur indicative. Outre la tolérance au sel, le choix d'espèce doit prendre en compte bien d'autres aspects, par exemple:

- biodiversité (diversité écologique et génétique),
- biotope (zone radiculaire, climat urbain),
- possibilités d'entretien (conditions de croissance, possibilités techniques sur des routes à grand trafic),
- image et effet (forme, fleurs, couleur, saisons, etc.).

De plus, suivant la situation, une sensibilité restreinte aux pathogènes, l'adaptabilité aux changements climatiques, la tolérance à la sécheresse, une sensibilité restreinte aux polluants aériens, les exigences pédologiques, etc. jouent un rôle déterminant. Par principe, les néophytes invasifs n'entrent pas en ligne de compte.

**A considérer tous les critères, la palette du choix d'espèces d'arbre est très réduite.**

## Réduction du stress pour les arbres et les arbustes

Il faut évidemment éviter, voire diminuer le plus possible toute sorte de stress pour les arbres en milieu urbain. Par exemple de la manière suivante:

- fumure régulière avec un engrais complet équilibré, qui comporte de la matière organique,
- installation de systèmes d'irrigation et d'aération,
- arrosage périodique total au tuyau ou encore mieux en utilisant un drain préinstallé dans l'aire racinaire,
- sarclage régulier de l'assiette de l'arbre et apport d'humus pour favoriser l'aération et la viabilité des microorganismes,
- à la suite de la mort de l'arbre et en cas de replantation: changement du substrat avarié et remplacement par de la «terre» riche en humus et substance nutritive,

- éviter et contrer le tassement du sol,
- prévoir des dimensions généreuses pour les fosses et les bermes destinées aux arbres,
- couvrir les surfaces plantées par une sous-végétation (couvre-sol).

## Fumure

À la suite de nombreuses analyses de sol et de feuilles, il a été établi que les arbres en ville disposent souvent d'insuffisamment de  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $P_2O_5$ ,  $NO_3$ , B et Mn. En revanche, ils bénéficient en surabondance de  $CaO$  et de  $NaCl$ . Une plante avec une fumure insuffisante ou déséquilibrée se montre hypersensible aux maladies physiologiques.

**La fumure sert avant tout à empêcher l'apparition de déficiences et donc à renforcer la vitalité. Elle n'est en aucun cas un traitement approprié contre l'accumulation de sel.**

Avant la fumure, il faut procéder à des analyses du sol et des feuilles. Il n'y a pas de règle générale pour la fumure. D'après les expériences y relatives, on peut conseiller ceci:

- pour favoriser la croissance des racines et la résistance à la sécheresse, une riche fumure en  $K_2O$  et en  $P_2O_5$  est nécessaire;
- dans le substrat nutritif, le rapport N:P:K:Mg doit osciller entre 6:10:18:2 et 10:15:20:2. S'y ajoutent les oligo-éléments B et Mn;
- afin d'être efficace plus longtemps, la fumure ne doit pas être trop solvable dans l'eau (slow release);
- la fumure doit être exempte de  $Cl^-$ , physiologiquement acide et ne doit pas contenir d'azote sous forme de  $NH^{4+}$  ou d'urée.

L'effet de la fumure ne sera perceptible qu'après 2 ou 3 ans et il faut la répéter tous les 3 à 4 ans.



Des emplacements d'arbres végétalisés avec des soins horticoles diminuent les préjudices et favorisent la santé de l'arbre.

(Photo: Stadtgärtnerei Basel)

## Soins aux arbres

Dans le cadre d'un calcul de la valeur des arbres, la Ville de Bâle a comparé les frais totaux pour la plantation et les soins annuels moyens d'arbres en ville en situation favorable et défavorable. L'espérance de vie moyenne des arbres a été estimée à 100 ans en situation favorable et à 60 ans en situation défavorable. En admettant une augmentation des frais avec le grand âge (surtout pour de l'élagage et la suppression de dangers), l'étude conclut pour les deux situations à des frais d'entretien annuels moyens identiques. Vu l'importance des arbres en ville et les frais qu'ils occasionnent aux services publics, cette conclusion est étonnante.

Ces calculs ne tiennent toutefois pas compte de la diminution des prestations écologiques des arbres malades et déperissants ainsi que de la réduction de leurs valeurs conceptuelles, culturelles, architecturales, urbanistiques et autres. Rien que pour la compensation des prestations écologiques, il faudrait remplacer non seulement les arbres endommagés par le sel mais en plus planter des centaines de nouveaux arbres. Les frais supplémentaires seraient démentiels.

# Aspects horticoles

## Documentation et contrôle des résultats

L'observation et l'évaluation à long terme d'arbres choisis en fonction de leur habitus, de leur croissance et de leur état phytosanitaire (qualification des arbres) peuvent permettre de prendre en considération des changements et ainsi sensibiliser à leur dynamique tout en fournissant des indications.

Il est par ailleurs conseillé de bien documenter les expériences et de **contrôler les résultats et l'efficacité** des travaux effectués.



La perte écologique liée au remplacement d'un vieil arbre par un jeune sujet est difficile à mesurer. Les bilans écologiques relatifs au service hivernal doivent pourtant prendre en considération cet élément! (Photo: Stadtgärtnerei Basel)

## Collaboration entre les services verts et ceux des travaux publics

La conservation des espaces verts urbains, des prestations écologiques ainsi que des valeurs conceptuelles, culturelles et architecturales des arbres en ville et des quartiers d'habitation est une tâche publique. Le service hivernal poursuit plutôt d'autres objectifs. La recherche de solutions communes ne peut se passer de compromis. Et ceci rend indispensable une collaboration étroite entre les services concernés.

## Relations publiques

Réaliser un service hivernal qui ménage l'environnement nécessite force information et relations publiques. Le contexte relationnel est complexe et s'étale sur plusieurs niveaux. Des solutions appropriées sont possibles avec une tolérance réciproque, un renoncement à des exigences excessives envers le service hivernal et un comportement adéquat des utilisateurs. Avec de nouveaux produits et des techniques d'épandage inédites, il y a moyen d'atténuer les conséquences du service hivernal sur les routes, sur les ouvrages d'art, sur les installations de dérivation et sur les arbres en ville.

### Impressum

#### Editeur

Secrétariat de l'USSP  
Breitlostrasse 5, 8802 Kirchberg,  
Tel. +41 44 771 68 34, Fax. +41 771 68 33  
vssg@bluewin.ch, www.vssg.ch

#### Groupe de projet USSP

Konrad Bruderhofer,  
chef du Service des parcs de Schaffhouse

Axel Heinrich,  
groupe de recherches «Utilisation des plantes»,  
Haute école spécialisée, Wädenswil  
Dominique Jeanneret,  
chef de projet au Service des parcs de la Ville  
de Bâle

#### Traduction

Roger Beer, ingénieur forestier EPFZ/SIA,  
Séquoia & Gardens, Genève

#### Auteur

Dr Rudolf Zuber, ing. forestier EPFZ/SIA,  
Büro für forstliche Beratung und Planung, Coire

#### Quelle:

Zuber, R. (2013)  
Streusalz: Auswirkungen auf die Stadtbäume  
und Gegenmassnahmen.  
Literaturstudie.  
Rapport sur mandat de l'USSP, 94 pages

#### Gestaltung

Schärer + Bachmann graphic design, Basel

#### Druck

Dreispitz Druck, Basel