

MINIMISER LA CONSOMMATION DE SEL DANS LES EAUX SOUTERRAINES DE LA RÉGION D'UUSIMAA EN FINLANDE

Seppo Mäkinen et Tapani Angervuori

Administration finlandaise des routes (Finnra), région d'Uusimaa
adresse: Opastinsilta 12 A, P.O.Box 70, FIN-00521 Helsinki, Finlande
TÉL. +358 204222959/FAX.+358 204222709

1. Résumé

Le district routier de la région d'Uusimaa, situé sur le littoral méridional de la Finlande a entrepris de réduire la quantité de sel utilisé dans le traitement antidérapant des routes empruntant les eskers. Ces formations, qui sont des accumulations de sable et de gravier, filtrent très bien l'eau. Le kilométrage total des routes, lors la première expérience de réduction de la quantité de sel utilisé, durant le premier hiver de l'expérience, représentait un total de 162 km.

L'objet de l'expérience est d'établir quelles sont les possibilités de réduire la quantité de sel utilisée dans le traitement antidérapant. En même temps, la valeur de frottement exigée au contact de la chaussée est ramenée de 0,30 à 0,25. A l'état naturel, les teneurs en chlorure des eaux souterraines présentes dans les formations typiques de ce type en Finlande, sont inférieures à 10 mg/l. L'influence de la diminution de la quantité de sel utilisé sur les routes dans l'expérience sur les eaux souterraines a été étudiée en observant leurs teneurs en chlorure dans les eaux de la nappe phréatique pendant cinq ans. Au total, on dénombre dans la région 52 sites de prélèvement d'eau, dont 27 sont situés en bordure de la route sujette à l'expérience. Durant la première année d'expérience, la teneur en chlorure dans les eaux souterraines a diminué, en moyenne, de 1,26 mg/l.

Sur les voies de circulation, la quantité de sel utilisée a pu être réduite d'environ 40%, par rapport à la consommation moyenne durant les hivers précédents. La quantité de sel utilisée représente, en moyenne, 5,8 tonnes par kilomètre de route. Le nombre des accidents ne révèle aucun changement par rapport aux années de comparaison. A l'occasion de l'expérience, les réactions-réponses fournies à ce sujet par les usagers de la route ont été compilées. On n'y trouve rien en rapport direct avec l'expérience. Les opinions des usagers de la route ont également été l'objet d'une enquête par voie de questionnaire, en mars 2001: les réponses indiquent, en majeure partie, que la consommation de sel devrait être réduite. Durant l'hiver 2000-2001, des voies de circulation parallèles aux autoroutes ont été incluses à l'expérience.

2. Introduction

La Finlande est située en Europe du nord, de part et d'autre du cercle polaire arctique. Sa superficie représente 93% de la superficie du Japon, mais sa population 4% de l'effectif démographique de ce pays. Le réseau des voies publiques totalise 78.000 km. Les régions méridionales de la Finlande se situent à la hauteur du 60ième degré de latitude nord. Le district routier de la région d'Uusimaa, où se déroule l'expérience portant sur la réduction de la consommation de sel épandu sur les routes et qui est l'objet de la présente étude, est situé sur le littoral méridional de la Finlande. Le district routier de la région d'Uusimaa représente 4.400 km de voies publiques, dont la gestion est confiée à l'Etat. Environ 620 km d'entre elles sont situées sur la zone occupée par la nappe phréatique, importante pour l'approvisionnement en eau. La longueur cumulée des routes qui sont l'objet de l'expérience atteignait 162 km durant le premier hiver de l'expérience.

Sur le littoral méridional de la Finlande, l'hiver débute en novembre et s'achève en fin avril. Les précipitations neigeuses, en hiver, représentent l'équivalent d'environ 155 mm de pluie, ce qui équivaut à un enneigement de 1,55 m d'épaisseur. L'hiver connaît, en moyenne, environ 12 jours de

chutes de neige abondantes, soit 10 à 20 cm dans la journée. Les faibles chutes de neige sont beaucoup plus fréquentes. La température, varie en hiver de quelques degrés Celsius (C) au-dessus de zéro à une vingtaine de degrés C sous zéro. Grâce au parc de chasse-neige modernes, le dégagement des routes ne présente pas de difficultés particulière. Par contre, le traitement antidérapant nécessite des mesures d'entretien constantes. A cette fin, le matériel d'entretien est sollicité, en moyenne, une centaine de fois chaque hiver. Les principaux moyens utilisés dans le traitement antidérapant sont le sel et le sable.

Situé sur la frange méridionale de la Finlande, le district routier de la région d'Uusimaa a entrepris de réduire la quantité de sel utilisé pour combattre le verglas sur les routes situées dans les zones phréatiques importantes. Les routes expérimentales empruntent une zone d'eskers, où l'on rencontre des formations de sable et de gravier qui filtrent très bien l'eau. Cette dorsale exceptionnelle appelée la Salpausselkä, qui traverse la Finlande méridionale, s'est formée durant la phase finale de la dernière glaciation, en bordure du glacier continental qui se retirait, voici environ 11000 ans. Cette formation est très importante sur le plan géologique. L'utilisation du sel, dans la lutte contre le verglas, menace d'augmenter la salinité de la nappe phréatique et d'entraîner un problème environnemental grave.



Figure 1. La route expérimentale traverse un esker boisé, formé de gravier

Le district routier de la région d'Uusimaa a lancé, en septembre 1999, l'expérience portant sur la diminution de la consommation de sel dans le traitement antidérapant. Cette diminution est envisagée tout particulièrement lorsque le dégel desserre son étreinte et la température avoisine zéro; la chaussée se couvre de verglas et devient un peu plus glissante. De même, après une chute de neige, le risque de dérapage est atténué en épandant du sel.

Lorsqu'une route humide et chaude gèle, le verglas qui s'ensuit reste cependant combattu normalement, sur les routes de l'expérience, en utilisant du sel. Celui-ci reste également utilisé pour combattre le verglas résultant de la pluie refroidie à la température de cristallisation.

Sur les sites routiers sélectionnés pour l'expérience, la nouvelle pratique en matière de maintenance permet de réduire de 20 à 30% la quantité de sel utilisée, estime-t-on, comparé à la consommation antérieure. Dans les procédures d'entretien normal, sur des routes similaires aux routes expérimentales la quantité de sel consommé en hiver représente 7,5 à 10 tonnes par kilomètre de route.

L'objet de cette expérience multiple est d'établir quelles sont les possibilités de diminuer la quantité de sel utilisé dans le traitement antidérapant, de déterminer l'impact de cette réduction sur la teneur en chlorure des eaux souterraines, sur la sécurité routière, sur les vitesses de la circulation et sur la réaction-réponse des usagers de la route. De plus, elle cherche à identifier les changements nécessaires au traitement antidérapant, lorsque la consommation de sel utilisé dans ce dessein diminue.

3. Instructions générales pour l'entretien hivernal en Finlande

Les exigences qualitatives générales de l'entretien hivernal prévoient, avant et après la période durant laquelle les conditions hivernales proprement dites prévalent (du 1er décembre au 15 mars), lorsque le givre s'abat et la chaussée des routes humides gèle en l'absence de précipitations, l'utilisation préventive du sel. Le sel en solution est alors utilisé, comme sur les autres routes.

Le tableau suivant présente les exigences qualitatives générales dans le traitement antidérapant en Finlande.

Tableau 1. Exigences qualitatives du traitement antidérapant en Finlande

EXIGENCES QUALITATIVES DU TRAITEMENT ANTIDÉRAPANT						
Classe d'entretien hivernal	Is	I	Ib	II	III	K1 K2
Normal	0,30	0,28	0,25	En fonction du besoin du trafic	En fonction du besoin du trafic	En fonction du besoin du trafic
Exigence de friction	chaussée -6°C 0,25	chaussée -4°C 0,25	sablage ponctuel 0,25 traitement continu 0,20-0,22			
La nuit	22h-05h 0,28	22h-05h 0,25	22h-05h en cas de besoin	22h-06h en cas de besoin	22h-06h en cas de besoin	après 22h K1 jusqu'à 05h K2 jusqu'à 06h
durée d'entretien inférieure aux prévisions	2h	2h	sel 3h sable 4h	6h sablage continu	10h sablage continu	2h

Tableau 2. Corrélation entre valeur de friction et l'état de la chaussée

Le valeur de friction	0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00
Description de la chaussée	l'état de chaussée extrêmement dangereux, glace mouillée, très glissante	verglacée, glissante	plaque de neige compacte, état hivernal satisfaisant	plaques rugueuses de neige et de glace, bon état hivernal	mouillée et sans neige, adhérente	sèche et sans neige, adhérente

4. Instructions en vigueur pour le traitement antidérapant sur la route expérimentale

L'épandage de sel sur les routes dans la zone occupée par la nappe phréatique est réduit.

En raison de l'expérience portant sur la réduction de la quantité de sel, une exigence de friction de 0,25 est autorisée sur la route expérimentale, soit une exigence inférieure à celle normalement utilisée (0,30). Les conditions de dérapage lors desquelles le niveau de friction est inférieur à 0,25 inférieure, sont éliminées de manière intensifiée. Les valeurs de friction inférieures à 0,20 ne sont pas autorisées.

En plus des prévisions météorologiques et de celles, quotidiennes, relatives à l'état de la chaussée pour les besoins de l'entretien des routes, 2-3 pronostiques quotidiens sont réalisés. Il est particulièrement

important de prendre en compte les variations de température lors du réchauffement qui marque la fin de la période de gel. De même, lors du durcissement du gel, il est important d'être en contact avec les agents chargés de l'entretien des routes, afin qu'ils aient le temps d'éliminer les éventuelles plaques de neige qui adhèrent à la chaussée, avant le refroidissement de cette dernière.

L'opportunité dans le temps de l'épandage de sel est extrêmement importante. Cette opération a lieu, de préférence, avant le début de la circulation, ce qui permet d'obtenir un bon résultat final tout en épandant de faibles quantités de sel. En automne et au printemps, les situations difficiles dues aux plaques de verglas sont réglées en pulvérisant du sel en solution et sur la base de prévisions météorologiques précises. Les prévisions relatives à l'état des routes sont déterminantes à cet égard. La quantité de sel utilisée pour combattre les plaques de verglas ne représente que 2 à 5 gr/m² par épandage.

Lorsque du givre se forme à la surface de la chaussée, les valeurs de friction doivent être minutieusement suivies. Il n'est pas procédé à l'épandage de sel sur les routes, à moins que la situation ne permette d'envisager une baisse de la valeur de friction, devenant inférieure à 0,25. Le risque réel est alors le polissage de la chaussée au niveau des croisements. Ceux-ci sont traités cas par cas, en utilisant de faibles quantités de sel ou par sablage. Le traitement antidérapant n'intervient que là où le besoin se fait sentir.

Lorsque l'imminence d'une chute de neige est connue, du sel est épandu sur la chaussée - environ 10g/m² - et, le cas échéant, à l'avance. La neige est déblayée durant la chute, puis mécaniquement, avec le plus grand soin. La neige qui, éventuellement, continue d'adhérer à la chaussée est éliminée au moyen d'une lame racleuse d'un camion, laquelle est dotée d'une lame à trous. La neige en plaque qui adhère à la chaussée est ainsi réduite à la plus faible épaisseur possible, soit 2 cm au plus. Afin de prévenir le polissage de la chaussée aux croisements, l'utilisation de sel peut précéder la pluie. Autrement, le déblaiement de la chaussée au chasse-neige n'est pas accompagné d'épandage de sel durant la chute de neige.

Après cette dernière, la chaussée est soigneusement nettoyée, mécaniquement. La route est salée, le cas échéant, en employant une faible quantité de sel, afin d'obtenir la qualité requise. Les petites plaques de neige et les accumulations de glace qui adhèrent à la chaussée se détachent, en partie par l'effet de la circulation; le reste est éliminé mécaniquement, soit au moyen de la lame racleuse fixée à un camion soit d'une niveleuse. L'élimination de la boue neigeuse/neige fondue se fait de manière normale, dans les délais impartis.

Durant la période de gel, les zones de croisement sont entretenues en utilisant la technique du sablage. Dans les situations problématiques, une solution de CaCl peut être utilisée, en faible quantité. L'objectif visé est un plafond de 5 t de sel par kilomètre de route.

5. Suivi de la salinité de la nappe phréatique

L'objectif de l'expérience est de prévenir l'augmentation de la teneur en chlorure de la nappe phréatique; par conséquent, le suivi de la qualité de l'eau souterraine est une des tâches essentielles de l'expérience.

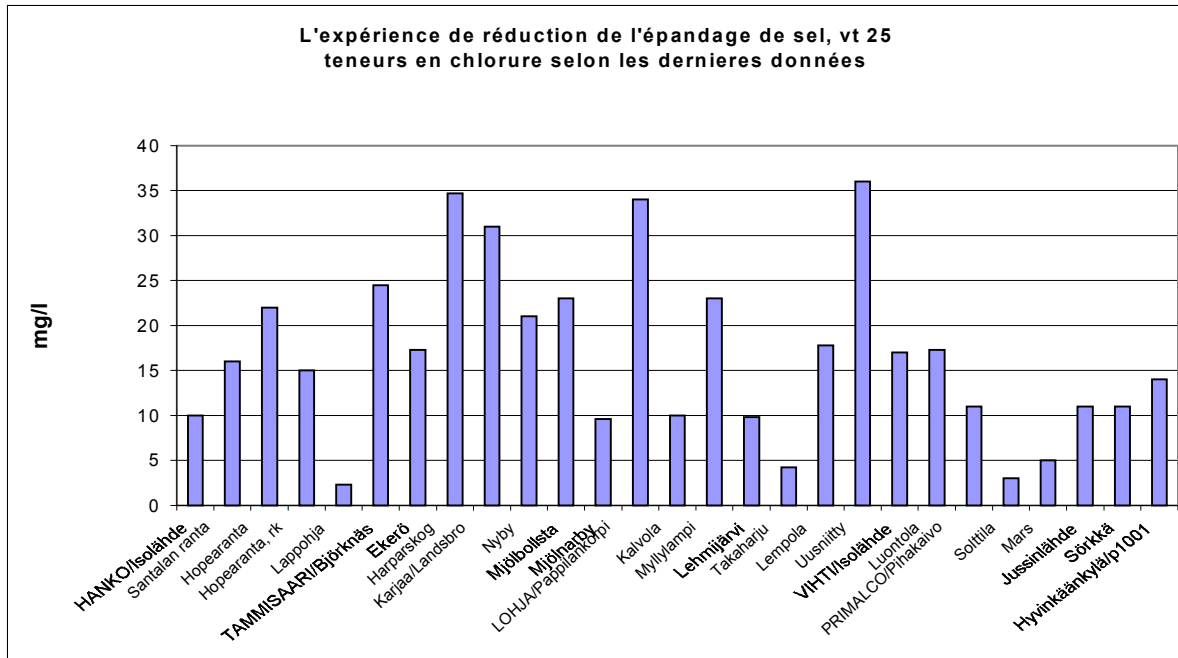


Figure 2. Variation de la teneur en chlorure dans les puits d'eau phréatique situés en bordure de la route de à l'expérience

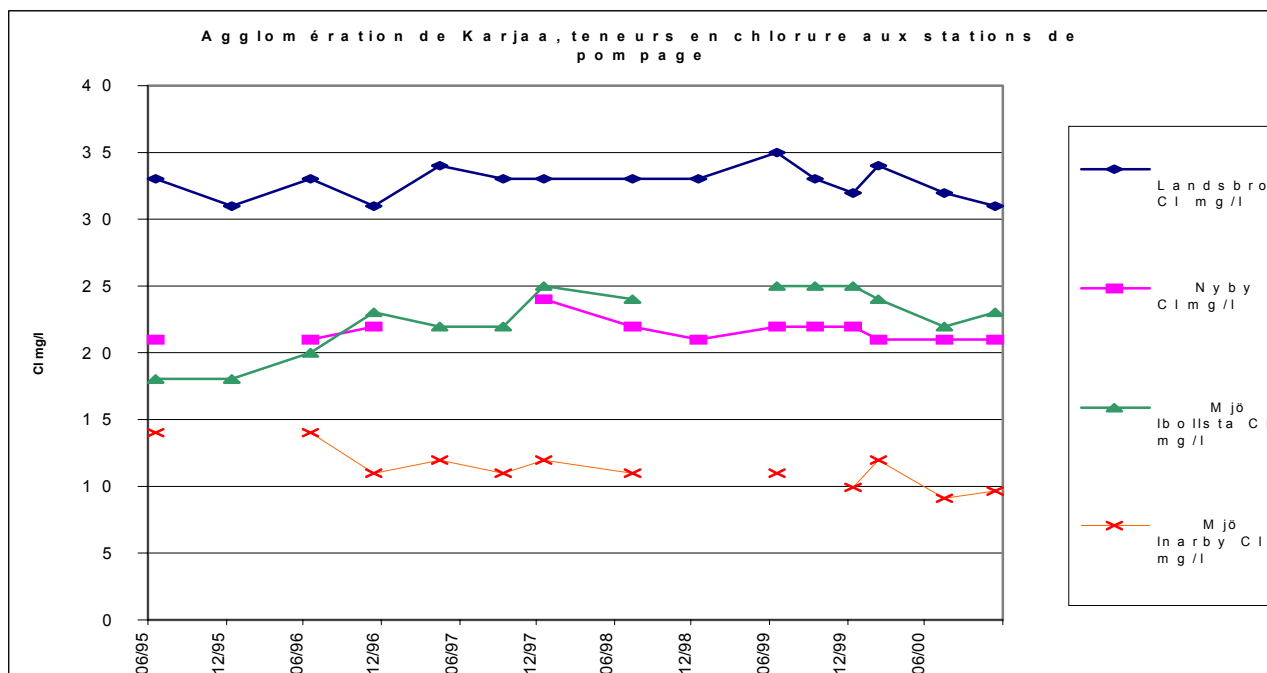


Figure 3. Evolution de la teneur en chlorure de quatre stations de pompage d'eau phréatique sur cinq ans

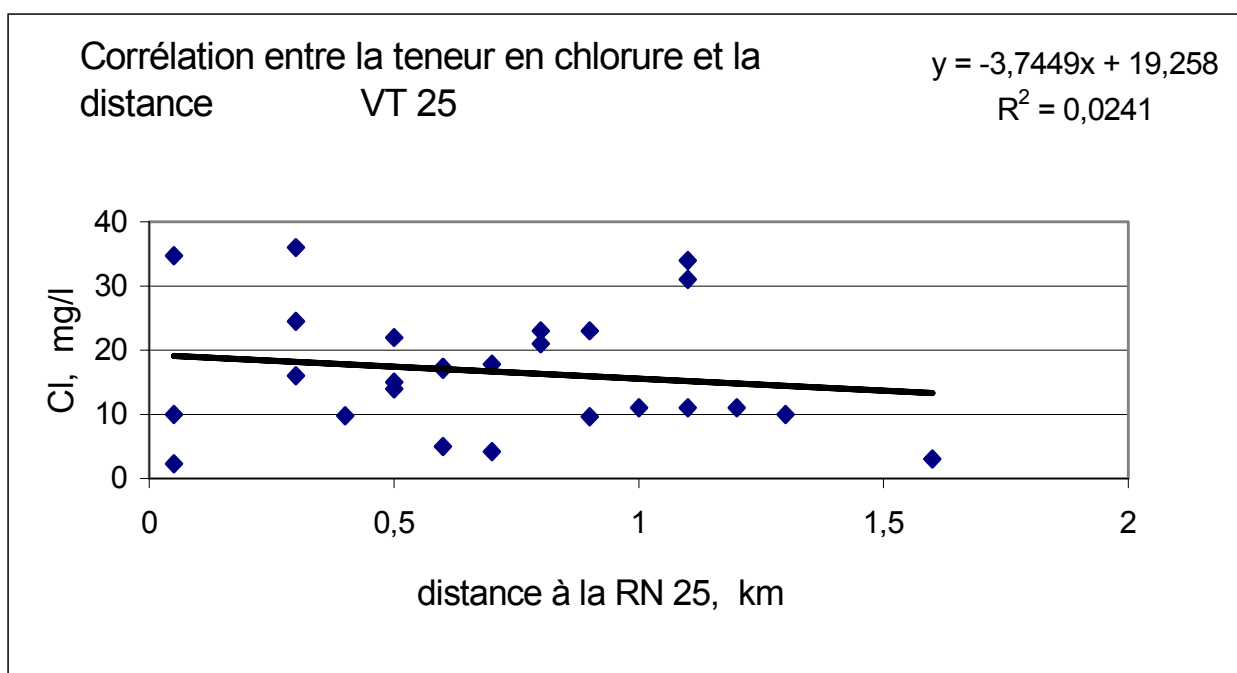


Figure 4. La teneur en chlorure varie légèrement en fonction de l'augmentation de la distance à la route

Diffusion du chlorure avec l'eau de la nappe phréatique

Le chlorure de sodium (NaCl) est facilement soluble et il s'en dissout 338 g par litre. En solution, le sodium est sous forme d'ions Na^+ et Cl^- . Entraîné par le courant phréatique, le chlorure se répand sous la surface de l'eau souterraine. Des études ont permis de constater que la vitesse d'écoulement de l'eau phréatique varie, dans les formations constituées par les eskers, entre 05 et 100 m/jour.

Valeur-limite de la teneur en chlorure dans l'eau domestique

La valeur-limite de la teneur en chlorure contenue dans l'eau domestique a été fixée en vertu de principes techniques et esthétiques. En Finlande, l'Administration nationale des routes a fixé cette valeur à 100 mg/l. Le dépassement de cette valeur-limite se traduit par l'obligation de dédommager les consommateurs de cette eau. Lorsque la teneur en chlorure excède 25 mg/l, des études sont entreprises pour établir si l'épandage de sel sur les routes a une incidence sur la teneur en chlorure de l'eau souterraine. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a fixé à 250 mg/l cette valeur-limite, sur la base du préjudice au goût. Cette valeur-limite élevée fixée par l'OMS résulte probablement du fait que, dans plusieurs pays chauds, la salinité des eaux souterraines est très élevée. Les teneurs supérieures à 25 mg/l sont désagréables dans l'eau domestique. En Finlande, dans les formations-types où se forment les nappes phréatiques, les teneurs en chlorure à l'état naturel sont généralement inférieures à 10 mg/l.

La corrosion

L'un des méfaits de la recrudescence de la teneur en chlore est la corrosion qu'elle entraîne. Celle-ci peut être réduite en traitant l'eau dans les installations d'épuration des eaux phréatiques, avant leur alimentation dans la réseau d'adduction d'eau. La haute température accélère la corrosion, ce qui explique que les conduites d'eau chaude en cuivre, d'utilisation courante, sont plus exposées à la corrosion que les conduites d'eau froide. Les eaux phréatiques contiennent toujours des sels; elles conduisent donc l'électricité. Les objets métalliques plongés dans les eaux de la nappe phréatique sont l'objet d'une corrosion électrochimique. D'autres substances que le chlorure - comme des sulfates, du fer, du manganèse, de la chaux, du nitrate, de l'acide carbonique - sont dissous dans l'eau phréatique.

6. Suivi des effets de la réduction de l'épandage de sel

Le suivi de l'effet de la diminution de l'épandage de sel sur les routes expérimentales a été entrepris en recueillant les données relatives à l'emplacement des stations de pompage d'eau, par rapport aux routes expérimentales, et en étudiant les teneurs en chlorures de la nappe phréatique pendant cinq ans environ, avant de lancement de l'expérience. Sur 52 stations de pompage d'eau, au total, 27 sont situées en bordure d'une route expérimentale. Les données relatives à la teneur en chlorure a été recueillies jusqu'à la fin de l'année 2000, ce qui a permis de tirer les premières conclusions relatives aux effets de la diminution de l'épandage de sel sur les eaux souterraines.

Durant la première année d'expérimentation, les changements survenus dans les teneurs en chlorure ont été faibles. Les teneurs observées à la fin des années 1999 et 2000 ont été utilisées aux fins de comparaison. La teneur moyenne en chlorure des eaux souterraines a baissé de 1,26 mg/l. Cette teneur a diminué sur le site de 20 stations de pompage de l'eau, elle est restée inchangée dans 12 autres, et elle a augmenté dans le cas de 20 autres stations. Là où la teneur en chlorure a diminué, l'intervalle de variation était compris entre 1 et 36 mg/l, la diminution moyenne étant de 5,9 mg/l. Les sites où les variations étaient de l'ordre de +/- 0 à 0,7 mg/l ont été considérés comme inchangés. Là où la teneur était en augmentation, l'intervalle de variation était compris entre 1 et 9mg/l, l'augmentation moyenne atteignant 2,6 mg/l.

7. Changements survenus dans l'entretien des routes

Durant l'expérience - soit les hivers 1999-2000 et 2000-2001 - toutes les mesures d'entretien des routes expérimentales ont été enregistrées, avec un suivi de l'utilisation du sel.

Sur les routes expérimentales, la quantité de sel utilisé a pu être réduite d'environ 40%, comparé à la consommation moyenne durant les hivers précédents. Sur tout l'hiver, la consommation de sel utilisé sur les routes qui étaient l'objet de l'expérience, était en moyenne de 5,5 tonnes par kilomètre de route, contre 10t/km auparavant.

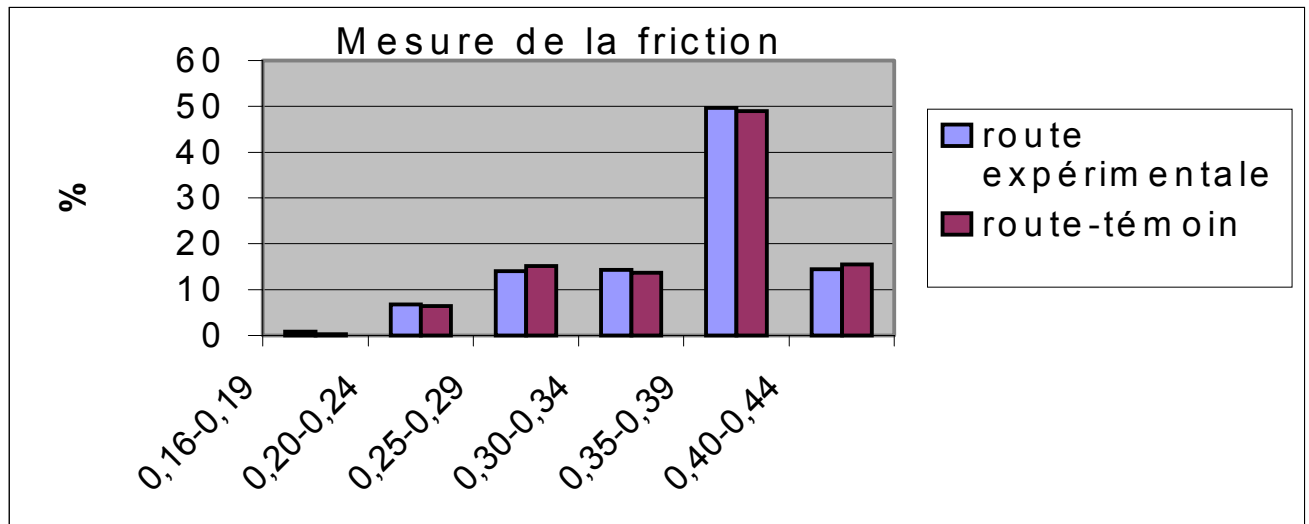


Figure 5. Valeurs de friction sur la chaussée, mesurées en hiver sur la route expérimentale et sur la route-témoin

Dans l'ensemble, les frais d'entretien des routes expérimentales en hiver n'ont pas diminué, en raison de mesures accrues, nécessitées par le traitement antidérapant, par suite de la diminution de la quantité de sel utilisée. A long terme, l'avantage réside dans le maintien du niveau affaibli de la salinité des eaux souterraines comparé à la situation antérieure.

Tableau 3. Travaux d'entretien et consommation de sel sur la route expérimentale durant l'hiver 1999-2000

**Entretien hivernal 1999-2000
longueur de la route expérimentale 138,9 km**

mois	sel	jours d'entretien	nombre d'opérations	jours d'entretien
octobre	0,1	3	3	3
novembre	0,5	21	23	21
décembre	2,3	27	33	26
janvier	1,0	23	30	24
février	1,2	24	28	26
mars	0,6	15	15	15
avril	0,0	2	2	1
	t/km/hiver 5,8	114	nombre total 133	116

consommation de sel sur les autres routes t/km

routes IS 8,2

routes I 7,9

routes IB 5,0

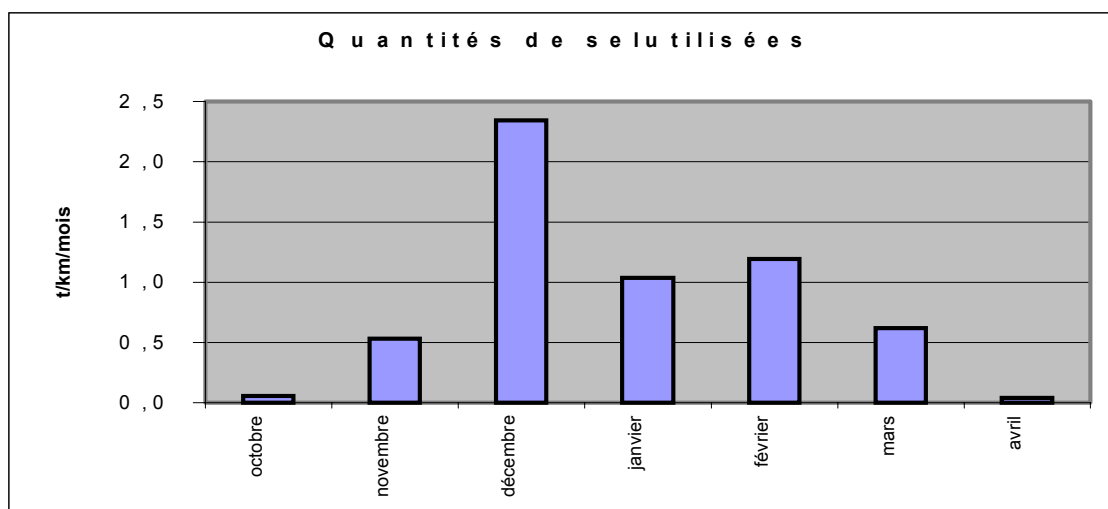


Figure 6. Quantités de sel utilisées mensuellement sur les routes de l'expérimentation

8. Accidents

Lorsque les procédures d'entretien des routes sont modifiées, il est essentiel de suivre l'évolution de la sécurité routière. Dans le contexte de cette expérience, les accidents liés aux conditions de la circulation en hiver ont été étudiés pendant cinq hivers, de 1996-1997 à 1999-2000. Ces accidents s'entendent ici les accidents survenus lorsque la route était verglacée, enneigée ou couverte de neige fondante. Le nombre total de ces accidents, sur la route expérimentale, a été comptabilisé entre le début du mois d'octobre et la fin avril. L'examen des accidents survenus durant l'hiver 1999-2000 permet de constater que le nombre des accidents liés aux conditions hivernales - soit 14 - est du même ordre que durant les hivers 1996-1997 et 1997-1998. Par contre, l'hiver 1998-1999 a été marqué par 25 accidents liés aux conditions hivernales, chiffre nettement supérieur à celui enregistré durant les autres hivers, alors que l'entretien des routes obéissait à la pratique traditionnelle. Le grand nombre des accidents survenu durant cet hiver s'explique par des conditions météorologiques exceptionnelles.

Depuis, en moyenne 2,5 accidents mortels ont été enregistré annuellement sur la route expérimentale. L'hiver 1999-2000 a été marqué par 2 accidents mortels. Le premier - un accident dont la victime était un piéton - s'est produit le 3 novembre 1999, alors que les rainures de la chaussée étaient gorgées d'eau. Le second, survenu le 10 décembre 1999, est un accident dans un virage, la chaussée étant nue et sèche. Ni l'un ni l'autre accidents ne se sont produits dans des circonstances où l'entretien hivernal aurait pu avoir une incidence sur la qualité de la chaussée; en effet, ni la neige ni la glace ne couvraient celle-ci au moment de l'accident.

Les automobilistes ont été informés du changement dans le traitement antidérapant, lorsque des panneaux de signalisation comme ceux visibles sur la photo 7 ont été placés en bordure des routes générales de la voie expérimentale. On suppose que ce dispositif est l'explication du nombre inchangé d'accidents.



Figure 7. Signalisation du risque de verglas (réduction de l'épandage de sel sur un 1 km)

9. Variations de la vitesse moyenne de la circulation

Les vitesses de la circulation étaient mesurées en permanence en trois points de la route sujette expérimentale. Durant l'hiver 1999-2000, les vitesses moyennes de chaque mois ont été comparées avec les valeurs enregistrées les années précédentes à la même époque. Les variations de la vitesse observées sont extrêmement faibles. La valeur moyenne la plus faible des vitesses, sur un mois, était de 82,9 km/h, le plafond atteignant 95,5 km/h. En moyenne, les vitesses moyenne n'ont diminué que de 0,1 km/h durant l'hiver 1999-2000. Le changement est dénué de signification si l'on tient compte du fait que degré de précision du dispositif de mesure ne couvre pas les variations inférieures à 0,5 km/h. On peut donc constater que les vitesses utilisées dans la circulation n'ont pas varié durant l'expérience.

Tableau 4. Accidents de la route survenus dans les conditions hivernales durant les quatre dernières années

Nombre d'accidents dans les conditions hivernales sur la route expérimentale				
mois	96-97	97-98	98-99	99-00
octobre	0	0	0	0
novembre	1	2	5	1
décembre	6	8	5	6
janvier	2	3	11	3
février	2	1	3	2
mars	1	0	0	2
avril	1	0	1	0
total	13	14	25	14

10. Réactions-réponses des usagers de la route et information

Durant l'expérience portant sur la diminution de la quantité de sel utilisée, les usagers de la route ont été informés de cette situation par les médias.

Les réactions-réponses des usagers de la route se rapportant à l'expérience ont été compilées durant celle-ci. Aucune n'y est directement liée. On peut donc constater que l'expérience de réduction de la quantité de sel utilisé durant l'hiver 1999-2000 n'a en aucune manière suscité de réaction, négative ou positive, parmi les usagers de la route, en tout cas pas au point que d'être signalée.

Une seconde enquête a été effectuée en mars 2001. Elle s'adressait aux usagers de la route qui utilisaient les routes parallèles aux autoroutes sur lesquelles l'épandage de sel avait été réduit durant l'hiver 2000-2001. L'objet de cette enquête était d'établir si les intéressés étaient au courant de cette mesure réductrice et de connaître leur avis en la matière.

La quasi totalité des réponses sont venues d'automobilistes ou de chauffeurs de fourgonnettes légères. L'usage du sel était généralement condamné. Un automobiliste sur dix a exprimé le souhait que l'on renonce complètement à l'emploi du sel sur les routes. La majorité était d'avis que l'usage du sel devrait être réduit.

11. Conclusions

L'expérience portant sur la diminution de la quantité de sel utilisée sur les routes a fourni des résultats encourageants durant l'hiver 1999-2000.

Durant la première année d'expérimentation, la teneur en chlorure dans les eaux de la nappe phréatique a diminué, en moyenne, de 1,26 mg/l. La quantité de sel utilisée a pu être réduite de 40% environ par rapport à la quantité moyenne utilisée durant les hivers précédents. La quantité moyenne utilisée représente 5,8 tonnes par kilomètre de route. Mais les mesures de lutte contre le verglas ont du être accrues en conséquence.

Le nombre des accidents ne présente pas de changement par rapport aux années de comparaison. Les variations de la vitesse de la circulation sont extrêmement faibles. Les réactions-réponses des usagers de la route ont été compilées à l'occasion de l'expérience. Aucune n'y est directement liée. Les avis des usagers ont également été étudiés par voie d'enquête. La majorité d'entre eux estiment que l'emploi du sel devrait être réduit.

Il a été décidé de poursuivre et d'étendre l'expérience. Durant l'hiver 2000-2001, certaines routes parallèles aux autoroutes ont été incluses à l'expérience. Celle-ci vise à offrir aux automobilistes la possibilité d'emprunter une route sur laquelle la quantité de sel épandu est inférieure à la quantité habituellement utilisée. Les mesures - suivi de la qualité de la nappe phréatique, contrôle de la sécurité routière, suivi des vitesses de circulation, collecte des réactions-réponses des usagers de la route, examen des avis et des changements au niveau de l'entretien des routes - sont poursuivies.