

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 74 (1982)  
**Heft:** 1-2

**Artikel:** Sel de déneigement : avantages et inconvénients des chlorures  
**Autor:** Fahrni, Hans-Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-954756>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Beispiel eine anschliessende reduzierte Messung veranlassen. Fällt dieser Entscheid unmittelbar nach der Mini-Messung und haben sich die Messbedingungen (zum Beispiel Staukote) nicht geändert, so müssen nur die zusätzlichen Beobachtungselemente von der Mini-Messung zur reduzierten Messung beobachtet werden.

Mini-Messungen beruhen auf weitergehenden Annahmen in bezug auf Festpunkte als reduzierte oder vollständige Messanlagen. Die Resultate von Mini-Messungen sind daher weniger sicher und auch weniger genau als diejenigen der reduzierten Messungen. Reduzierte Messungen und Mini-Messungen unterscheiden sich von vollständigen Messungen im wesentlichen durch die kleinere Zahl von Informationen und durch deren geringere Zuverlässigkeit und Genauigkeit. Bei geeigneter Konzipierung der Messanlagen vermögen sie aber den Zweck zu erfüllen (Vergleiche dazu auch Kapitel 5, Messprogramm).

#### 4.5 Ganzjährige Messbereitschaft

Wenn Unregelmässigkeiten auftreten; treten sie nicht nur während des Sommers und Herbstanfang ein. Bei der Mehrzahl unserer Staumauern liegen aber im Winter beträchtliche Schneemengen und herrscht zeitweise Lawinengefahr. Daraus ergibt sich die Forderung, dass Teile der geodätischen Messanlage auch im Winter zugänglich und messbar sein sollten. Auch diese Randbedingung ist bei der Anlage der mehrstufigen geodätischen Messanlage zu berücksichtigen.

#### 5. Messprogramm

Auch in bezug auf das Messprogramm, die Reihenfolge periodischer geodätischer Messungen, ist eine Entwicklung eingetreten. Während in früheren Zeiten – aus Kosten- und Genauigkeitsgründen – hauptsächlich im Herbst bei vollem Stausee gemessen wurde, hat sich heute die Ansicht durchgesetzt, dass auch Frühjahrsmessungen bei niedrigem Wasserspiegel aufschlussreiche Resultate liefern.

Ein für eine längere Zeit aufgestelltes Messprogramm hat also neben vollständigen, reduzierten und Mini-Messungen auch Messungen im Frühjahr und Herbst zu berücksichtigen. Die Intervalle zwischen den verschiedenen Messungen sind von Staumauer zu Staumauer verschieden. Wiederum ist es in erster Linie der verantwortliche Staumauerexperte, der zusammen mit der Staumauereigentümerin und der Aufsichtsbehörde das Messprogramm festlegt. Wegen der weitergehenden Annahmen bezüglich der Festpunkte ist es nicht angebracht, nur Mini-Messungen anzugeben. Und das Intervall zwischen 2 vollständigen Messungen ist mit 20 Jahren in unseren Augen zu lang.

Mit den preiswerten Mini-Messungen bietet die geodätische Deformationsmessung den Überwachungsorganen gerade die Möglichkeit, in kürzeren Abständen zusätzliche Informationen über das Verhalten der Staumauer zu erhalten.

#### 6. Schlussbemerkungen

Die Überwachung einer Staumauer ist heute eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Bauingenieur, Geologe und Vermessungsingenieur. Es gibt dazu keine Rezepte, höchstens gewisse Richtlinien.

Neuere Instrumente und EDV vereinfachen vieles. Für den Erfolg einer geodätischen Deformationsmessung ist die geschickte Konzeption und die fachgerechte Durchführung der Messungen und Auswertungen, das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine, massgebend.

Die Konzipierung einer geodätischen Messanlage und des dazugehörigen Messprogramms ist Massarbeit. Wichtig ist das gegenseitige Verständnis und die gegenseitige Verständigung zwischen Bauingenieur, Geodät, Eigentümerin der Staumauer und Aufsichtsbehörde.

#### Literatur

- [1] W. Lang, Deformationsmessungen an Staumauer, 1929, Verlag L + T, Bern
- [2] «Schweiz. Bauzeitung» Band 83 (Februar 1924)
- [3] «Schweiz. Bauzeitung» Band 91 (April 1928)
- [4] «Schweiz. Bauzeitung» 76. Jahrgang, Heft 12 und 13 (März 1958) Prof. Dr. F. Kobold, Geodätische Methoden zur Bestimmung von Geländebewegungen und von Deformationen an Bauwerken.

Adresse des Verfassers: Kurt Egger, c/o Ingenieurbüro Walter Schneider AG, 7000 Chur.

Überarbeitete Fassung der Ausführungen des Verfassers an der Tagung über geodätische Deformationsmessungen vom 3. und 4. September 1981 in Sitten und Zuerich. Die Tagung wurde vom Schweizerischen Nationalkomitee für Grosses Talsperren, Ausschuss für Talsperrenbeobachtung, durchgeführt.

## Sel de déneigement

### Avantages et inconvénients des chlorures

Selon les conditions météorologiques, 50 000 à 150 000 t de sel sont épandus chaque hiver sur les routes pour faire fondre la neige. Le produit généralement utilisé est le sodium, c'est-à-dire le sel de cuisine; mais parmi la consommation totale des fondants, 10 à 20% sont des chlorures de calcium ou de magnésium, deux catégories de sels encore efficaces à une température de -10 °C. Une comparaison entre les quantités de sels de déneigement et les autres sources de concentration naturelles ou émanant des activités humaines nous fournit l'image de la figure 1.

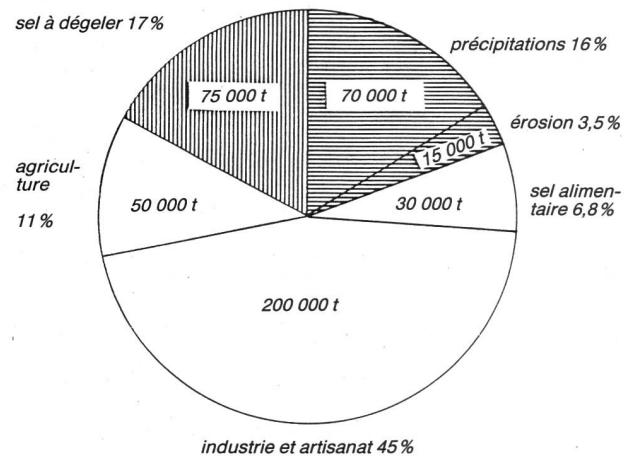


Figure 1. Répartition des sources de chlorures en Suisse. Toutes les indications mentionnées sont converties à la teneur en chlorures; le sel de cuisine et le chlorure de calcium contiennent chacun env. 64% de chlorure.

Ce qui représente un apport annuel de 440 000 t de chlorures.

Sur le plan quantitatif, les concentrations de sel de déneigement sont approximativement les mêmes que celles dues aux précipitations et à l'érosion des roches, une quantité naturelle qui ne saurait guère être influencée, même si elle se concentre sur un bref laps de temps.

Depuis plusieurs dizaines d'années, la production et la vente de sel alimentaire n'ont pratiquement pas changé.

Calculée sur une production de 50 000 tonnes, la consommation journalière par habitant atteint 22 g. Mais comme une partie de ce sel disparaît lors de la cuisson des aliments, la consommation journalière se situe entre 4 et 20 g.

L'emploi de sel dans l'industrie et l'artisanat a considérablement augmenté depuis la fin de la guerre. D'importantes quantités sont nécessaires pour fabriquer des colorants, teindre des textiles ou tanner le cuir. Une partie de cet accroissement est dû vraisemblablement aussi à l'adoucissement de l'eau. D'importantes quantités de sel de cuisine parviennent dans les eaux lors de la régénération de résines échangeuses d'ions.

La part émanante de l'agriculture est due à l'emploi d'en-grais contenant des chlorures, p. ex. le sel de potassium.

Il est facile de vérifier le bilan de la figure 1. Tous les chlorures – qu'ils proviennent des roches ou des précipitations, de l'industrie ou des ménages, des routes ou des champs – se retrouvent finalement dans les cours d'eau qui quittent notre pays. En effet, parmi les éléments chimiques dégradés ou éliminés dans les stations d'épuration des eaux usées, on ne trouve ni chlorures, ni sodium. De même, pas plus les lacs que les nappes phréatiques ou les sols ne parviennent à retenir le sel.

#### *Quantité de sel contenue dans nos eaux*

Lorsqu'on connaît les communiqués alarmants établis pour le cours inférieur du Rhin et que l'on est en mesure de se représenter les énormes quantités de sel déversées dans les eaux du fleuve, il y a de quoi être surpris par la quantité de chlorures actuellement contenue dans les eaux helvétiques. La concentration moyenne annuelle relevée dans les eaux courantes, par 300 stations de mesure, atteint environ 9 mg/l. Plus de 95% des stations n'ont jamais enregistré plus de 60 mg de chlorures par litre d'eau. La qualité recherchée pour les eaux courantes dans l'ordonnance sur le déversement des eaux usées (100 mg de chlorures/l) n'a été dépassé que dans deux petits cours d'eau fortement pollués. La plus importante concentration de chlorures mesurée en Suisse (168 mg/l) correspond à l'accumulation moyenne du Rhin, à la frontière germano-hollandaise.

Le prélèvement d'eau dans les lacs à des fins d'approvisionnement en eau potable ne présente toutefois aucun problème. A l'exception du Greifensee, des lacs de Morat et de Pfäffikon, la concentration de chlorures dans l'ensemble des lacs suisses est inférieure à 10 mg/l. Sauf pour lacs préalpins, tels ceux de Brienz, de Thoune, de Sarnen et de Walenstadt, on constate cependant – parallèlement à l'augmentation de la population, de la consommation de sel dans les entreprises industrielles et au développement du réseau routier – une augmentation annuelle du taux de sel de 2 à 4%.

Il en va de même pour les eaux souterraines, bien qu'en l'occurrence, la quantité des chlorures mesurés actuellement en hiver soit nettement plus élevée pour certains captages. Lorsque sur une autoroute les eaux de ruissellement s'infiltrent dans le sol à proximité d'un captage, les valeurs extrêmes peuvent même atteindre 50 à 100 mg de chlorures par litre d'eau. Mais indépendamment de ces rares cas, notre eau potable n'est pratiquement pas menacée par le salage des routes.

#### *Dommages causés aux eaux par une teneur en sel élevée*

En principe, le sel à dégeler et ses composés – sodium, chlorures et éventuellement calcium – ne sont nocifs pour

les biocénoses aquatiques qu'à partir de quelques grammes par litre, ce qui n'est guère surprenant, puisque tout organisme vivant a besoin de sel. Avec une teneur en sel de 35 000 mg/l, (dont 10,5 g de sodium et 19 g de chlorures), les mers renferment une faune et une flore particulièrement variées.

On a déjà beaucoup écrit sur la capacité de tolérance des organismes vivant en eau douce. Selon leur genre et leur âge, les poissons sont plus ou moins vulnérables, mais même au stade larvaire, ils ne subissent des dommages qu'à partir d'une concentration excédant 1000 mg/l. Des truitelles d'une année sont à même de vivre longtemps sans difficultés dans une eau dont la teneur en sel est de 10 000 mg/l. Les algues et le zooplancton semblent également supporter sans répercussion des concentrations de sels jusqu'à 1000 mg/l.

A cet effet, il convient de tenir compte des additifs contenus dans le sel. Pour éviter que le sel entreposé ne durcisse et forme des blocs, il est nécessaire d'utiliser des produits antimasse. En Suisse, il s'agit de ferrocyanure de potassium ayant une concentration maximale de 10 mg/kg de sel de déneigement. Des analyses ont prouvé qu'une concentration dépassant 0,5 à 1 mg/l a un effet nocif, ce qui correspond à une charge de sel de déneigement de 50 000 à 100 000 mg/l.

Par ailleurs, les concentrations de sel mesurées pendant l'hiver dans les eaux de ruissellement ne contiennent guère plus de 5000 mg/l; une fois parvenue dans un lac ou un cours d'eau, cette quantité se dilue rapidement pour ne plus former qu'une concentration inoffensive. Les effets des déversements intermittents de sel sur les populations animales des cours d'eau font également l'objet d'examens attentifs. Des modifications apparaissent uniquement sur les organismes benthiques qui fuient leur biotope lorsque les concentrations de chlorures dépassent 1000 mg/l. Donc, aucun poisson ni organisme leur servant de pâture ne subit une atteinte grave à cause d'une concentration de sel, comme elle se présente généralement dans les eaux pendant la période de salage des routes. Tout au plus cet excès de salinité pourrait conduire à un stress élevé, entraînant la migration du poisson.

#### *Sel de déneigement dans les stations d'épuration*

Dans les stations d'épuration, il faut généralement s'attendre à ce que les boues activées subissent une atteinte à partir de concentrations d'environ 10 000 mg de chlorures par litre. Mais d'habitude, les eaux usées communales contiennent à peine 50 mg/l de chlorures; en hiver, l'utilisation de sel de déneigement peut doubler cette quantité durant de brèves périodes.

Plus problématique au niveau de l'aspect biologique de la station d'épuration est le brusque refroidissement qui intervient lorsque d'importantes quantités de neige sont éliminées dans les canalisations.

#### *Autres aspects de l'utilisation du sel de déneigement*

Bien plus importants sont les dégâts causés par le sel à la végétation et à la structure du sol en bordure des routes, aux bâtiments et aux véhicules à moteur.

Les dommages que subissent les plantes sont provoqués par l'aspersion directe des feuilles et des aiguilles avec de l'eau salée. Déjà de faibles concentrations provoquent de véritables brûlures d'acide. La végétation formant la berme centrale des autoroutes est particulièrement menacée par l'eau salée.

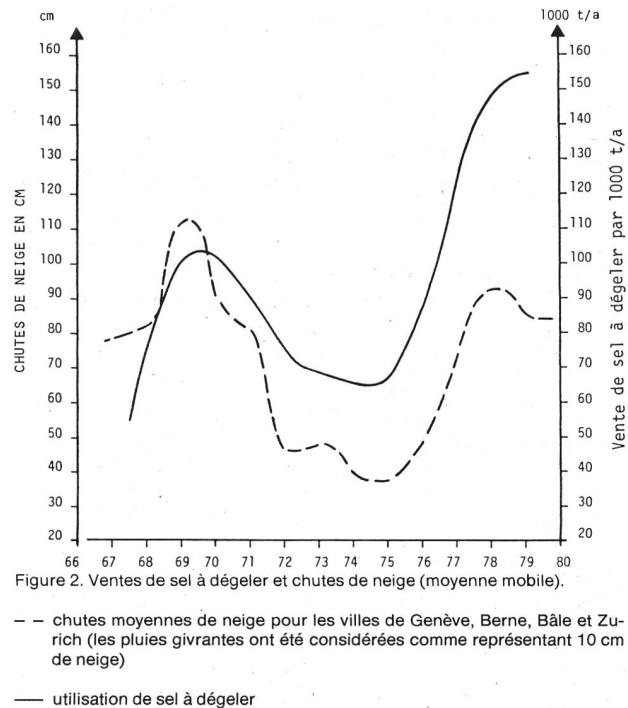


Figure 2. Ventes de sel à dégeler et chutes de neige (moyenne mobile).

-- chutes moyennes de neige pour les villes de Genève, Berne, Bâle et Zurich (les pluies givrantes ont été considérées comme représentant 10 cm de neige)

— utilisation de sel à dégeler

D'autre part, l'eau salée qui ruisselle des routes menace également les plantes proches de la chaussée, leurs racines absorbant le sodium et les chlorures. Les feuilles «brûlées par les chlorures» meurent. Des conditions modifiées d'osmose dans le sol perturbent en outre longtemps l'approvisionnement naturel en eau des arbres; les feuilles restent petites, elles changent de teinte après quelques semaines déjà et tombent prématurément. Les tilleuls, les érables et les marronniers sont particulièrement menacés. Il est évident que chaque arbre ne meurt pas uniquement en raison du sel d'épandage, mais celui-ci représente néanmoins, en plus des conduites de gaz non étanches, de l'imperméabilité du sol, des dommages causés lors du parage de voitures, des conditions de températures défavorables et de l'abaissement de la nappe phréatique comme conséquence du bétonnage du sol, un facteur important de perturbation biologique pour les arbres et les bosquets de nos villes.

Les plantes également peuvent subir indirectement des dommages. Les atteintes importantes dues au sel provoquent, d'une part, une intensification des échanges de substances essentielles telles que calcium, potassium et magnésium contre du sodium, d'autre part, une imperméabilité du sol freine son activité biologique et son aération. Les dégâts causés par le sel d'épandage aux bâtiments retiennent généralement peu l'attention. Lorsque le béton recouvrant une armature ou des câbles de tension est insuffisant, il se peut que les éléments porteurs d'un pont par exemple se corrodent dangereusement en quelques années par suite des infiltrations d'eau salée. Même si de tels dommages ne se produisent habituellement que sur des constructions défectueuses, leur réfection entraîne des frais considérables. Quant aux automobilistes, ils connaissent bien les rapides dégâts provoqués par l'épandage du sel sur les chaussées.

#### *Produits de substitution du sel d'épandage*

Citrons, comme produits de remplacement chimiques, surtout l'urée et divers alcools. Toutefois, combinée avec des substances de moindre sensibilité (sable, pierre ponce), l'urée est souvent hydrolysée dans l'eau. Il se forme alors

de l'ammonium qui, — transformé en ammoniac dans un milieu basique —, représente pour les poissons un toxique violent. De même le nitrate qui se forme, lorsqu'il y a oxydation totale, est indésirable dans les eaux souterraines, les lacs et les rivières.

Pour combattre la formation de glace sur des ouvrages très exposés aux intempéries, p. ex. des ponts ou des aéroports, on utilise de l'éthanol ou d'autres alcools. Outre les coûts considérables de ces substances, qui en limitent l'utilisation, le besoin biochimique en oxygène indispensable à la dégradation de ces substances, lesquelles aboutissent dans les eaux, agit également de manière défavorable.

Les produits tels que le sable et le gravier, connus depuis longtemps déjà, peuvent être épandus à bon escient pour lutter contre le verglas sur des routes peu fréquentées ou lorsque la température reste basse; si le trafic est intense, ces produits sont toutefois rejettés sur les côtés de la route, où si la température remonte, ils pénètrent dans la neige ou la glace et deviennent alors inefficaces.

#### *Conclusions*

La figure 2 montre que ces dernières années, pour une quantité de neige comparable, le volume du sel épandu a augmenté. Cet accroissement ne saurait uniquement s'expliquer par l'extension du réseau des routes nationales. Même s'il n'est pas facile de tirer des comparaisons à la longue, compte tenu des différentes conditions climatiques et de la longueur du réseau routier traité, il convient cependant de lutter contre l'accroissement constant du sel dans un intérêt de sauvegarde des arbres et des bosquets de nos villes et également pour prévenir les dommages causés aux bâtiments et éviter la corrosion des véhicules à moteur.

Bien des objectifs peuvent être atteints en usant avec parcimonie du sel de déneigement, selon le principe: ce qu'il faut, mais le moins possible. Les grandes villes disposent aujourd'hui déjà de règlements exemplaires concernant le service de déblaiement de la neige. Ces règlements ne fixent pas uniquement les priorités en matière de dégagement total du réseau routier, mais ils statuent également sur l'emploi de gravier et de sable sur les routes et les trottoirs des quartiers, ainsi que sur la manière de procéder lors de nouvelles chutes de neige et sur le dosage du sel. Les épandeuses actuellement en service permettent, il est vrai, un dosage précis et sûr, mais le mode relativement facile d'épandage entraîne néanmoins, en de nombreux endroits, un déblaiement total des routes, vraiment inutile. Il est évident qu'à l'avenir, il s'agira aussi de traiter les tronçons de routes à forte déclivité ou les secteurs facilement verglacés et les endroits exposés, tels que les ponts. Mais il faut à tout prix éviter que le but du service des ponts et chaussées soit, durant la période hivernale, d'offrir à l'automobiliste, en toute circonstance et n'importe où, des conditions «estivales» ne présentant plus aucune difficulté. L'automobiliste a bien plus l'obligation d'adapter son mode de conduite aux difficiles conditions de circulation de l'hiver; il a en outre le devoir de s'équiper d'accessoires efficaces, tels que pneus à neige ou chaînes. S'il n'est pas disposé à le faire, qu'il renonce alors à sa voiture. Il serait bon que les services d'entretien des routes ne se laissent pas dépasser d'une pratique de salage acceptable sur le plan écologique par des automobilistes imprévoyants ou par des menaces fondées sur la responsabilité civile.

Bulletin de l'office fédéral de la protection de l'environnement, Berne, N° 5/1981 (Hans-Peter Fahrni).