

# Fonctionnement des fondants



- Rappel de quelques propriétés du sel
- actions et conséquences des fondants
- comportement du sel sur la chaussée

ROCK ROCK

# Fonctionnement des fondants



①  Le sel en solution (saumure) abaisse le point de congélation de l'eau.

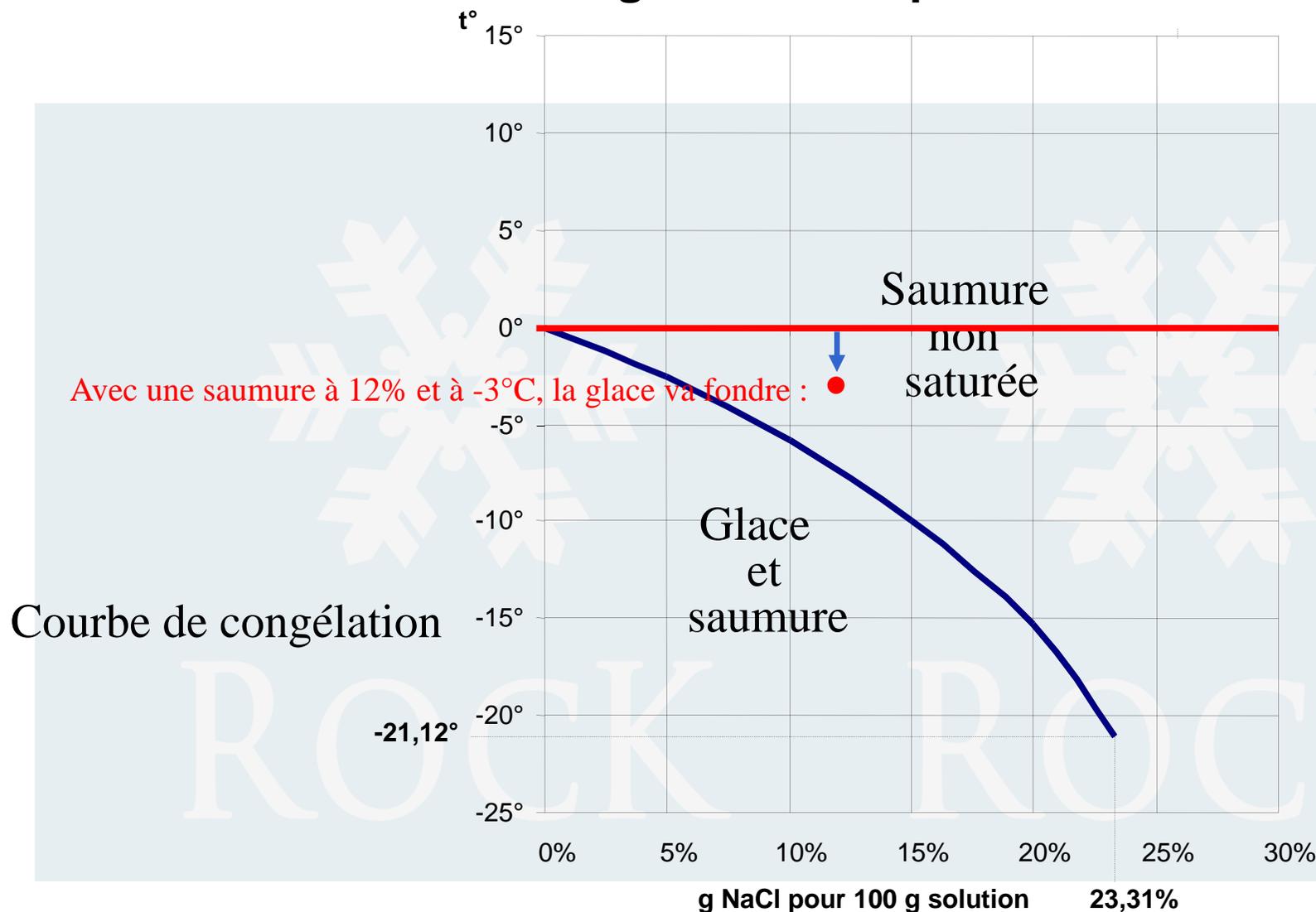
Autrement dit, dans une certaine plage de température, le fait d'épandre une saumure sur de la glace va provoquer sa fonte.

Exemple :

# Fonctionnement des fondants



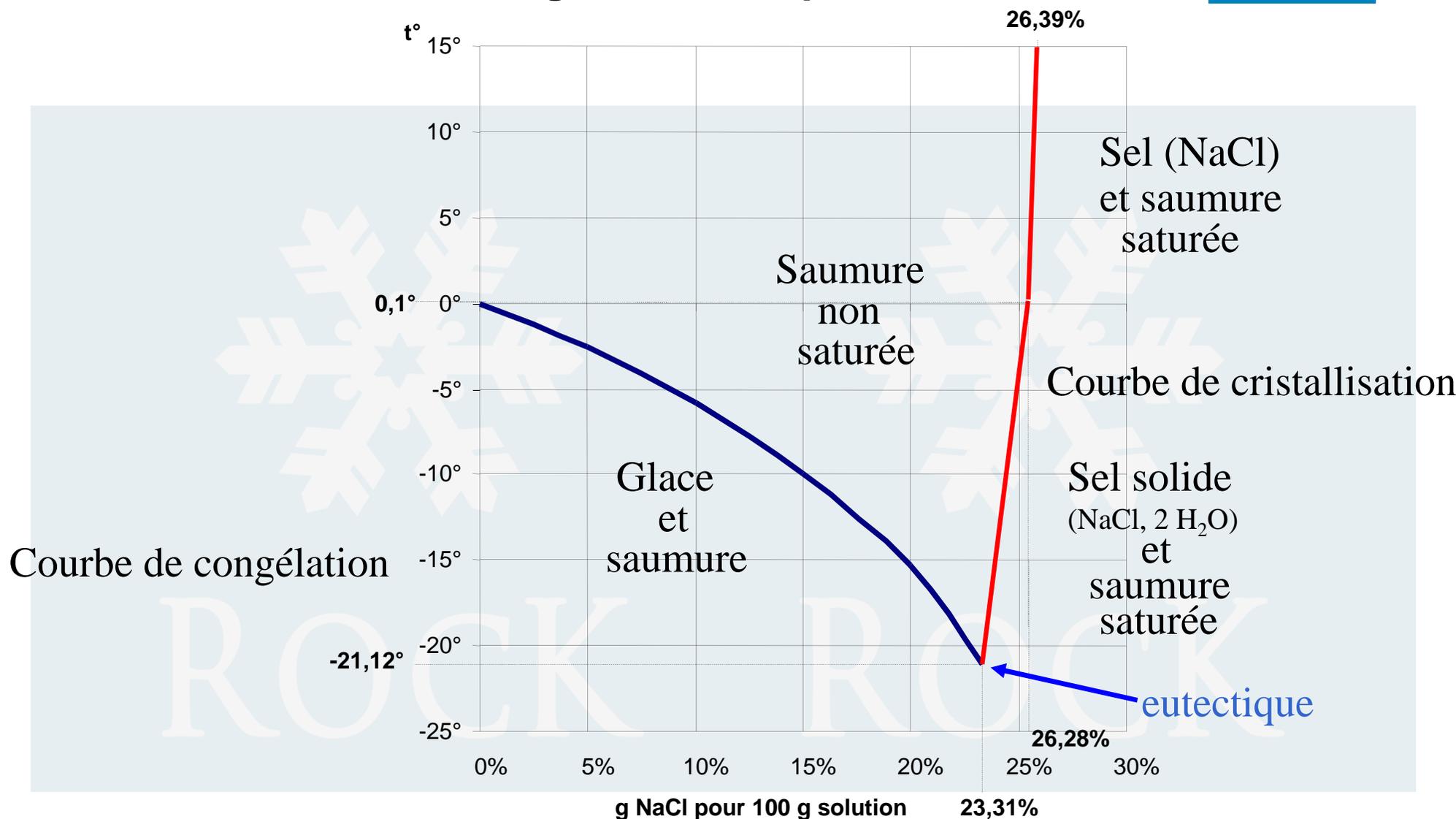
## Diagramme des phases de NaCl



# Fonctionnement des fondants

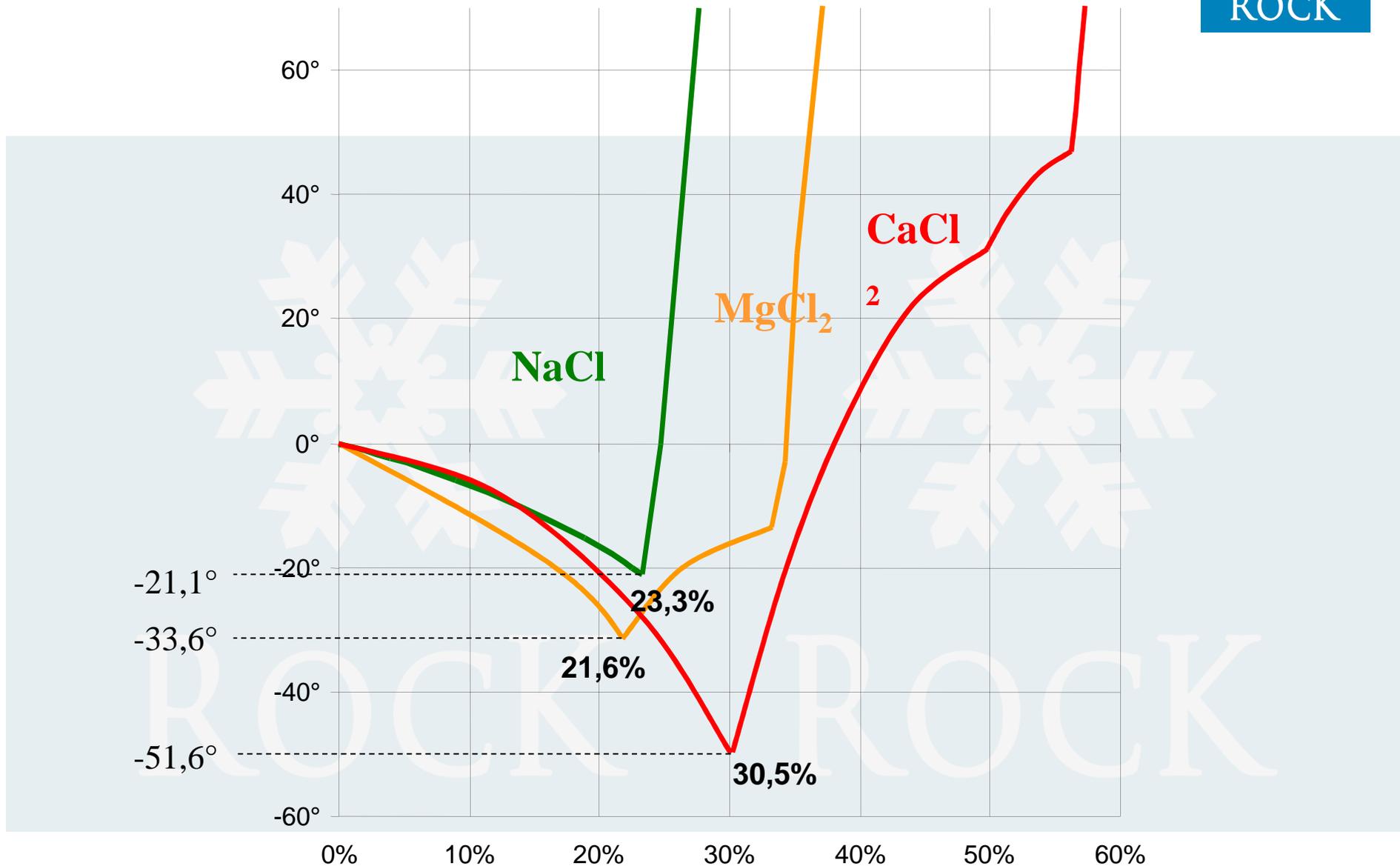


## Diagramme des phases de NaCl



# Fonctionnement des fondants

Diagramme des phases de NaCl, MgCl<sub>2</sub> et CaCl<sub>2</sub>



# Fonctionnement des fondants



Capacité de fonte en grammes de fondants nécessaires pour 1 kg de glace

|       | <b>NaCl</b> |
|-------|-------------|
| -2°C  | 35 g        |
| -5°C  | 87 g        |
| -10°C | 163 g       |

# Fonctionnement des fondants



Capacité de fonte en grammes de fondants nécessaires pour 1 kg de glace

|       | <b>NaCl</b> | <b>MgCl<sub>2</sub></b> |
|-------|-------------|-------------------------|
| -2°C  | 35 g        | 35 g                    |
| -5°C  | 87 g        | 77 g                    |
| -10°C | 163 g       | 129 g                   |

ROCK ROCK

# Fonctionnement des fondants



Capacité de fonte en grammes de fondants nécessaires pour 1 kg de glace

|       | <b>NaCl</b> | <b>MgCl<sub>2</sub></b> | <b>CaCl<sub>2</sub></b> |
|-------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| -2°C  | 35 g        | 35 g                    | 40 g                    |
| -5°C  | 87 g        | 77 g                    | 90 g                    |
| -10°C | 163 g       | 129 g                   | 156 g                   |

Ce sont des valeurs théoriques. En pratique, on constate que les quantités de glace ou de neige fondues sont supérieures, en particulier à cause de l'effet mécanique du trafic.

# Fonctionnement des fondants



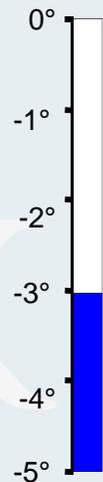
② → La dissolution du sel consomme des calories  
(phénomène endothermique)

la dissolution d '1g de sel consomme 7,8 calories

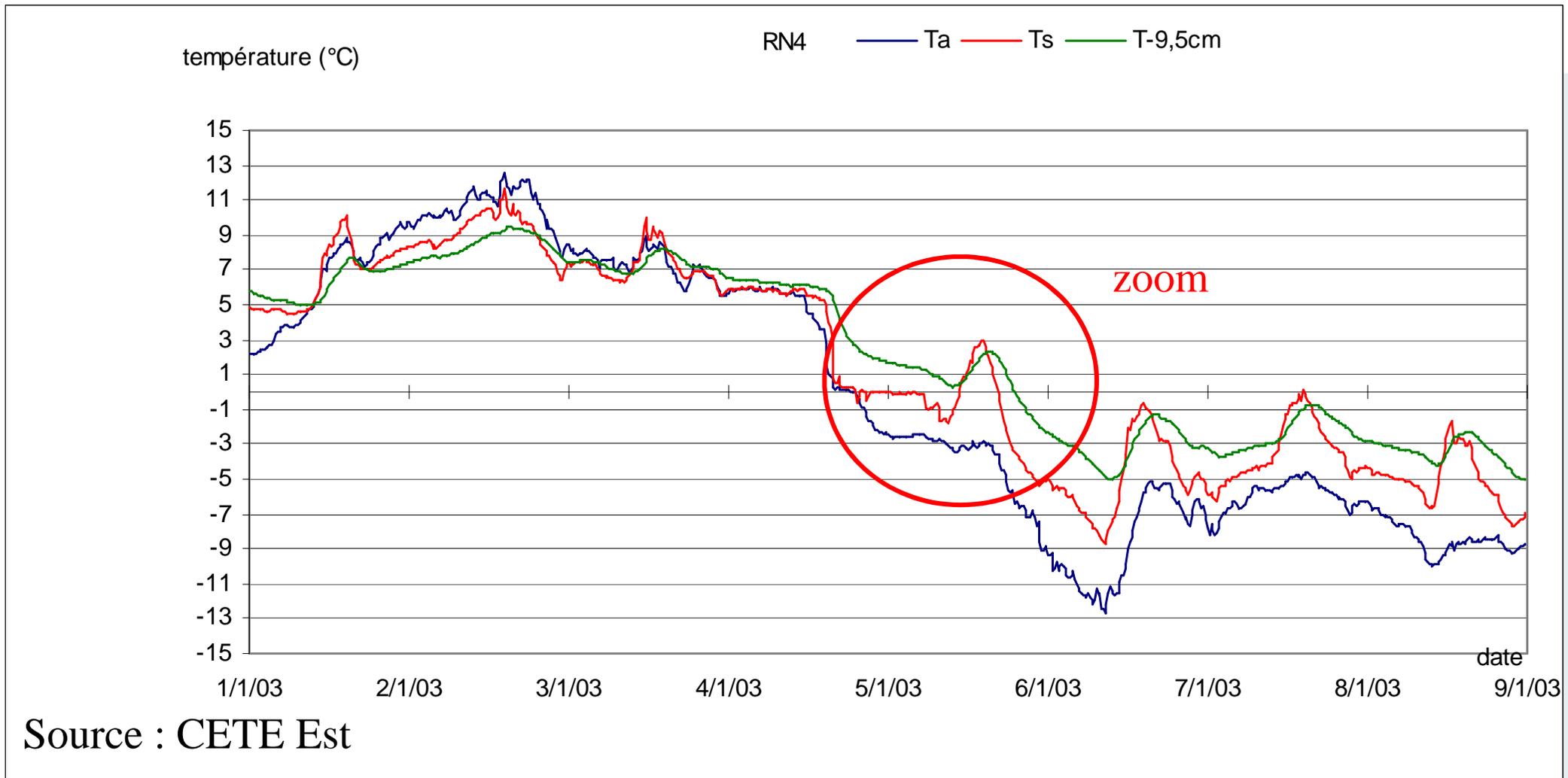
→ La fusion de la glace consomme des calories

la fusion de 1g de glace consomme 80 calories

Conséquence : si absence d 'apport de chaleur extérieur,  
cela va s 'accompagner d 'une  
baisse de température



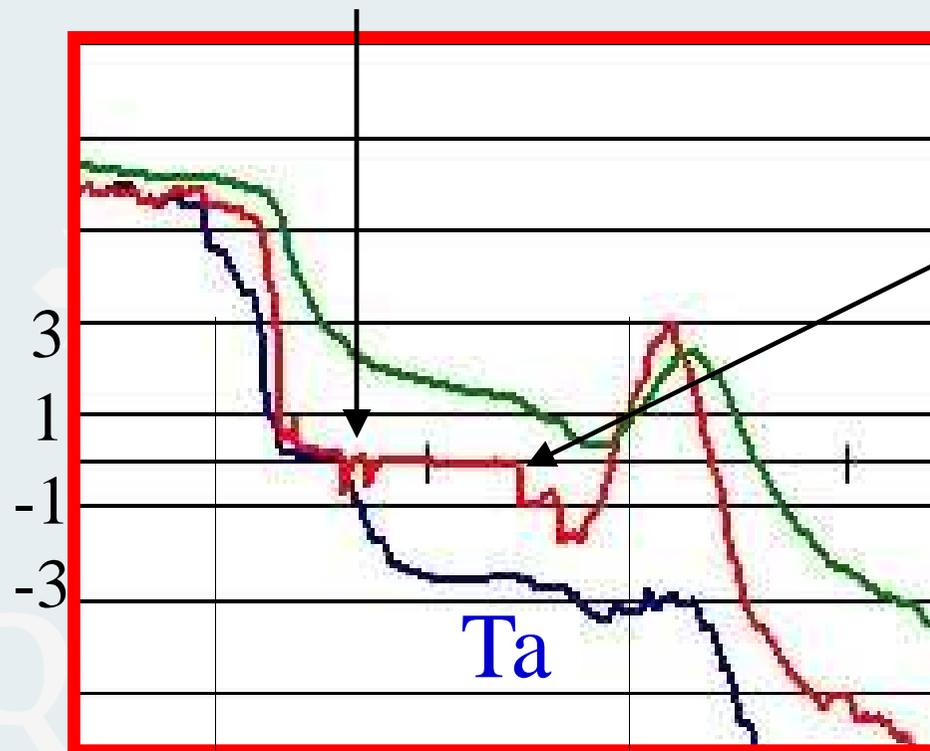
# Évolution des températures sur RN4 l'épisode du 4 janvier 2003



# Évolution des températures sur RN4



chute de neige => 2 salages le 4 janvier vers 18h à 1h d'intervalle  
=> baisse très momentanée de Ts qui se stabilise à 0°C (neige fondante)  
pendant que Ta continue à ↓



5 janvier vers 6 h et 9 h :  
deux salages qui  
font disparaître  
le reste de neige  
=> Ts ↓ et devient < 0  
avant de repasser > 0 vers  
11 h par réchauffement  
du soleil

Source : CETE Est

12h 0h 12h 24h  
4 janvier 5 janvier

# Fonctionnement des fondants



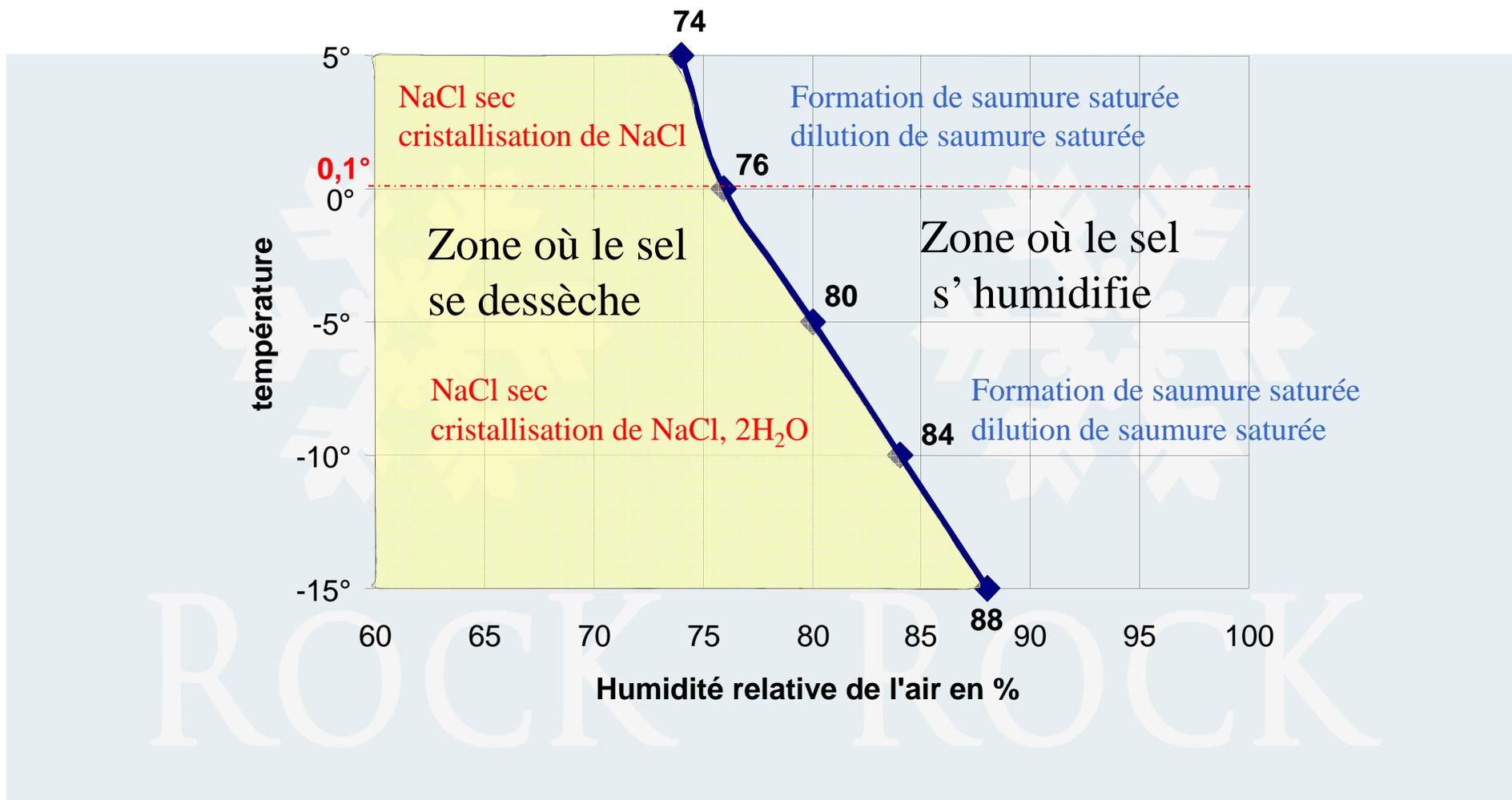
## ③ → Le sel est hygroscopique

- si l'hygrométrie de l'air est supérieure à l'humidité relative d'équilibre
  - *le sel pompe l'humidité de l'air et se dissout*
- si l'hygrométrie de l'air est inférieure à l'humidité relative d'équilibre
  - *le sel a tendance à sécher (évaporation de la saumure entre les grains)*

# Fonctionnement des fondants



Comportement du sel et de la saumure en fonction de l'humidité de l'air



# Fonctionnement des fondants



Au fur et à mesure que l'humidité relative augmente, la saumure pompe de plus en plus d'humidité et se dilue de plus en plus. De ce fait, elle perd progressivement son pouvoir de protection. **Exemples :**

| apport d'eau<br>en g/m <sup>2</sup> | saumure NaCl |                      | saumure CaCl <sub>2</sub> |                      |
|-------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------|----------------------|
|                                     | conc. à 0°C  | point de congélation | conc. à 0°C               | point de congélation |
| 0                                   | 26,3         | -21,1°               | 26,2                      | -37°                 |
| 10                                  | 20,8         | -17,5°               | 19,6                      | -19,6°               |
| 20                                  | 17,2         | -13°                 | 15,7                      | -12,9°               |
| 40                                  | 12,8         | -8,8°                | 11,2                      | -7,4°                |
| 60                                  | 10,2         | -6,7°                | 8,7                       | -5,3°                |
| 80                                  | 8,5          | -5,5°                | 7,1                       | -4,1°                |
| 90                                  | 7,8          | -5,1°                | 6,5                       | -3,7°                |

Or un brouillard léger (visibilité 200 m) peut déposer en 15 heures entre 20 et 60 grammes d'eau/m<sup>2</sup>

# Fonctionnement des fondants



## ■ quelques propriétés du sel (résumé)

|  |   |
|--|---|
| <b>Densité apparente (tassé)</b>       | <b>1,2 - 1,3</b> (réelle = 2,24)                |
| <b>Solubilité dans l'eau (à 10 °C)</b> | <b>356 g / l eau</b>                            |
| <b>Hygroscopicité</b>                  | <b>Humidité relative à l'équilibre 75 %</b>     |
| <b>Point de congélation</b>            | <b>La saumure saturée se solidifie à - 21°C</b> |
| <b>Viscosité de la saumure saturée</b> | <b>2 centipoises à 20°C</b>                     |
|  | <b>3,4 centipoises à 0°C</b>                    |

# Fonctionnement des fondants



- À propos de solubilité dans l'eau :  
**attention de quoi l'on parle !**

NaCl en % du poids de solution : 23

↔ NaCl en g/l de solution : 269,6

↔ NaCl en g/l d'eau : 298,7

$$298,7/1298,7 = 0,230$$

$$269,6/230 = 1,1722 = \text{densité d'une saumure à 23\%}$$

# Fonctionnement des fondants



- Rappel de quelques propriétés du sel
- actions et conséquences des fondants
- comportement du sel sur la chaussée

ROCK ROCK

# Fonctionnement des fondants



Le sel agit **par formation d'une solution** qui :

- abaisse le point de congélation :

c'est le principe de l'action préventive

- favorise la fonte de la glace et de la neige :

c'est le principe de l'action curative.

ROCK ROCK

## Conséquence **fondamentale** :

un fondant chimique n'agit que sous forme de solution.

1. Il a donc besoin d'eau pour entamer son action,
2. plus il y a de sel dissous, plus le point de congélation est abaissé (cf. diagrammes des phases),

# Fonctionnement des fondants



3. La rapidité de son action est étroitement liée à :

- la quantité d'eau disponible
- sa facilité de dissolution

L'eau peut provenir de :

- du sel (sel humide)
- l'humidité du milieu à traiter
- l'humidité de l'air
- l'apport artificiel

# Fonctionnement des fondants



## ATTENTION !

**Le sel n 'est pas une assurance tous risques !**

Mieux connaître son action, c 'est :

- *prendre conscience de ses limites*
- *l 'utiliser de façon rationnelle*

# Fonctionnement des fondants



- Rappel de quelques propriétés du sel
- Actions et conséquences des fondants
- Comportement du sel sur la chaussée :
  - le sel en grains
  - la saumure de chlorure de sodium
  - la bouillie de sel
  - la migaine

# Le sel en grains



## ■ En préventif ou précuratif :

- route sèche et  $HR < 75\%$   
=> risques importants d'élimination sous l'action du vent et du trafic
- route humide et/ou  $HR > 75\%$  :  
=> le sel pompe l'humidité => meilleure rémanence  
=> le sel se dissout
- route ruisselante : à proscrire

# Le sel en grains



## ■ En curatif :

- rapidité d'action en fonction de la température, de l'hygrométrie, du phénomène, de la pureté et de la granularité du sel
- efficace jusqu'à  $-7^{\circ}/-8^{\circ}\text{C}$

# la saumure de NaCl



## ■ En fonction de l'état de la chaussée :

– sur route humide :

=> la saumure se dilue

=> baisse de la température de protection

=> risque de formation de verglas

ROCK ROCK

# la saumure de NaCl



- **En fonction de l'hum. relat. de l'air :**
  - $HR < HRE$  = air "sec" :  
=> la saumure s'évapore et le sel recristallise
  - $HR > HRE$  = air "humide" :  
=> la saumure se dilue et la chaussée n'est plus protégée

# la saumure de NaCl



## ■ **Avantages de la saumure pure :**

- action instantanée
- bonne tenue dans le temps sur la chaussée
- facilité de contrôle

## ■ **Inconvénients :**

- inadaptée aux traitements curatifs sauf en traitement d'attaque sur certains types de verglas

# En résumé...



## Le sel en grains

## La saumure

Tenue de route  
en pré-curatif

mauvaise

bonne

Vitesse d'action  
en début curatif

lente

rapide

Tenue dans le temps  
en curatif

bonne

mauvaise



associer les deux !

# la bouillie de sel



➤ Efface les inconvénients et allie les avantages du sel en grains et de la saumure :

- améliore la tenue du sel sur la chaussée
- diminue le délai de mise en œuvre
- meilleure efficacité, en particulier aux t° limites et aux faibles HR
- efficace en pré-curatif et en curatif

# la bouillie de sel



⇔ **inconvenients :**

**nécessite un matériel adapté :**

➤ **pour la fabrication**

➤ **pour l'épandage**

# la migaine



- Mélange de saumure de  $MgCl_2$  (ou de  $CaCl_2$ ) et de  $NaCl$  sous forme de cristaux microscopiques à l'état de suspension
  - Aspect de lait

ROCK ROCK

# La migaine



## ■ Avantages :

- action à plus basse température
- Efficacité (une des rares solutions contre les pluies verglaçantes)
- pas besoin de centrale à saumure

## ■ Inconvénients :

- Coût (matériel d'épandage spécifique)
- Difficulté technique à maîtriser l'épandage