# Questions fréquentes sur le salage des routes

Le réseau routier suisse s'étend aujourd'hui sur plus de 71 000 km. Depuis 1956, un déneigement et un salage hivernal sont systématiquement pratiqués sur les autoroutes, les routes cantonales et la plupart des voies communales afin de garantir la sécurité et la fluidité du trafic par temps de neige et de verglas. Ces pratiques mettent en œuvre des quantités colossales de sel et sont de plus en plus controversées. L'annexe 2.7 de l'Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) précise les conditions et restrictions d'utilisation des produits dits « à dégeler ». Le présent document fournit quelques éléments de réponse sur les questions les plus fréquentes concernant le salage des routes.

**Quel type de sel utilise-t-on pour le salage des routes et d'où provient-il ?**
Le sel appliqué sur les routes suisses est, dans l'immense majorité, du chlorure de sodium (NaCl) ou sel de cuisine d'origine minière. L'utilisation d'autres produits, comme le sel de mer ou le chlorure de calcium, est plutôt anecdotique. Le sel épandu provient exclusivement des Salines suisses du Rhin à Pratteln (BL) et de la Saline Bex SA à Bex (VD) qui disposent de réserves suffisantes pour couvrir les besoins de la Suisse pendant plusieurs siècles. Il est produit par dissolution du sel gemme en grande profondeur puis recristallisation en surface de la saumure ainsi obtenue. Les droits d'exploitation ou de régale sur le sel appartiennent aux cantons mais sont régulièrement convoités par le secteur privé.

**Quelles sont les diverses utilisations du sel et quelles sont les quantités mises en œuvre pour la viabilité hivernale ?**
D'une capacité maximale respective de 500 000 et de 30 000 tonnes/an, les salines suisses du Rhin et de Bex produisent, selon les besoins, entre 400 000 et 530 000 tonnes de sel par an. Si ce sel gemme trouve des applications dans le domaine alimentaire (8%), agricole (4%) et industriel (25%) et dans le traitement de l'eau (échange d'ions et adoucissement) (8%), sa principale destination est l'entretien hivernal des routes (50%) (statistiques de 2010). Les besoins en sel de voirie dépendent entièrement des conditions météorologiques et peuvent varier du simple au triple d'une année sur l'autre. Après avoir progressivement augmenté ces dernières années, ils peuvent aujourd'hui atteindre 300 000 à 350 000 tonnes lors d'hivers rigoureux. En période de pointe, de 6000 à 7000 tonnes de sel peuvent être appliqués sur les routes en une seule journée. La production des salines est quant à elle de l'ordre de 1200 à 1500 tonnes par jour et ne peut être adaptée à la demande pour des raisons économiques. Les salines doivent donc disposer d'importantes capacités de stockage pour livrer en fonction des besoins : elles sont de 152 000 tonnes aux Salines du Rhin et de 11 000 tonnes à Bex. Avec celles dont disposent les cantons, les réserves de la Suisse s'élèvent donc à environ 400 000 tonnes. La crainte d'une insuffisance des réserves suisses souvent exprimée dans les médias est donc parfaitement injustifiée : à eux seuls, les stocks des salines permettraient d'approvisionner les services de la voirie pendant un mois de consommation maximale. Le cours du sel est actuellement de 190 à 200 francs la tonne.

**Quelle est la quantité de sel épandue en une application ?**
Grâce aux progrès techniques réalisés depuis les années 1960, la quantité de sel appliquée par unité de surface n'est plus aujourd'hui que de 10 à 15 g/m$^2$ contre 40 il y a cinquante ans. Notamment, la technique actuelle d'application sous la forme liquide de saumure est plus économe tout en livrant de meilleurs résultats. L'augmentation des besoins en sel de déneigement enregistrée ces dernières années s'explique donc avant tout par une plus grande fréquence des interventions.

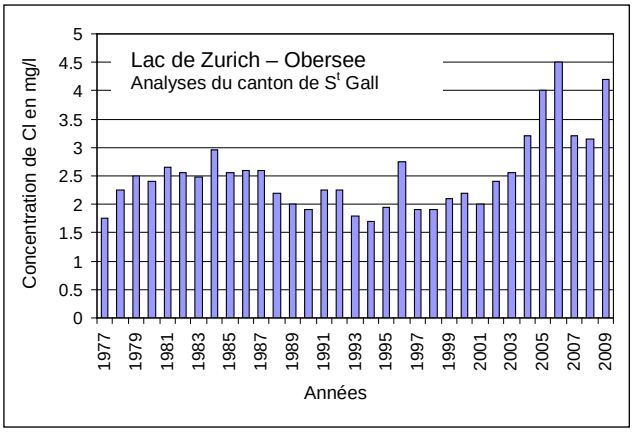
**Quels sont les avantages et les inconvénients du salage des routes ?**
L'entretien hivernal du réseau routier permet de réduire de 15 à 20% le risque d'accidents sur chaussée glissante et, en fluidifiant le trafic, de limiter la consommation de carburant due à la circulation automobile. Mais ces bénéfices mesurables en termes monétaires ont également un coût lié à l'achat du sel, l'acquisition et l'entretien des engins et infrastructures spécifiques et la rémunération des agents. D'après l'Association allemande de l'industrie du sel (VKS), le rapport coûts/bénéfices devient favorable au salage à partir de 140 véhicules en transit. Cette analyse ne tient cependant pas compte des coûts indirects dus par exemple à la corrosion ou à l'endommagement des végétaux de bord de route.

**Quel est l'impact du salage des routes sur les milieux aquatiques ?**
L'impact dépend de la nature du milieu recevant les charges de sel. La teneur en NaCl des eaux de fonte s'écoulant des routes et autoroutes lors des opérations de salage varie très fortement et peut atteindre des valeurs de l'ordre de quelques centaines à plusieurs milliers de mg de Cl par litre. Dans le milieu aquatique, on considère

que les teneurs en chlore et en sodium ne doivent pas dépasser 20 mg Cl/l et 20 mg Na/l pour permettre la production d'eau potable. Ces valeurs sont cependant purement indicatives et n'ont aucun caractère légal. La loi suisse n'impose aucun seuil pour ces deux éléments. On observe toutefois une aggravation des problèmes de corrosion à partir de 80 mg Cl/l et une altération gustative de l'eau potable à partir de 100 mg Cl/l. L'OEaux définit pour cette raison un seuil de 40 mg Cl/l pour les eaux souterraines servant à la production d'eau potable. Aucune prescription n'a été émise pour les effluents de stations d'épuration.

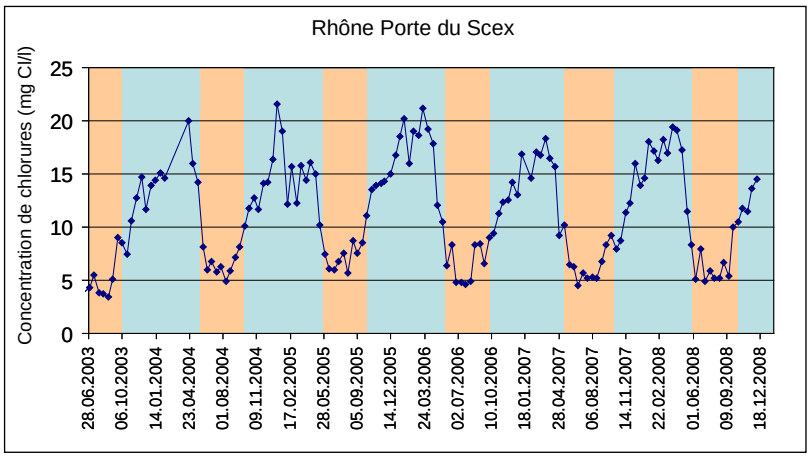
*Déversements en lac*

Le sel transporté par les eaux de voirie se dilue très rapidement dans le milieu lacustre. Toutefois, des apports prolongés et répétés provoquent à long terme une augmentation de la teneur en sel dans le milieu dont l'importance dépend des caractéristiques du lac (débit entrant, débit sortant, durée de séjour, profondeur etc.). Les plus sensibles sont les petits lacs du Plateau: alors que tous les lacs de la zone présentaient des teneurs en chlore comprises entre 1 et 4 mg/l dans les années 1940, les plus petits comme le lac de Morat et le Greifensee en renferment aujourd'hui près de 20 mg/l tandis que les teneurs sont restées plus modérées dans les lacs plus importants et moins exposés comme les lacs de Neuchâtel (11 mg Cl/l), de Bienne (9 mg Cl/l), de Brienz (0,8 mg Cl/l) ou de Thoune (1,3 mg Cl/l). Le seuil de 40 mg Cl/l n'est atteint dans aucun lac.



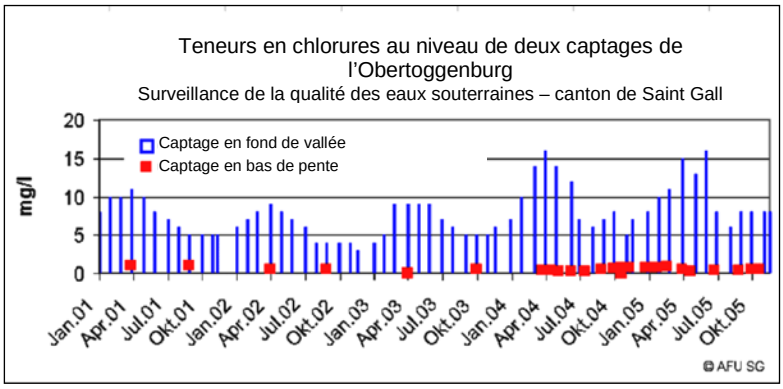

*Déversements en cours d'eau*

Les cours d'eau sont les milieux aquatiques les plus réactifs aux apports salins hivernaux. De nombreuses analyses et modélisations montrent qu'il existe une nette corrélation entre la concentration en chlorures dans les fleuves et grandes rivières et l'application de sel de déneigement sur les routes (situation du Rhône avant son embouchure dans le Léman, par exemple (NADUF)). Les teneurs maximales restent généralement inférieures à 20-30 mg/l même si des pointes à 60-80 mg/l ont été mesurées dans la Glatt, une rivière particulièrement exposée.




Pour être caractérisée, la situation des cours d'eau de moindre importance, dont capacité de dilution risque d'être insuffisante, demande une approche plus différenciée. En reprenant une étude de l'Eawag de 1974, plusieurs scénarios „du pire" ont été retravaillés au vu des conditions actuelles pour évaluer l'impact du salage sur 8 ruisseaux piscicoles de la région bernoise. A partir des données concernant les surfaces routières et les quantités de sel appliquées, les concentrations maximales de chlorures pouvant être atteintes à débit moyen ont été calculées en imaginant que la totalité de la charge annuelle y soit déversée en seulement cinq jours. Même dans ces circonstances particulièrement contraignantes, la teneur en chlore ne dépasserait pas 30 à 400 mg/l dans les ruisseaux récepteurs. Etant donné que le domaine de concentration jugé toxique pour les poissons est de l'ordre du g/l en cas d'exposition prolongée sur plusieurs jours, le salage des routes ne semble pas entraîner de situation préoccupante dans les cours d'eau.

*Infiltration dans la nappe phréatique*




Sous l'effet de l'infiltration des eaux de voirie, un flux salin concentré traverse les horizons non saturés du sol et finit par atteindre les nappes phréatiques. Une fois dans les aquifères, une dilution se produit rapidement et les concentrations en sel se stabilisent généralement à des niveaux inférieurs à 20 mg Cl/l ou 20 mg Na/l en l'espace de 50 à 200m. Grâce à la faible salinité naturelle des eaux souterraines suisses, de fortes teneurs n'y sont atteintes que de façon momentanée et très localisée. Néanmoins, une augmentation des concentrations de sel dans les nappes phréatiques suite au salage des routes est souvent observable. Pour étudier cette relation, le canton de Saint-Gall a comparé l'évolution des concentrations de chlorures au niveau d'un captage de fond de vallée et dans une source voisine non influencée. Suite au décalage dû au transit des eaux dans le sous-sol, les pointes de concentration apparaissent au printemps. Les observations faites dans divers aquifères du canton révèlent d'autre part que des concentrations particulièrement élevées ont été atteintes dans les années 2004 à 2006 (45-60 mg Cl/l). Cette augmentation par rapport aux années précédentes coïncide parfaitement avec une augmentation des quantités de sel appliquées sur les routes pendant cette période.

**Peut-on craindre un effet toxique des additifs ?**

Certaines substances sont ajoutées en petites quantités au sel de déneigement pour l'empêcher de s'agglomérer. L'antiagglomérant le plus couramment utilisé est le ferrocyanure de sodium. S'il est peu toxique en lui-même, ce sel réagit à la lumière et se transforme à hauteur de 50% en cyanure d'hydrogène hautement toxique. Les concentrations estimées à partir des teneurs en sel de déneigement mesurées dans le milieu aquatique se situent toutefois dans un domaine jugé inoffensif.

**Quel est l'impact du salage des routes sur le sol et la végétation ?**

C'est aux abords immédiats des routes que l'impact environnemental du salage est le plus fort. La quantité de sel émise par écoulement diminue de façon exponentielle sur une distance de 3 à 4 mètres à partir du bord de la chaussée. Mais le ruissellement des eaux de fonte n'est pas la seule voie de pénétration du sel dans le milieu naturel. La nébulisation et les éclaboussures provoquées par le trafic et le vent lui permettent d'atteindre aussi bien le sol que la végétation environnante. Etant donné que la dilution dans l'eau du sol est beaucoup plus faible que dans le milieu aquatique et que le transport de la charge saline dans le milieu interstitiel est particulièrement lent, les concentrations en sel restent élevées dans les horizons A et B jusqu'en début d'été et ne diminuent qu'à la faveur du lessivage entraîné par les orages. D'autre part, le sodium a la faculté de s'accumuler dans le sol et les concentrations, habituellement de l'ordre de 50 mg Na/kg de sol, peuvent atteindre 500 mg/kg au bout d'une vingtaine d'années. La végétation et la faune du sol se voient donc exposées à un accroissement prolongé de la salinité du milieu. Jusqu'à présent, aucune modification notable n'a été observée chez les microorganismes du sol aux concentrations de sel habituellement utilisées pour l'entretien hivernal des chaussées. En revanche, la végétation du bord des routes présente des dommages significatifs suite à la salinité de la solution du sol absorbée et au contact du feuillage avec les embruns salés. L'impact du sel de déneigement sur la végétation peut être quantifié au travers des teneurs foliaires en chlorures et en sodium. Ainsi, les feuillus présentent des dommages à partir d'une concentration de Cl excédant 1% de leur masse sèche tandis que ce seuil est d'environ 0,5% chez les conifères. Les dosages effectués le long des autoroutes et routes nationales dans plusieurs pays montrent que les plantes herbacées peuvent renfermer de 0,3 à 3% de Cl dans le premier mètre bordant la voirie et de 0,2 à 1,5% dans une bande de cinq mètres. Des teneurs maximales de 0,4 à 0,9% ont été mesurées dans les conifères bordant les autoroutes.

**Le sel de déneigement perturbe-t-il le fonctionnement des stations d'épuration ?**

En hiver, la charge saline des eaux usées augmente fortement suite au salage des chaussées. La dilution des eaux de voirie par les eaux usées domestiques est cependant suffisante pour que les concentrations atteintes restent en dessous d'un niveau susceptible d'affecter les boues activées. Alors que leur fonctionnement n'est perturbé qu'à partir de 1000 mg Cl/l, les teneurs en chlore mesurées sont en général de l'ordre de 200 à 600 mg/l et atteignent exceptionnellement 900 mg/l. Les baisses de rendement d'épuration constatées ponctuellement en période de fonte des neiges peuvent être dues à d'autres facteurs liés plus ou moins directement à la modification de la composition des eaux usées, comme par exemple la température.

**Existe-t-il des solutions de substitution au salage ?**
Pour assurer la viabilité hivernale des voies de circulation, deux approches peuvent être adoptées. La première consiste à faire fondre la glace ou la neige tassée en abaissant la température de fusion à l'aide de produits appelés fondants tandis que la seconde vise à augmenter la rugosité des surfaces par l'épandage d'abrasifs. Les « produits à dégeler » contenant des fondants autres que le chlorure de sodium, de calcium ou de magnésium, l'urée, les alcools dégradables à faible poids moléculaire ou les formiates ou acétates de sodium ou de potassium ne doivent pas être utilisés. Mais leur prix est souvent prohibitif pour une utilisation routière. L'urée est à proscrire du fait d'émissions d'ammonium nuisibles au milieu aquatique et, comme les alcools et acétates, son utilisation n'est plus autorisée que dans les aérodromes depuis le 1er septembre 2015.
Après trois ans d'expérimentation dans le canton de Berne (rapport final, PDF), les mélasses issues de la production de sucre figurent aujourd'hui sur la liste des substances à dégeler autorisées et peuvent maintenant être employées en tant qu'additifs pour saumure. Toutefois, leur utilisation sur les routes nationales est assortie de conditions d'ordre technique. Dans les tests réalisés par l'Office fédéral des routes (OFROU), un produit du nom commercial de « Safecote » a été utilisé comme additif dans une saumure épandue telle quelle ou selon la technique du sel pré-humidifié. Les saumures les plus utilisées sont les solutions de chlorure de sodium (NaCl) et de calcium ($CaCl_2$). Durant les tests, les solutions de $CaCl_2$ ont été remplacées par des saumures de NaCl au Safecote. Le $CaCl_2$ étant très corrosif, cette stratégie permet de protéger aussi bien les utilisateurs que les appareils et véhicules. Safecote est un mélange de sucres, d'acides organiques, de bétaïnes et de sels minéraux solubles (des sous-produits de l'industrie sucrière) et présente donc une forte teneur en carbone organique. La nouvelle approche réglementaire prévoit de limiter l'utilisation et le dosage de cet additif de sorte que son carbone organique dissous (COD) soit facilement biodégradable et ne dépasse pas certains seuils. Les contrôles effectués au niveau des émissions ne révèlent cependant pas d'augmentation significative de la charge en COD suite à l'emploi de Safecote. Cet additif ne semble donc pas jouer de rôle important pour les milieux aquatiques et rien n'indique qu'il puisse causer de surcharge des stations d'épuration.
En dehors de l'application de fondants, le déversement de matériaux permettant de récréer une surface abrasive comme les gravillons, l'argile expansée ou les copeaux de bois additionnés de sel, est souvent pratiqué en zone résidentielle, sur les routes secondaires et dans les rues piétonnes. L'efficacité de ce sablage pour la sécurité routière est jugée plus faible que celle du salage. D'autre part, les applications doivent être renouvelées régulièrement et les matériaux récupérés au printemps, voire brulés dans le cas des copeaux de bois. Le sablage n'est donc considéré comme une réelle alternative au salage que sur les voies de faible importance et les trottoirs.

**Comment réduire les quantités de sel appliquées et donc les effets sur l'environnement ?**
À l'heure actuelle, le salage au NaCl reste la méthode la plus économique et la plus écologique d'entretien hivernal des chaussées. C'est donc principalement par le biais d'améliorations techniques qu'une réduction de l'impact environnemental pourra être atteinte. Ainsi, une meilleure optimisation de la technique d'épandage de saumure en fonction des conditions météorologiques et du trafic devrait permettre de ramener les quantités de sel appliquées à un niveau inférieur à 10 $g/m^2$. Par ailleurs, le salage n'est pas le seul moyen d'augmenter la sécurité routière en hiver : celle-ci passe avant tout par l'utilisation systématique des pneus-neige et une conduite adaptée. Étant donné, d'autre part, que la pratique la plus courante d'évacuation des eaux de voirie est encore le ruissellement direct sur les bas-côtés, il serait judicieux de privilégier les espèces résistantes au sel pour l'aménagement des bandes herbeuses et de respecter une distance de cinq à dix mètres pour la plantation des arbres.

**Produits de dégivrage utilisé sur les aéroports et aérodromes**
Les liquides utilisés pour le dégivrage des avions soulèvent le même type de questions que le salage des routes. À l'aéroport de Zurich, l'emploi d'antigels (pentylène glycol, formiate de sodium) entraîne l'émission d'une charge organique pouvant atteindre 1 100 tonnes de carbone lors des hivers les plus rigoureux. 55% de ces émissions se retrouvent dans l'atmosphère et 300 tonnes de la partie restante sont efficacement traitées par des procédés variant selon la concentration des solutions interceptées. Le reste est évacué par un système de drainage et se déverse dans les ruisseaux puis dans la Glatt lorsqu'il ne s'infiltre pas dans le sol. La charge non traitée est estimée à environ 200 tonnes de carbone par hiver. L'aéroport de Zurich était tenu de remédier à cette situation jusqu'en 2014. Si cette charge en carbone n'est pas toxique pour les cours d'eau et se dégrade facilement dans le milieu, elle peut avoir des impacts localisés en favorisant le développement de bactéries indésirables sur le fond de la Glatt et en entraînant une consommation excessive d'oxygène dans les petits affluents. L'ajout de benzotriazole, un inhibiteur de corrosion toxique, dans les liquides antigel n'est plus pratiqué depuis 2007. De même, l'aéroport de Zurich n'utilise plus d'urée depuis 2003 en raison de ses émissions nocives d'ammonium dans la Glatt.

Décembre 2011 / mise à jour : février 2016
Rédaction : Prof. Dr. Markus Boller (anc. Département Gestion des eaux urbaines) et Andri Bryner (Service Communication)