428472

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

RECHERCHES - TRANSPORTS

L'INFLUENCE DE LA SALINITE DE LA GLACE SUR LE TEMPS DE FONTE

RECHERCHE REDIGEE PAR: JEAN-PAUL GERVAIS, ING.
Direction de l'entretien
COLLABORATION: DENIS MAHEUX, M. SC CHIM.
Direction de la recherche et contrôle

CANQ
TR
OP
EN
121

QUEBEC, 1981-07-27

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

SOMMAIRE DE RAPPORT ÉTUDE OU RECHERCHE

Direction générale: OPERATIONS

N° de classement: RTQ-82-10

Titre du rapport: L'influence de la salinité de la glace sur le temps de fonte

Auteur du rapport: Jean-Paul Gervais, ing. en collaboration avec Denis Maheux, M. Sc Chim.

Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒ — An 81, Mois 07, Jour 22

But de l'étude ou de la recherche: Expliquer les raisons de l'influence sur le temps de fonte d'une solution (neige et sel) recongelée

N° de dossier:

N° du contrat:

Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme):
Ressources du M.T.Q.
Service de l'entretien d'hiver

Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme):
Ministère des Transports
Service de l'entretien d'hiver
700, Boul. St-Cyrille est (25e)
Québec QC
GIR 5H1

Renseignements supplémentaires

L'étude a pour but de vérifier une affirmation émise par les préposés à l'entretien d'hiver du réseau routier: "Suite à une première application de fondants chimiques, il arrive que la solution (neige ou glace fondante et sel) ainsi formée soit trop faible et qu'elle se congèle suite à un abaissement de température. Dès lors, il est plus difficile de faire fondre à nouveau cette glace contenant une solution de sel recongelée".

Resumé du rapport

Après avoir défini les termes (chaleur d'hydratation, de dissolution, spécifique et de fusion) et donné les différentes valeurs pour le NaCl et le $CaCl_2$, nous énonçons les principes fondamentaux du déglaçage chimique et présentons des courbes de diagramme de phase.

Un exemple de calcul de la chaleur requise pour fondre la glace est présenté en tenant compte de l'influence de chacun des facteurs.

L'action chimique qui se produit au moment de la fonte est définie en tenant compte de la surface de contact entre les matériaux.

Pour mieux comprendre l'action chimique, l'analyse est reprise en tenant compte de l'action sur la route et en énumérant les principes de base du phénomène de la fonte de la neige par des produits chimiques.

La conclusion explique pourquoi il faut plus de sel pour faire fondre une solution saline recongelée en mentionnant le fait qu'il y a plus de matériaux durcis à faire fondre et que l'action chimique est plus lente au début car la surface de contact du sel avec la glace est réduite. La qualité du déneigement est donc essentielle et des recommandations sur le déglaçage terminent l'étude.

JPGervais ing

Mots-clés: Déneigement adéquat
Application au bon endroit au bon moment. Choix des matériaux et quantité appliquée.
Masses volumiques selon les conditions de neige.

☒ Diffusion autorisée ☐ Diffusion interdite

Signature du directeur général

Date: 82 09 27

V-1773 (82-02)

- TABLE DES MATIERES -

	PAGE
INTRODUCTION.....	1
I- Définition des termes.....	2
A- Chaleur d'hydratation.....	2
B- Chaleur de dissolution.....	2
C- Chaleur d'hydratation.....	3
D- Chaleur spécifique.....	4
E- Chaleur de fusion.....	4
II- Principes fondamentaux du déglaçage chimique.....	5
III- Calcul de la chaleur requise pour fondre de la glace.....	9
IV- L'action chimique.....	14
V- L'action sur la route.....	18
VI- CONCLUSION.....	22

RECHERCHES - TRANSPORTS

INFLUENCE DE LA SALINITE DE LA GLACE SUR LE TEMPS DE FONTE

INTRODUCTION

Le présent texte a pour but de vérifier une affirmation émise par le personnel de maîtrise ainsi que par les préposés à l'entretien d'hiver du réseau routier; cet énoncé s'exprime ainsi:

> "Suite à une première application de fondants chimiques, il arrive que la solution (neige ou glace fondante et sel) ainsi formée soit trop faible et qu'elle se congèle suite à un abaissement de température. Dès lors, il est plus difficile de faire fondre à nouveau cette glace contenant une solution de sel re-congelée".

La vérification de cet énoncé tiendra compte des deux (2) aspects suivants: l'action chimique de la solution saline et son action sur la route.

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
SEP 2 1982
TRANSPORTS QUÉBEC

I- DEFINITIONS DES TERMES

La réaction chimique engendrée par le contact d'un sel avec de la glace passe successivement par les deux (2) phases suivantes:

. hydratation et dissolution.

Note: Le sel s'hydrate au maximum avant de commencer à se dissoudre.

A) CHALEUR D'HYDRATATION

La chaleur d'hydratation est la chaleur dégagée ou absorbée lors du phénomène d'hydratation. C'est en fait la différence entre la chaleur de dissolution du produit anhydre et la chaleur de dissolution du même produit déjà hydraté à son maximum.

Par exemple, pour le chlorure de calcium:

$CaCl_2 + 6H_2O$ (sel anhydre) $\underset{\text{Déshydratation } -181{,}9 \text{ cal/g}}{\overset{\text{Hydratation } +181{,}9 \text{ cal/g}}{\rightleftharpoons}}$ $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ (sel hydraté)

En s'hydratant, le chlorure de calcium anhydre dégage de la chaleur. On sait aussi que pour sécher (ou déshydrater) le $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, il faudra le chauffer à un taux de 181,9 cal/g.

B) CHALEUR DE DISSOLUTION

La chaleur de dissolution est la chaleur dégagée ou absorbée lors de la dissolution d'un soluté dans un solvant.

Par exemple, pour le chlorure de calcium:

$CaCl_2 \cdot 6H_2O \xrightarrow{H_2O}$ Solution -19,8 cal/g

En se dissolvant, le chlorure de calcium hydraté absorbe de la chaleur; comme conséquence, la température de la solution s'abaisse.

La mise en solution du chlorure de calcium anhydre aura comme résultat final une augmentation de la température de la solution puisque, dans notre exemple, l'énergie dégagée par le phénomène d'hydratation est plus importante que celle absorbée durant le phénomène de dissolution. Donc la mise en solution du $CaCl_2$ anhydre sera:

$$CaCl_2 \xrightarrow{H_2O} \text{Solution} \quad 181,9 - 19,8 = 162,1 \text{ cal/g}$$

Il se dégage donc une énergie calorifique de 162,1 cal/g puisque le bilan énergétique est positif.

C) CHALEUR D'HYDRATATION

Le tableau 1 indique les différentes valeurs pour les chaleurs d'hydratation et de dissolution du chlorure de calcium anhydre qui est progressivement hydraté jusqu'à atteindre un maximum de 6 molécules de H_2O par molécule de $CaCl_2$.

Le tableau 1 indique donc que moins le chlorure de calcium est hydraté, plus la mise en solution du chlorure de calcium implique un dégagement de chaleur.

Le chlorure de calcium utilisé par le Ministère est un dihydrate ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) dont la composition est d'environ de 77% à 80% de $CaCl_2$, 20% d'eau et 3% d'autres substances chimiques.

TABLEAU I

CHALEUR D'HYDRATATION ET DE DISSOLUTION

PRODUIT CHIMIQUE	CHALEUR D'HYDRATATION cal/g	CHALEUR DE DISSOLUTION cal/g	CHALEUR DE MISE EN SOLUTION cal/g
$CaCl_2$	181,9	-19,8	162,1
$CaCl_2 . H_2O$	110,6	-19,8	90,8
$CaCl_2 . 2H_2O$	88,1	-19,8	68,3
$CaCl_2 . 4H_2O$	31,8	-19,8	12,0
$CaCl_2 . 6H_2O$	0,0	-19,8	-19,8

De même pour le chlorure de sodium, il est possible de faire le bilan de la mise en solution, toutefois ce dernier est négatif puisqu'il faut fournir de la chaleur au système (20, 2 cal/g) pour que le NaCl se dissolve.

D) CHALEUR SPECIFIQUE

La chaleur spécifique est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à une unité massique d'une substance donnée pour élever sa température de 1 degré, dans des conditions de pression ou de volume constant.

Exemple: Il faut 0,5 calorie pour élever d'un (1) degré celsius la température d'un (1) gramme d'eau à l'état solide (glace).

E) CHALEUR DE FUSION

La chaleur de fusion est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à une unité massique d'un solide donné, à son point de fusion, pour le faire passer à son état liquide, à la même température (généralement à pression constante).

Exemple: Il faut 80 cal/g pour faire fondre la glace à 0°C.

II- PRINCIPES FONDAMENTAUX DU DEGLACAGE CHIMIQUE (réf 1 a)

La dissolution dans l'eau d'un produit chimique en abaisse la température de congélation. Le point de congélation de la solution ainsi formée est fonction de la concentration du produit chimique. On représente ordinairement cette dépendance au moyen d'un diagramme de phase (figure 1). La ligne A-E visible sur la gauche est la courbe de congélation. Elle donne la température "T" à laquelle une solution de concentration donnée "C" se congèle. La ligne E-B représente la quantité maximale (en concentration"C") de produit chimique que l'on peut dissoudre à la température "T". Le point eutectique "E" représente la plus basse température à laquelle la dissolution est possible.

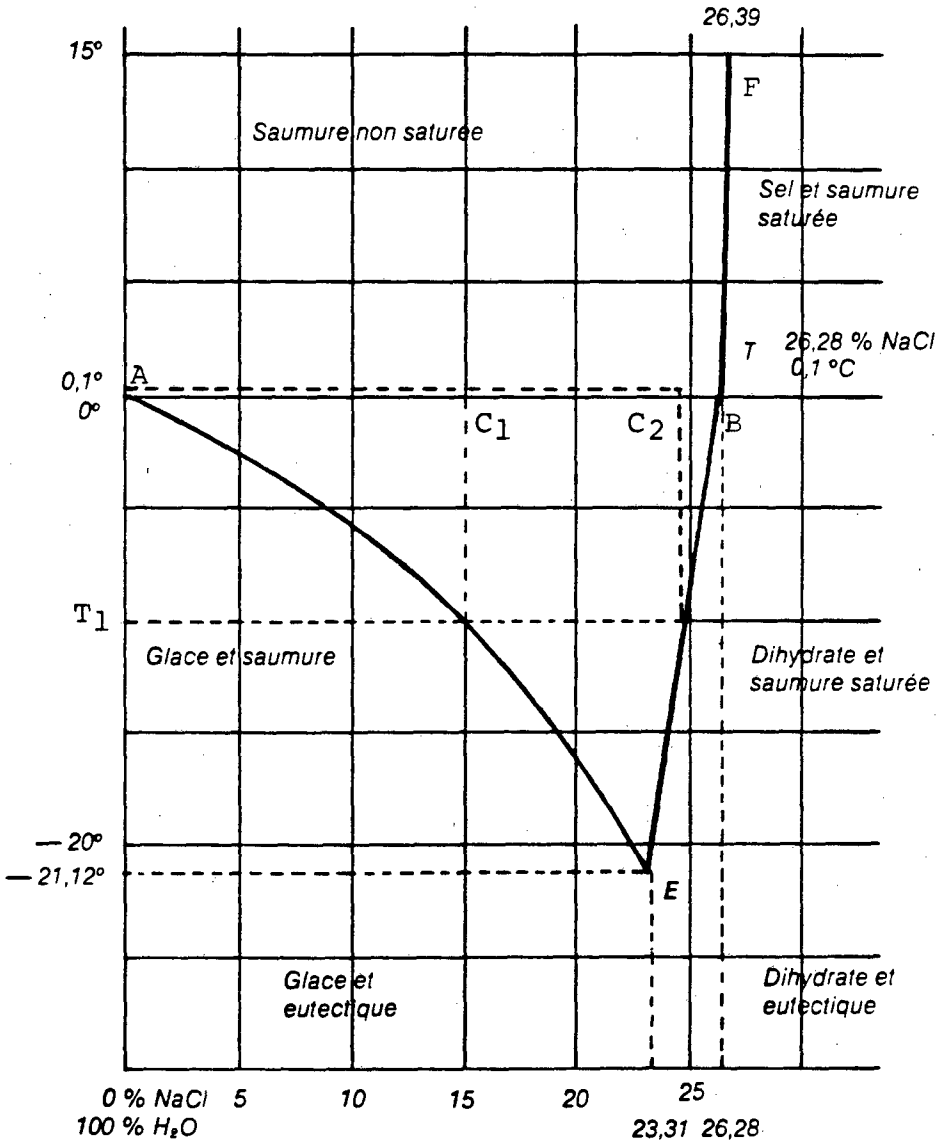
Pour une température "T", lorsqu'on ajoute à de la glace une petite quantité d'un produit chimique, il fond une quantité de glace suffisante pour former un mélange de glace et de solution à la concentration "C_1". Si on ajoute du sel, une nouvelle quantité de glace fond de manière à maintenir à la valeur "C_1" la concentration de la solution. Ce processus continue jusqu'au moment où on aura ajouté une quantité de produit chimique suffisante pour fondre toute la glace. Une nouvelle addition de produit chimique renforce la solution jusqu'au moment où la concentration maximale possible("C_2") est atteinte. A ce moment aucune quantité supplémentaire de produit chimique ne peut être dissoute. Les diagrammes de phase relatifs à la glace, le chlorure de sodium et le chlorure de calcium (produits chimiques normalement utilisés pour l'élimination de la neige et la lutte contre le verglas) se trouvent dans la figure 2 (Kaufman, 1960, Calcium Chloride Inst, 1958).

La dissolution d'un produit chimique peut exiger une certaine quantité de chaleur (chlorure de sodium) ou produire de la chaleur (chlorure de calcium). Cependant, il est ordinairement

nécessaire de fournir de la chaleur pour qu'un produit chimique produise la "fonte" de la glace. Cette chaleur est empruntée, entre autres, à l'air et à la chaussée. Lorsqu'on commence à ajouter un produit chimique à la glace, une certaine quantité de glace fond (par dissolution du sel) et le prélèvement de la quantité de chaleur nécessaire pour fondre la glace abaisse la température de celle-ci comme il est indiqué au diagramme de phase de la figure 2, la température du mélange de glace et de solution continue à décroître jusqu'à égaler celle qui correspond à la concentration de la solution. La limite inférieure de la température atteint rapidement celle de la température eutectique (-21,12 °C pour le NaCl à 23% de concentration de la solution saline). Comme la température est maintenant inférieure à celle de l'air et de la chaussée du voisinage, il se produit un transfert de chaleur de l'environnement immédiat vers le mélange. Il en résulte une fonte supplémentaire de glace, d'où abaissement de concentration. La fonte de la glace et de la neige à l'aide de produits chimiques est donc associée à une baisse initiale de température suivie d'une augmentation graduelle portant cette température à celle du voisinage.

SYSTÈME $NaCl-H_2O$

BF ——— *Courbe de solubilité de NaCl*
BE ——— *Courbe de solubilité du Dihydrate NaCl - 2 H_2O*
AE ——— *Courbe des points de congélation de la glace*

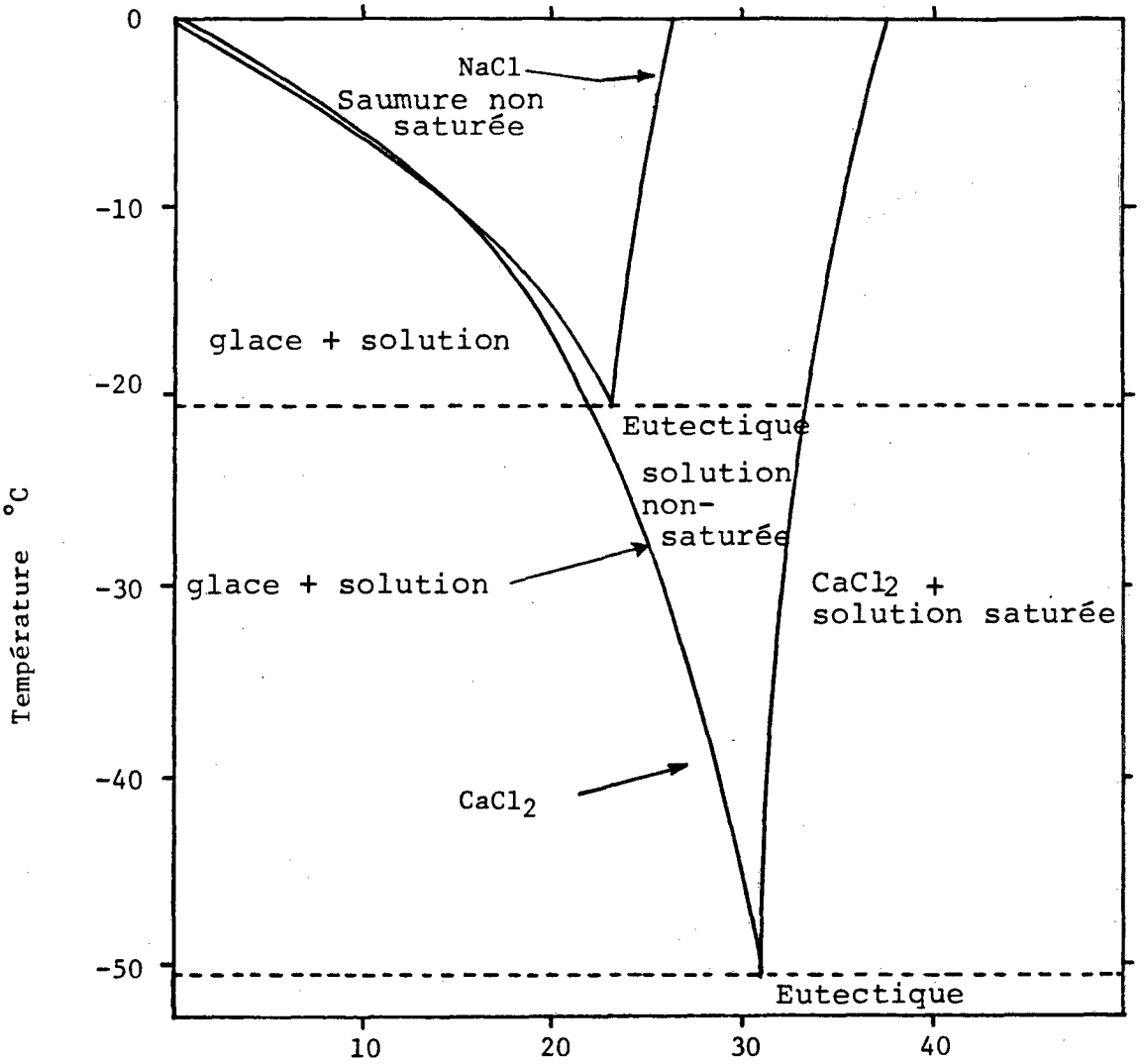


Lorsque la saumure est saturée et que la température baisse le sel précipite.

Figure 1

Réf: 3a

DIAGRAMME DE PHASE POUR NaCl et $CaCl_2$



Concentration du produit chimique, % en poids de sel dans la solution

Figure 2

Réf: 1b

III- CALCUL DE LA CHALEUR REQUISE POUR FONDRE LA GLACE

Puisque le Service de l'entretien d'hiver recommande d'appliquer le sel sur une bande de 1 m au centre de la chaussée, il s'ensuit que la quantité de sel à cet endroit sera suffisamment concentrée pour que la solution soit saturée au début; la température de la solution s'abaissera donc au point eutectique de -21,12 °C. Avec la circulation des véhicules une certaine quantité de sel est dispersée, favorisant ainsi le dégagement d'une plus grande surface. Durant ce temps, la solution s'appauvrit en même temps que le sel se dissout et bientôt la température d'équilibre* est atteinte. Pour fondre une certaine quantité de glace, il faut donc une quantité de chaleur additionnelle qui provient entre autre de:

. l'échange avec l'environnement qui continue jusqu'à ce que la solution revienne à la température originale;

. l'action de la circulation;

. de la chaussée même et des effets de surface;

. du rayonnement solaire qui peut atteindre jusqu'à 77 kcal/m^2 par heure. (Voir l'annexe 1 et les références 8b et 11).

Résumant tous les facteurs qui entrent en jeu dans ce système, nous en arrivons à l'équation suivante (réf 7 a):

$$S_e = Q_e + Q_a + Q_g + Q_s + Q_c + L_s \qquad (1)$$

---

* La température d'équilibre est celle qui correspond à la courbe des concentrations sur la figure 1.

S_e = quantité de chaleur requise pour fondre toute la glace

Q_e = quantité de chaleur provenant de la chaussée

Q_a = quantité de chaleur provenant de l'air ambiant

Q_g = quantité de chaleur provenant du refroidissement de la glace

Q_s = quantité de chaleur provenant des radiations du soleil

Q_c = quantité de chaleur provenant de l'action de la circulation

L_s = chaleur de dissolution du sel

a. Evaluation de S_e

Le calcul de S_e est établi à partir de la masse de la glace à faire fondre (épaisseur de glace multipliée par la surface) et de la chaleur spécifique de la glace.

b. Evaluation de Q_e

Les facteurs qui entrent dans le calcul de ce terme varient en partie en fonction de la période du jour et des matériaux qui composent la surface de la chaussée.

c. Evaluation de Q_a

La quantité de chaleur provenant de l'air ambiant est fonction du coefficient de transfert de chaleur de l'air de surface, de la différence de température et de la durée de la réaction.

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
SEP 2 1982
TRANSPORTS QUÉBEC

d. Evaluation de Q_g

La quantité de glace, sa chaleur spécifique et l'écart entre la température originale de la glace et la température de la solution (°C) représentent la valeur Q_g.

e. Evaluation de Q_s

Durant le rayonnement solaire, la quantité de chaleur peut d'élever à 77 kcal/m^2 par heure. L'annexe 1 donne d'autres valeurs qui tiennent compte de l'angle d'incidence des rayons lumineux, de la saison et de la clarté du temps.

f. Evaluation de Q_c

Le terme "Q_c" est difficile à quantifier dans l'équation mais, il est généralement admis que la quantité de sel appliquée sur une route de niveau I est suffisante pour faire fondre de 15 à 20% de la neige durcie (réf 8c - 8d). Les fondants chimiques appliqués étant suffisants pour faire décoller la glace et briser l'adhérence de cette dernière avec la chaussée, les véhicules projettent la glace hors de l'accotement. Le terme "Q_c" peut donc être exprimé en un pourcentage de "S_e" pour résoudre l'équation puisque la quantité de glace projetée vers les accotements n'est pas fondue complètement et diminue la quantité de chaleur requise "S_e".

g. Evaluation de L_s

La chaleur de dissolution "L_s" peut être positive ou négative selon le produit chimique utilisé. Ces valeurs sont présentées pour le chlorure de calcium dans le tableau 1.

Quand la réaction est exothermique, le produit chimique se dissout plus rapidement car il y a production de chaleur à l'intérieur du système. Comme on l'a expliqué au début, la réaction est exothermique lorsque la chaleur de la mise en solution du produit chimique est positive.

TABLEAU 2 (réf 6a et 7b)

CHALEUR DE DISSOLUTION			
PRODUIT CHIMIQUE	CHALEUR DE DISSOLUTION cal/g	EUTECTIQUE	
		% CONC. MAXIMUM	TEMPERATURE °C
Sel (NaCl)	-19,9	23,3	-21,2
Chlorure de calcium ($CaCl_2$ à 75%)	+ 88,1	30	-50
Urée ($CO(NH_2)_2$)	-58	33	-13
Chlorure de magnésium ($MgCl_2 . 6H_2O$)	+ 16,7	26,5	-33,5

Ayant évalué chacun des termes de l'équation (1), il est facile de résoudre l'équation qui exprime le bilan énergétique du système.

Revenons maintenant à l'énoncé du début qui traite de l'influence de la quantité de fondant requise pour faire fondre une solution salée recongelée. Lorsque l'eau est saturée de chlorure de sodium (23,3% de sel dans l'eau), le point de congélation est de -21,12 °C. La chaleur nécessaire à la fusion de la glace est alors de 56,4 cal/g; c'est donc dire qu'il faut beaucoup moins de chaleur pour faire passer de la glace saturée de sel de l'état solide à l'état liquide à -21,12 °C qu'il en faut pour faire passer de la glace pure par les mêmes phases physiques (80 cal/g à 0 °C) (réf 4a).

Au fur et à mesure que le sel se dissout, la glace fond et la solution s'affaiblit puisque la quantité de liquide augmente. D'autre part, lorsqu'il y a du sel dans la glace, ce dernier est dissout, s'ajoute à celui qui vient d'être répandu et RENFORCE la concentration de la solution pour fondre ainsi une plus grande quantité de glace. Rappelons que si la concentration de la solution est suffisante, la température d'équilibre pourra s'abaisser jusqu'au point eutectique.

C'est donc dire qu'en tout temps le fait d'avoir une glace salée aide au déglaçage subséquent ou contribue à l'amorcer si la température de l'air ambiant remonte au-dessus du point de congélation de la solution. Ce phénomène est d'autant plus important que la chaleur nécessaire à la fusion de la glace salée est légèrement inférieure à celle de la glace pure et ce à des températures inférieures au point de congélation de l'eau pure.

IV- L'ACTION CHIMIQUE

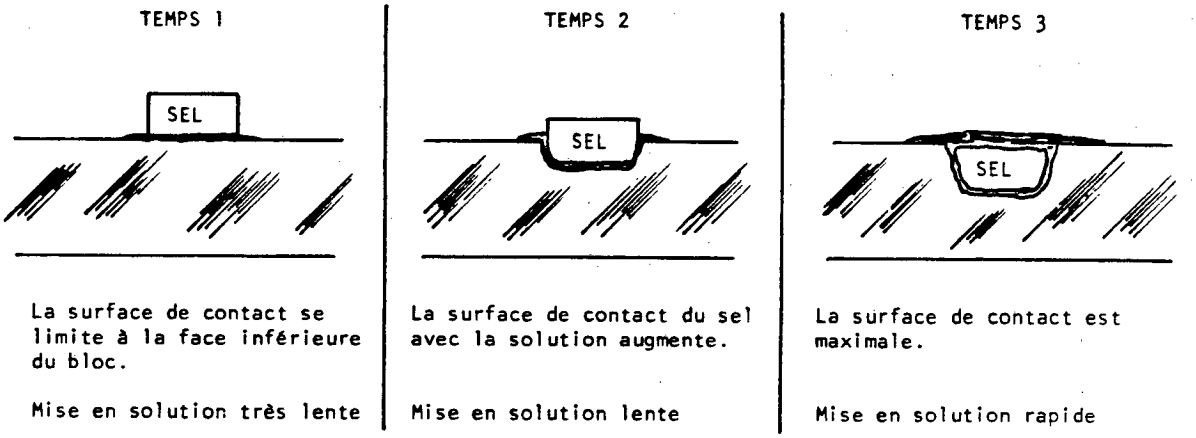
Du point de vue de l'action chimique, l'énoncé précédent n'est pas soutenable puisque la glace contient déjà une certaine quantité de sel dissout. L'environnement immédiat a donc fourni une certaine quantité de chaleur pour dissoudre ce sel. D'autre part, si la température s'élevait au-dessus du degré correspondant à celui de la température d'équilibre (nouveau point de congélation), il y aurait fusion de la glace.

La quantité de sel (NaCl) répandue sur la glace engendre une réaction chimique qui a pour effet de mettre le sel en une solution dont la température descend jusqu'à -21,12 ^{o}C lorsqu'elle a atteint la concentration maximale de 23,3%. Toutefois, lorsque la glace contient déjà 5% de sel dissout, on ne peut pas dire qu'il faut moins de temps pour que la solution formée à partir de la glace salée atteigne la concentration maximale avant celle formée à partir de la glace pure. Deux (2) raisons expliquent ce phénomène:

1. La mise en solution devient de plus en plus difficile à mesure que la concentration de la solution augmente et se rapproche de la saturation. On sait déjà que, lorsque le point de saturation est atteint, il n'y a plus de possibilité de dissoudre de fondant chimique. Toutefois sur la route, la solution ne demeure pas longtemps saturée car elle entre rapidement en contact avec la neige ou la glace avoisinante.

2. La densité de la glace salée est supérieure à celle qui ne contient pas de sel. Le sel accroît la cohésion entre les particules; les grains de sel prennent alors plus de temps à s'enfoncer dans la glace salée et, dans les premiers moments, les grains présentent une surface de contact réduite. La figure 3 représente l'évolution de la particule qui pénètre dans la glace.

FIGURE 3



Afin de bien comprendre l'aspect chimique du phénomène, des données inscrites dans les tableaux 3 et 4 seront utiles. Elles démontrent qu'une solution salée recongelée est plus facile à faire fondre que la glace pure en regard de la quantité de chaleur que l'on devra lui fournir. En fait, les tableaux 3 et 4 démontrent que:

.la chaleur spécifique de la glace salée diminue avec la concentration de la solution (% de sel dans la solution). En d'autres mots, plus la solution est salée, moins il faut d'énergie calorifique pour augmenter la température de 1 °C.

.la température de fusion de la glace salée descend proportionnellement avec l'augmentation de la concentration de la solution. Par exemple, une proportion de 10% de sel dans la glace abaisse la température de fusion à -6 °C.

.plus la solution est concentrée, plus la chaleur de fusion requise est faible.

TABLEAU 3 * GLACE SALEE AU NaCl

NaCl % MASSE	CHALEUR SPECIFIQUE A -10 °C (cal/g)	TEMPERATURE DE FUSION °C	CHALEUR DE FUSION A T DE FUSION (cal/g)
0	0,480	0,0	79,67
1	0,477	-0,6	79,35
2	0,474	-1,1	79,08
3	0,472	-1,7	78,79
4	0,469	-2,4	78,49
5	0,466	-3,0	78,18
6	0,463	-3,6	77,86
7	0,461	-4,3	77,51
8	0,458	-5,0	77,16
9	0,455	-5,8	76,79
10	0,452	-6,5	76,40

TABLEAU 4 * GLACE SALEE AU $CaCl_2$

$CaCl_2$ % MASSE	TEMPERATURE DE FUSION (°C)	CHALEUR DE FUSION A T DE FUSION (cal/g)
0	0,0	79,67
1	-0,4	79,43
2	-0,9	79,19
3	-1,4	78,95
4	-1,9	78,71
5	-2,4	78,46

* Tableaux tirés d'une recherche de M. Denis Maheux, M., Sc. chim.

TABLEAU 5 CHALEUR DE FUSION DE LA GLACE (Linke 1955)
(Réf 7a)

TEMPERATURE DE FUSION (° C)	CHALEUR DE FUSION (cal/g)
0	79,7
-10	74,5
-20	69,0
-30	63,0
-40	56,3
-50	48,6

NOTE: Ces valeurs ont été utilisées dans la formule de régression de la table de Linke (1955) afin de déterminer les chaleurs de fusion qui apparaissent aux tableaux 3 et 4.

V- L'ACTION SUR LA ROUTE

Ayant pris connaissance de l'action chimique du sel qui entre en réaction avec de la glace salée, comment pouvons nous expliquer les dires des préposés à l'entretien concernant le fait que la solution saline affaiblie et recongelée à la suite d'une baisse de température serait plus difficile à faire fondre à nouveau.

Pour bien comprendre le phénomène, énumérons les principes suivants (réf 5a):

.la compressibilité de la neige mouillée s'accroît avec l'augmentation de la quantité d'eau contenue dans la neige;

.la compressibilité de la neige mouillée s'accroît lorsque la salinité diminue. Ce phénomène survient surtout lorsqu'il y a du sel de répandu dans une trop grande quantité de neige: la solution saline s'affablit graduellement au contact de la neige favorisant le compactage;

.la neige mouillée se comprime moins rapidement avec l'augmentation de la salinité, d'où une possibilité d'allonger la durée de la période d'éclaboussement de la neige sous l'action de la circulation;

.plus il y a d'eau dans la neige, plus il y a possibilité d'éclaboussement;

.l'augmentation de la salinité diminue quelque peu la tendance à l'éclaboussement car le sel accroît la cohésion entre les particules;

.la neige se comprime rapidement à basse salinité et la densité de la neige durcie se rapproche sensiblement de celle de la glace;

.la neige sèche se comprime plus lentement;

.plus la neige est durcie, plus la glace est dense, plus il est difficile de faire pénétrer les particules de NaCl dans la glace et, par conséquent, la réaction est plus lente à démarrer car la surface de contact des grains de sel avec la neige est minime au début.

Tous les principes précédemment énumérés peuvent se résumer ainsi:

> "Une application de sel dans une trop grande épaisseur de neige facilite la formation d'eau à l'intérieur de la neige, accroît la cohésion entre les particules de neige et augmente la possibilité de compactage, ce qui a pour effet de favoriser la transformation de la neige en une couche de glace durcie sous l'action de la circulation".

TABLEAU 6 EFFET DU TRAFIC SUR LA NEIGE SELON LA TENEUR DE CELLE-CI EN EAU LIBRE

TENEUR EN EAU LIBRE	EFFET DU TRAFIC
15%-	Tassement et transformation en croûte de glace
15 - 30%	La neige reste molle
30%	La neige adhère aux pneus
30% +	La neige se transforme en "slush" et est facilement éliminée par le trafic

P.A. Schaerer (réf 10)

Connaissant le processus de la réaction du sel avec la neige et considérant tous les aspects extérieurs qui influencent le processus, il est plus facile de comprendre que la neige qui demeure sur la chaussée devient très dense et se rapproche considérablement de la glace *. Sous l'effet de la circulation, la masse volumique (densité) de la neige durcie

---

* Voir tableau 7

devient environ six (6) fois supérieure à celle de la neige fraîchement tombée (réf 3b). Si les conditions ne s'y prêtent pas, une application de sel peut être défavorable car elle provoque une augmentation de la teneur en eau dans la neige. Ainsi, si la neige durcie contient une plus grande quantité d'eau, elle pourra se transformer en glace et à ce moment-là, la masse volumique devient neuf (9) fois supérieure à celle de la neige fraîche. Cela explique en grande partie la difficulté de l'enlever ou de la faire fondre si elle demeure sur la chaussée.

TABLEAU 7

GENRE DE NEIGE	FORME DES CRISTAUX	DENSITE (kg/m^3)	
		VALEURS EXTREMES	VALEURS MOYENNES
Neige fraîche	. neige folle	30 - 50	100
	. neige comprimée par le vent	100 - 200	
	. neige cotonneuse (gros flocons à environ 0 °C)	120 - 300	200
Neige vieille	. neige coulante	150 - 380	270
	. neige mouillée	270 - 500	410
	. neige évacuée, mise en dépôt	500 - 800	650
Glace	. névé	500 - 830	670
	. glace (neige salée tassée par le trafic et qui gèle)	850 - 960	920

NOTE: La masse volumique (densité de l'eau est de 1 000 kg/m^3)
Réf 2a et 8a

Par contre, si l'on n'applique pas de sel lorsque la température est froide, la neige reste sèche et difficile à comprimer; il suffit donc de passer le chasse-neige pour en enlever le plus possible. La mince couche de neige qui reste après le passage du chasse-neige sera plus facile à faire fondre à l'aide de fondants chimiques car la quantité de neige restante est minime et la quantité de fondants appliquée sera suffisante pour engendrer une réaction plus complète puisque la solution saline sera plus concentrée.

VI- CONCLUSION

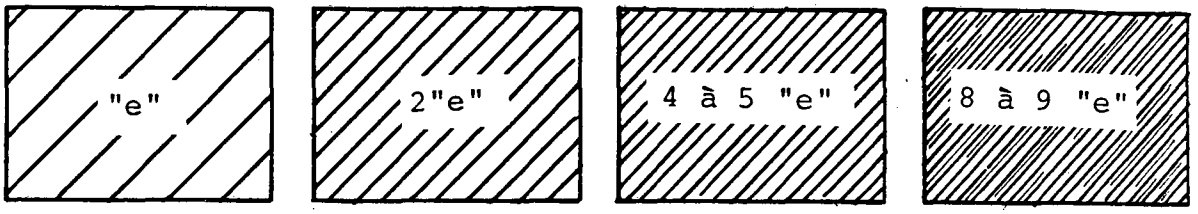
Nous avons expliqué que, du point de vue de l'action chimique, il est faux de prétendre qu'une surface glacée qui contient déjà du chlorure de sodium est plus difficile à faire fondre. Au contraire, à quantité égale de glace, il faut moins d'énergie calorifique pour faire fondre de la glace contenant du sel. D'autre part, plus il y a de chlorure de sodium emprisonné dans la glace, plus il est possible de fondre une grande quantité de glace.

Toutefois, dans la pratique, les préposés à l'entretien d'hiver ont raison de croire qu'il faut plus de sel pour faire fondre cette glace salée. Cependant, si on a besoin de plus de sel, c'est plutôt parce que la quantité de glace (comprenant du NaCl) à fondre est supérieure. Il arrive parfois que les préposés à l'entretien appliquent du chlorure de sodium sur une couche de neige trop épaisse alors que la température est froide; par conséquent, la neige s'accumule sur la chaussée au lieu d'être projetée vers les accotements par l'effet de l'éclaboussement. Il en résulte donc qu'une plus grande quantité de neige demeure sur la chaussée et qu'elle se transforme en glace sous le passage répété des véhicules.

Il faut ajouter que, pour une même épaisseur, la glace est deux (2) fois plus difficile à fondre que la neige durcie et quatre (4) fois plus difficile que la neige tassée (réf. 3b). Plus la glace est dure, plus la réaction chimique sera lente à s'amorcer puisque la surface de contact de la glace avec les particules de NaCl est petite et elles prennent plus de temps à s'enfoncer complètement dans la glace. Le tableau 8 indique les épaisseurs correspondantes à différentes sortes de neige.

TABLEAU 8

MASSES VOLUMIQUES DE LA NEIGE SELON LES CONDITIONS



Neige fraîche	Neige tassée	Neige durcie	Glace

NOTE: La masse volumique de la neige à l'état "e" est de 100 kg/m^3

Pour obtenir d'excellents résultats, les grandes autorités en entretien hivernal recommandent:

.de déneiger adéquatement avant d'appliquer des fondants chimiques.

.d'appliquer les quantités suffisantes de fondants chimiques;

.de tenir compte:

- .du moment de la journée;
- .de la température anticipée;
- .de la vélocité des vents;
- .de l'orientation de la route;
- .de la circulation (heure de pointe);
- .des niveaux de service à donner à la route traitée.

J.P. Gervais ing.

QUEBEC, 1981-08-14
JPG/hg

BIBLIOGRAPHIE

1. Conseil National de Recherches du Canada, Manuel du déneigement et de la lutte contre le verglas dans les régions urbaines, 1969

   a pages 95, 96
   b page 116

2. Ministère de l'Equipement de la France, Viabilité hivernale, document établi par le CETE de l'EST et le CIFP de NANCY, 1976

   page I-3

3. ASSELVIA, Le sel et la viabilité hivernale, 1975

   a page 19
   b page 18

4. Kaufmann, Dale W., Sodium Chloride, the Production and Properties of Salt and Brine, Americain Chemical Society, Washington, 1960

   pages 560, 561, 562

5. National Academy of Sciences, Snow Removal and Ice Control Research, Transportation Research Board Special Report 185, Washington, 1979

   pages 14 à 17

6. Schneider, T.R., Snowdrifts and Winter Ice on Roads, NRC, TT-1038, Ottawa, 1962

   page 81

7. Schneider, T.R., The Calculation of the amount of Salt required to melt ice and snow on highways, NRC-1004, Ottawa, 1962

   a page 16
   b page 17

8. Keyser, J. Hode, Carrier, L., Fondants Chimiques et Abrasifs, Etat des connaissances, Ecole Polytechnique de Montréal, 1973

a page 18
b page 30
c page 33
d page 38

9. Williams, G.P., Produits chimiques pour la fonte de la neige et de la glace autour des bâtiments, NRC, CBD 191 F, Ottawa, 1978

10. Schaerer, P.A., Compaction or removal of wet snow by trafic, Highway Research Board, 1970, Washington, D.C. p. 97 à 103

11. Encyclopaedia Universalis, Volume 3, Bilan Thermique de la terre, pages 272 à 276.

ANNEXE 1

Le rayonnement solaire parvenant sur une unité de surface horizontale de la terre varie en fonction des saisons, de la clarté du temps et de l'angle d'incidence des rayons du soleil. Le tableau suivant démontre la quantité d'énergie reçue par le sol selon les conditions rencontrées dans nos régions tempérées. Par exemple, les valeurs extrêmes enregistrées à Paris sont de l'ordre de 120 kcal/m^2 (en décembre par ciel couvert) et de 7 415 kcal/m^2 (en juin, par très beau temps) pour une journée. La valeur moyenne annuelle d'énergie reçue par le sol est de l'ordre de 2 630 kcal/m^2 par jour.

— SOMME HORAIRE DE 11 h A. 12 h —		
	ETE	HIVER
Ciel clair	790	290
Jour moyen	600	145
Ciel couvert	240	70

— SOMME QUOTIDIENNE —		
	ETE	HIVER
Ciel clair	6 460	1 450
Jour moyen	4 545	790
Ciel couvert	1 435	350

Tabl. 2 - Energie en kcal/m^2, reçues par le sol après l'intervention de l'atmosphère.

Référence: No. 11