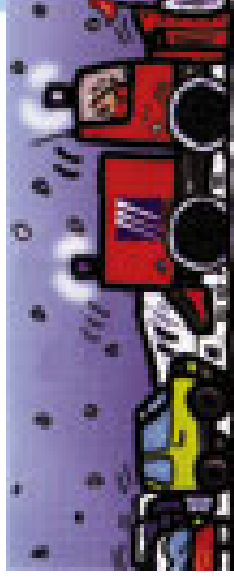


Accidents sur chaussée glissante, sèche et salée ?

Une accidentologie spécifique observée au cours des cinq derniers hivers



□ Diminution importante de l'adhérence sur chaussée sèche et salée

- Phénomène observé plus particulièrement dans les massifs (Alpes, Pyrénées, Vosges)
- Phénomène observé alors que T_a et T_s inférieurs à 0°C durant de longues heures (voire jours)
- Phénomène apparaissant à la suite d'épandages multiples de fondants routiers
- Variation d'adhérence affectant plus particulièrement
 - Les bandes de roulement
 - Le sommet des granulats, sous la forme d'un dôme cristallin
- Impression de « talcage » de la surface par la poussière de sel formée
- Accidents répétés sur les mêmes zones
- Phénomène disparaissant pas simple lavage de la surface
- Plusieurs dizaines d'accidents matériels (souvent sortie de route en zone de sollicitation transversale)

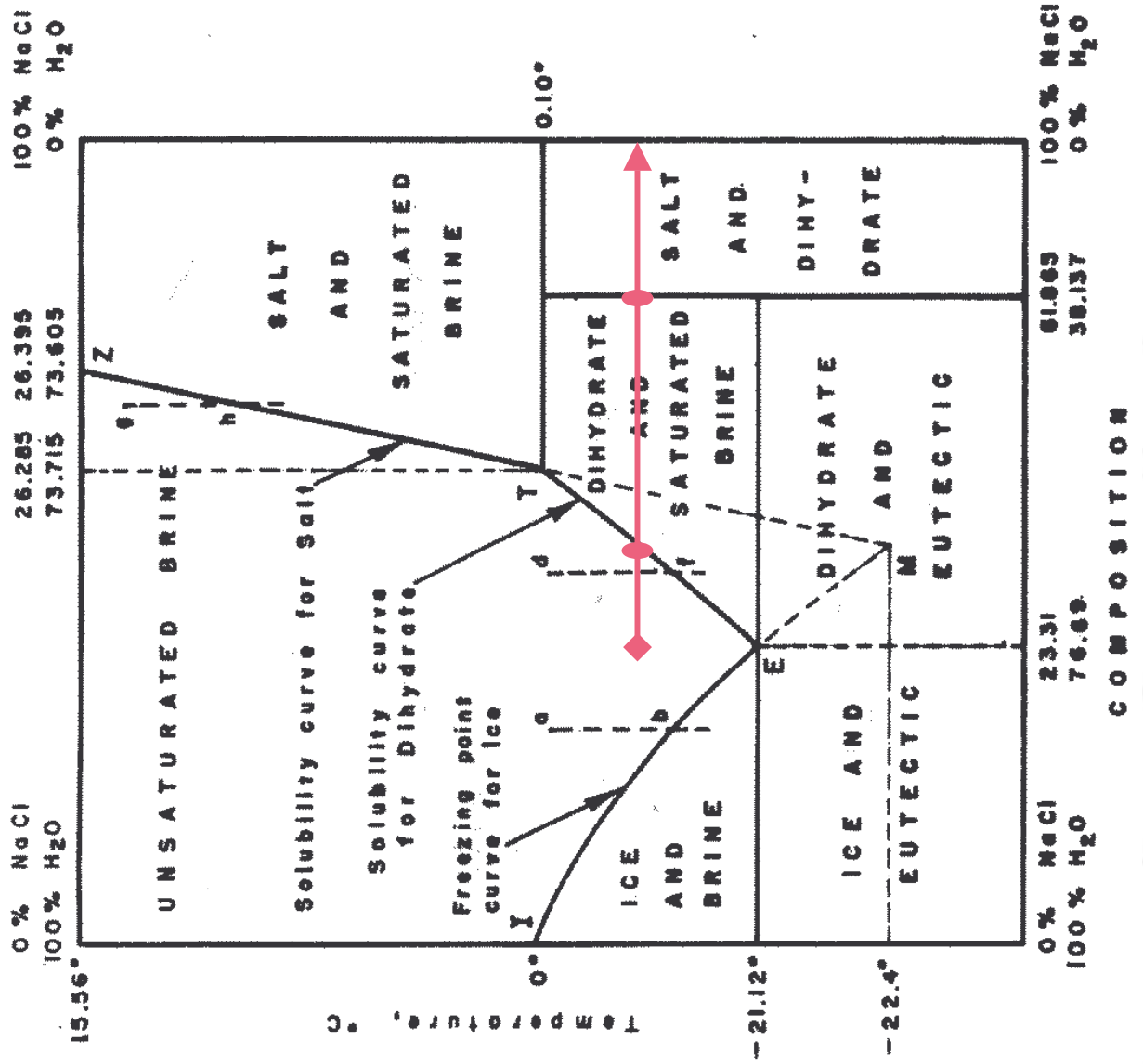
Les deux voies d'investigations Les deux hypothèses

- 1. La variation d'adhérence liée à la formation de dihydrate de sodium ($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sur la surface de la chaussée
- 2. La variation d'adhérence liée à une recristallisation de $\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sur le sommet des granulats

La variation d'adhérence induite par la formation de dihydrate de sodium

- Le dihydrate de sodium ne se forme que lors du séchage d'une saumure à température négative
- Le mécanisme de cristallisation se déroule en deux temps
 - Apparition de dihydrate de sodium et de saumure de NaCl saturée à partir de la courbe de solubilité du dihydrate (jusqu'au titre 61%)
 - Apparition de dihydrate de sodium et de NaCl anhydre (du titre 61% à 100%)

Le diagramme des phases du chlorure de sodium



La variation d'adhérence induite par la formation de dihydrate de sodium

□ Les investigations expérimentales danoises en laboratoire (2001)

- Essais en caisson climatique / mesures de l'adhérence SRT / divers scénarios / divers revêtements
- L'apparition progressive de dihydrate de sodium ($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) passe par l'apparition d'un « gel » modifiant le niveau d'adhérence de la surface routière



La variation d'adhérence induite par la formation de dihydrate de sodium

□ Les investigations expérimentales françaises (2002) tentent de reproduire le mécanisme

- Essais en caisson climatique / mesures de l'adhérence SRT / divers scénarios / deux surfaces tests de PMT différentes
- Confirmation de la formation de dihydrate de sodium et de sodium anhydre, sans formation de « gel » (Chimie)
- Mise en évidence d'une variation d'adhérence induite par un « lissage » du dihydrate de sodium et du sodium anhydre recristallisé sur les PMT faibles

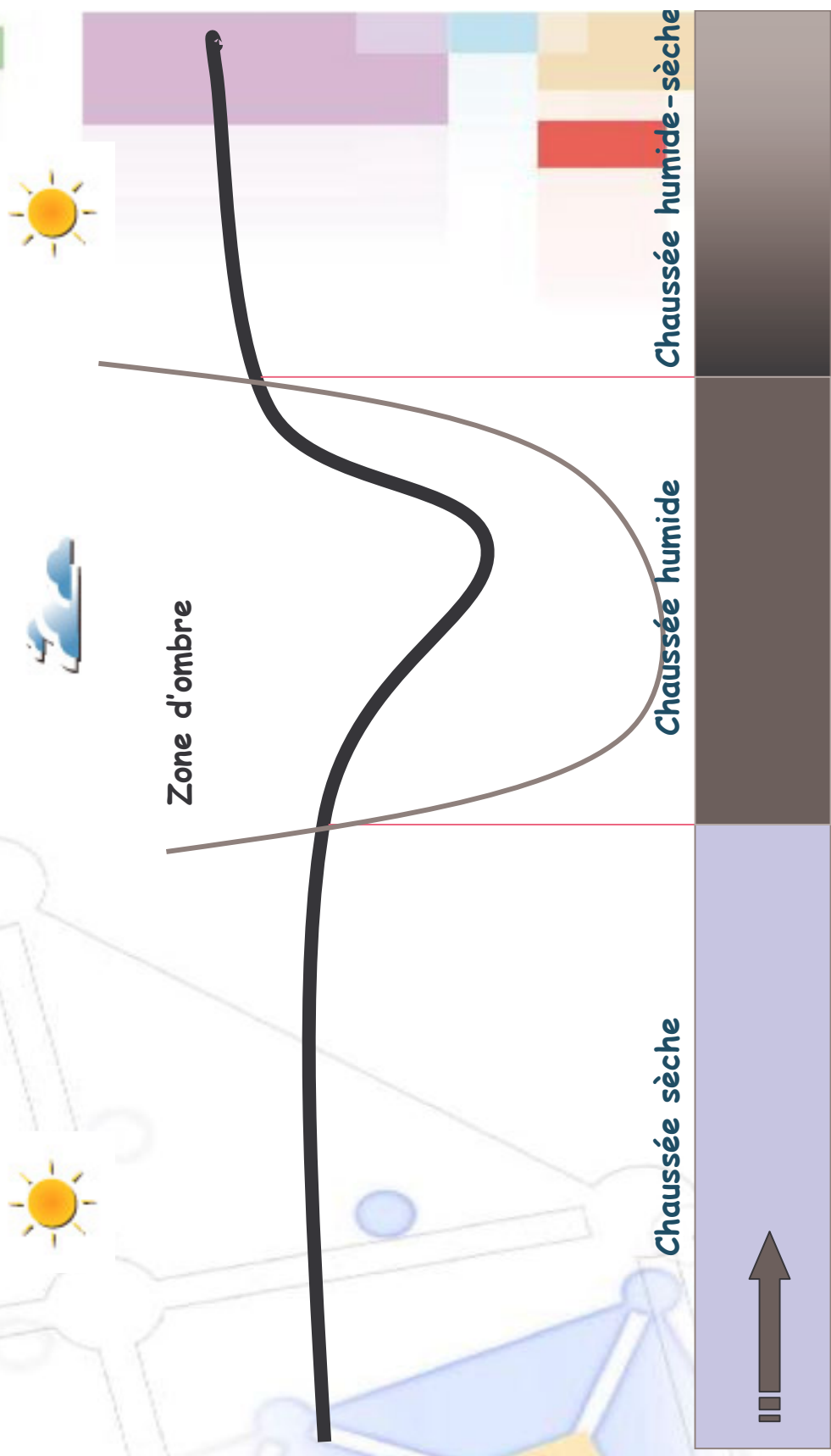
La variation d'adhérence induite par une recristallisation de NaCl sur le sommet des granulats

□ Les nouvelles hypothèses 2004 / 2005

- Un phénomène de transport du chlorure de sodium par le trafic routier
 - Facteurs routiers
 - Salages répétés = chaussée « blanche de sel »
 - Itinéraire alternant zones humides et zones sèches
 - Facteurs météorologiques
 - Température < 0°C et U % très faible < 50%

La variation d'adhérence induite par une recristallisation de NaCl sur le sommet des granulats

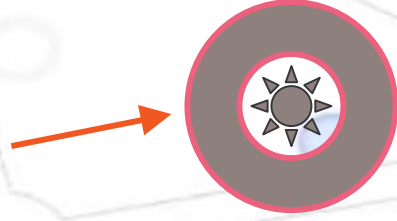
Itinéraire alternant zones humides et zones sèches



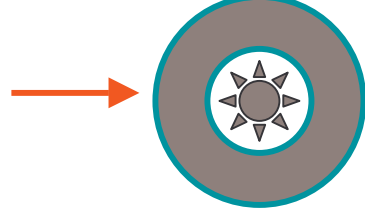
La variation d'adhérence induite par une recristallisation de NaCl sur le sommet des granulats

Un phénomène de transport de sodium par le trafic routier

Pneumatiques chargés de sels secs ($\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)



Pneumatiques chargés de sels secs ($\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) + Saumure saturée NaCl



Pneumatiques chargés de sels secs ($\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) + Saumure saturée NaCl se déchargeant sur la zone sèche



Caussée sèche

Caussée humide

Caussée humide-sèche

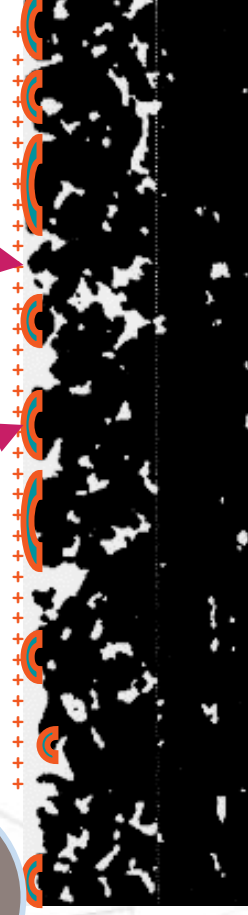
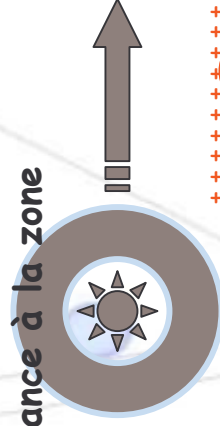


La variation d'adhérence induite par une recristallisation de NaCl sur le sommet des granulats

- Dépôt de saumure de $\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ humide,
- sans écoulement gravitaire
- se recristallisant sur les sommets des granulats et gommant leur micro rugosité
- dans les bandes de roulement
- s'atténuant progressivement en fonction de la distance à la zone humide

Une recristallisation du fait de conditions météorologiques favorables (U % faible et $T_s < 0^\circ\text{C}$)

Microcristaux (poussière blanche) $\text{NaCl} + \text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



La variation d'adhérence induite par une recristallisation de NaCl sur le sommet des granulats

□ Deux questions subsistent

- Quelle est la contribution dans la variation d'adhérence observée
 - de la disparition de la microtexture du fait des dômes de NaCl recristallisés ?
 - Du phénomène de « talcage » par la poussière des dômes recristallisés de NaCl ?
- Quelle est la contribution de la macrotexture dans le phénomène observé ?
 - (il semble qu'une PMT faible soit plus favorable à l'apparition de la variation d'adhérence)

Quelles mesures opérationnelles ?

- ❑ **Assurer une plus grande maîtrise des quantités de fondants répandus**
 - Faire en sorte que la quantité de fondants qui subsiste sur la chaussée n'exécède pas la quantité nécessaire pour traiter le phénomène météorologique attendu
- ❑ **Identifier les conditions routières favorables**
 - Rechercher les zones où existerait des alternances de zones humide sèche et prévoir la signalisation adéquate
- ❑ **Identifier les conditions météorologiques favorables**
 - T_a et $T_s < -10^{\circ}\text{C}$, de façon relativement continue
 - U % constamment inférieure à l'humidité relative du chlorure de sodium (HRE $< 75\%$)