



XIII<sup>e</sup>  
CONGRÈS  
INTERNATIONAL  
DE LA VIABILITÉ  
HIVERNALE

QUÉBEC, DU 8 AU 11 FÉVRIER 2010



Québec 

# LA VIABILITÉ HIVERNALE DURABLE AU SERVICE DES USAGERS

*Analyse d'une accidentologie particulière  
observée sur chaussée sèche et salée*

S. Poissonnier / J. Livet / A. Bazile

SETRA-CETE de l'Est

[stephanie.poissonnier@developpement-durable.gouv.fr](mailto:stephanie.poissonnier@developpement-durable.gouv.fr)

RESSOURCES, TERRITOIRES ET HABITATS  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



Sétra

Service d'études  
sur les transports,  
les routes et  
leurs aménagements



# *Analyse d'une accidentologie particulière observée sur chaussée sèche et salée*

## Sommaire

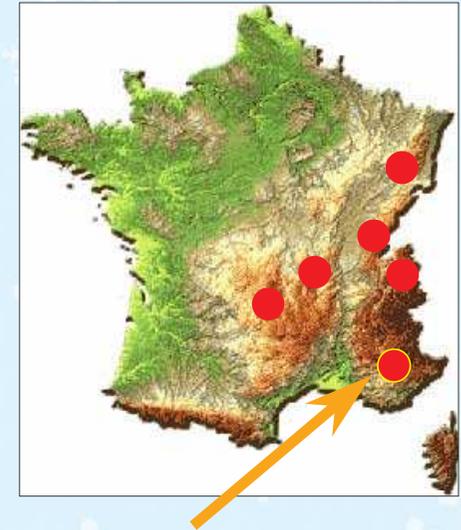
- 1- Le constat
- 2- Les investigations en laboratoire
- 3- Les investigations in-situ
- 4- Analyse du phénomène
- 5- Préconisation de mesures d'exploitation



Accident relevé le 19 décembre 2007 – Hautes Alpes Source: CG 04

## Le constat

Accidentologie hivernale observée sur des chaussées ayant bénéficié de salages répétés, sensés, a priori, les protéger.



- ✓ Itinéraires sinueux
- ✓ Alternance zones sèches et zones humides (*exposition solaire différentielle*)
- ✓  $T_a \ll 0^\circ\text{C}$  pendant plusieurs heures consécutives
- ✓ Absence d'hydrométéores (*rayonnement nocturne très important*)
- ✓ Salages répétés de la chaussée
- ✓ Chaussée blanche de NaCl: « *talçage* », « *dômes cristallins* » au sommet des granulats
- ✓ Disparition par lavage de la chaussée ou par épandage de saumure de NaCl
- ✓ Vitesses pratiquées souvent excessives

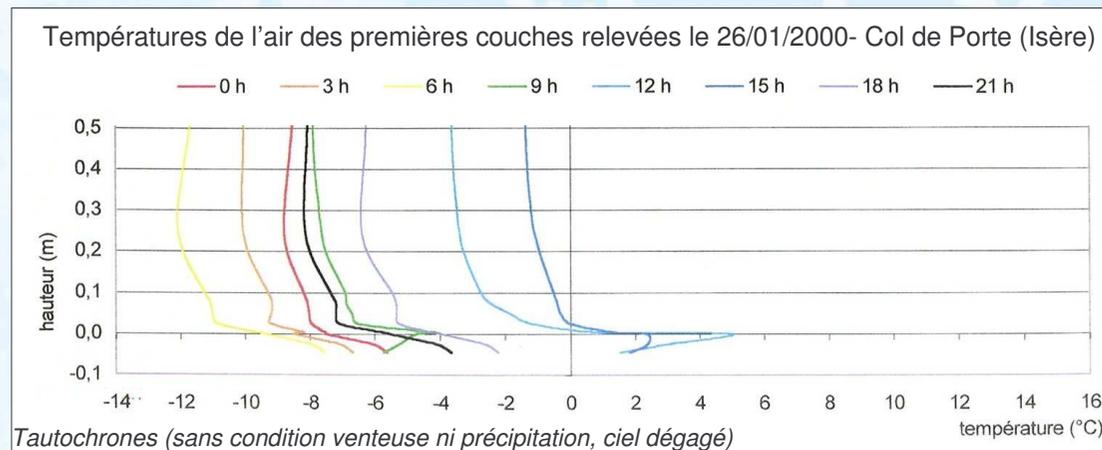
# Les investigations en laboratoire

Test n°1- Variation d'adhérence induite par la présence de fondants routiers épanchés sous forme liquide de façon préventive:

- Relation étroite entre la viscosité et l'adhérence,
- L'adhérence diminue avec la concentration et avec l'abaissement de la température

Test n°2- Étude du gradient de température et d'humidité à la verticale d'une chaussée

- Par nuit et ciel dégagé, la pellicule d'air au contact du revêtement a un contenu en vapeur d'eau supérieur à celui observé à 1,50m: potentialité de formation de gelée blanche ou de dilution de saumure



Source: Étude du gradient thermique atmosphère/chaussée - Propriétés physiques de l'interface - V. Muzet, S. Bousseau, L. Peiffer- Déc.2000

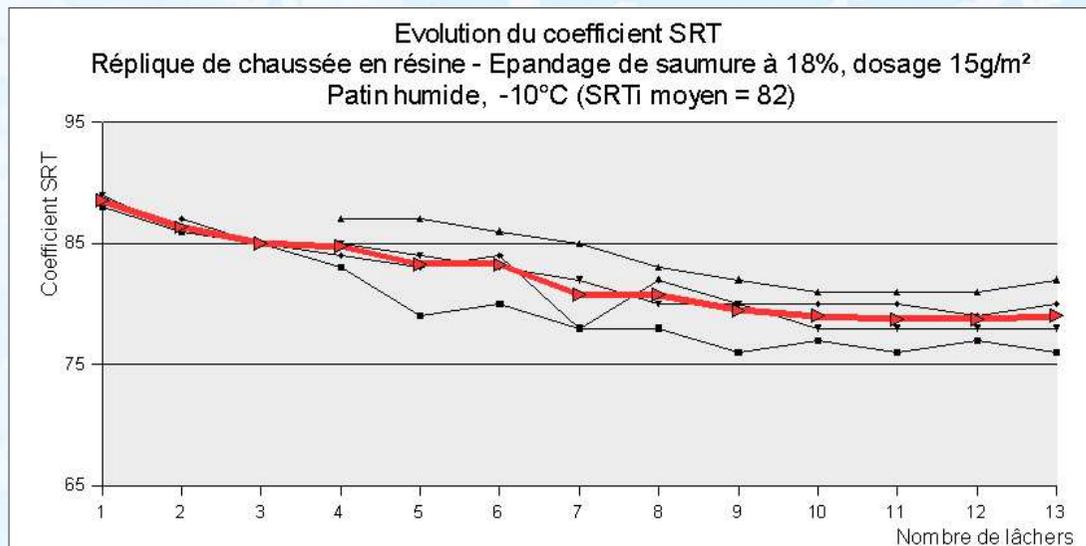
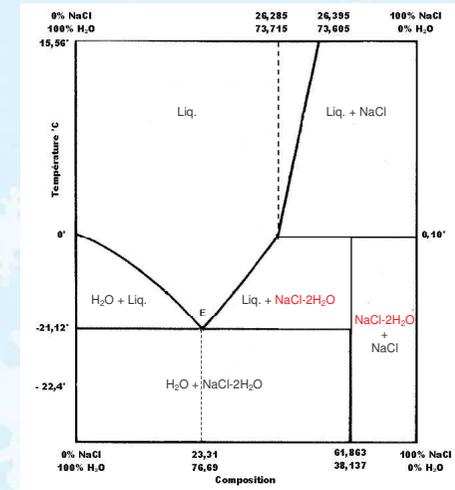
# Les investigations en laboratoire (suite)

## Test n°3 - Variation d'adhérence en présence d'hydrohalite ( $\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ )



Pendule SRT – Essai suivant NF EN 14-231

- Pas de confirmation d'apparition d'un gel d'hydrohalite
- Baisse importante du niveau d'adhérence en présence d'un fondant recristallisé (*gommage de la microtexture*) et en présence de saumure appliquée sur une surface sèche et fortement salée



# Les investigations en laboratoire (suite)

## Test n°4 - Variation d'adhérence en présence de fines particules



Pendule SRT – Essai suivant NF EN 14-231



Dispositif de mesure sur réplique de chaussée, fines de NaCl Dosage 2

- Baisse importante du niveau d'adhérence sur les surfaces contaminées

Contaminant	Variation coef. SRT (écart absolu)	Variation coef. SRT (écart relatif %)
NaCl Dosage 1	25	29
NaCl Dosage 2	20	24
Talc Dosage 1	34	40
Talc Dosage 2	34	40

Dosage 1: saupoudrage faible n'entraînant pas le recouvrement total de la macrotexture

Dosage 2: dosage important entraînant la disparition de l'ensemble des sommets des granules

# Conclusions des investigations en laboratoire

**L'ensemble des conditions locales sont réunies pour réduire de manière significative le niveau d'adhérence**



Traitement de la chaussée de façon répétée

[Test n°1]



$T_a \ll 0^\circ\text{C}$ ,  $U < 75\%$  pendant plusieurs heures consécutives

✓ Concentration de la saumure et recristallisation du NaCl

[Test n°1]

✓ Présence de fines de NaCl

[Test n°4]



Alternance zones sèches et zones humides

✓ Création d'un film de saumure sur le revêtement

[Test n°3]



Absence d'hydrométéores, ciel nocturne dégagé

[Test n°2]

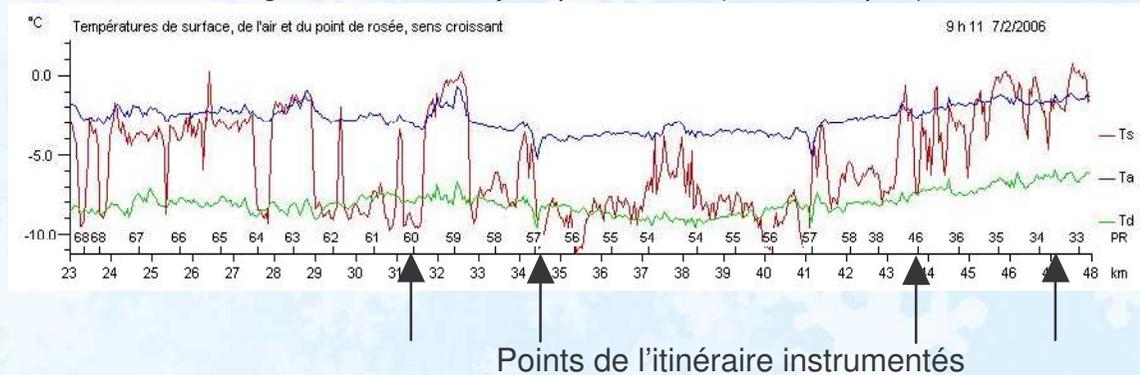
✓  $T_s \ll 0^\circ\text{C}$ , et certainement  $T_s < T_d$

[Test n°3]

# Les investigations in situ

## ✓ Instrumentation de l'itinéraire (Ta, U)

Signature thermohydrigue RD900 (Hautes Alpes):



## ✓ Instrumentation du véhicule de patrouillage (Ts, Ta)

- Radiomètre embarqué
- Sonde de température embarquée



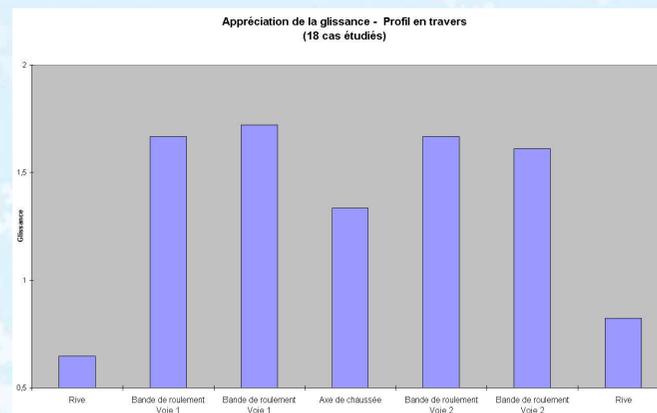
## ✓ Suivi des prévisions et conditions météo-routières, suivi des interventions

- Archivage des prévisions météorologiques (Atmogrammes)
- Suivi des interventions
- Salinité résiduelle (SOBO20)
- Appréciation de la glissance sur une échelle de 1 à 3
- État de surface de la chaussée, traitement

# Les investigations in situ – Les résultats

## ✓ Influence du trafic

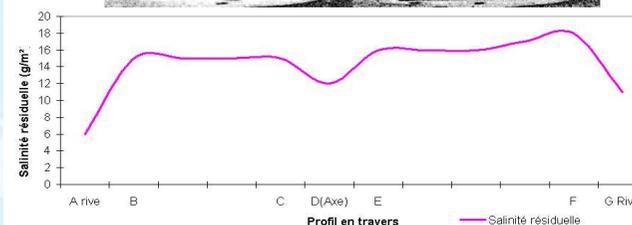
- Diminution de l'adhérence avec l'augmentation du trafic
- Glissance dans les bandes de roulement



## ✓ Influence de la salinité résiduelle

- Chaussée sur-traitée
- Salinité résiduelle plus élevée dans les bandes de roulement (transport de fondants routiers?)

Evolution de la salinité résiduelle sur le profil en travers PR56+970  
10 janvier 2009

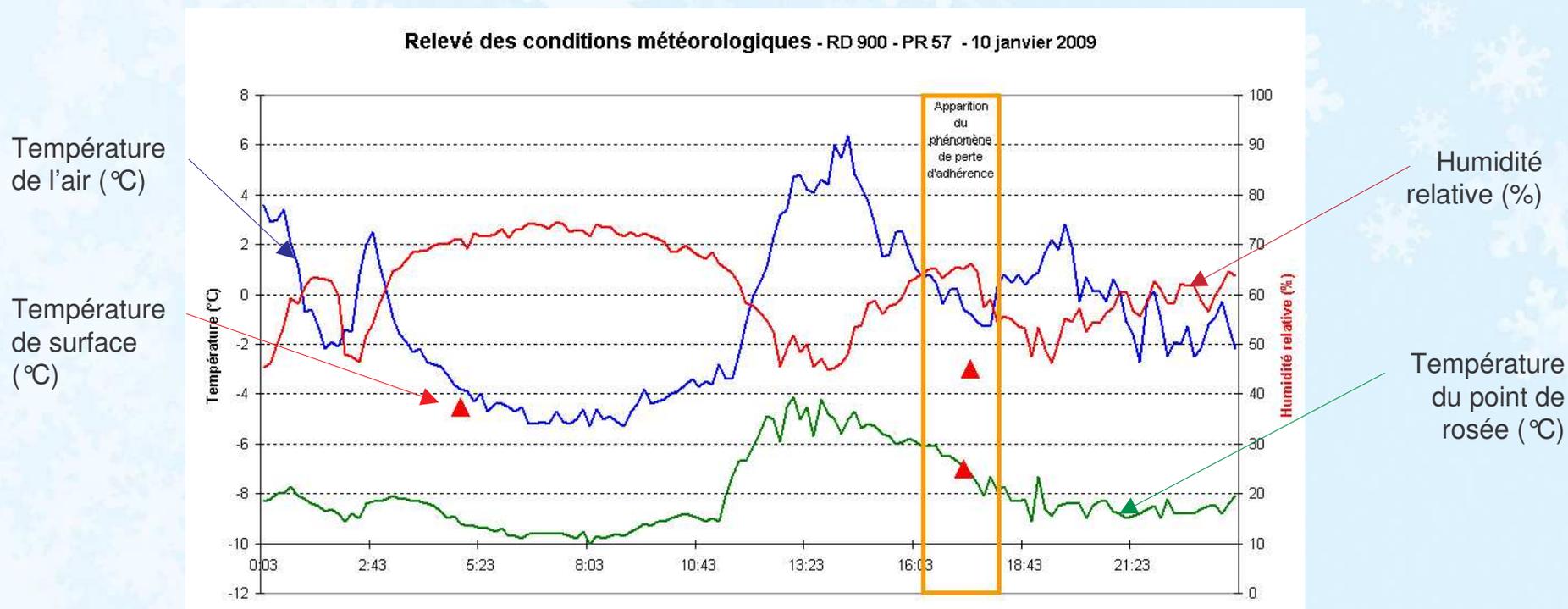


## ✓ Influence du profil en plan de la chaussée

- 80% des phénomènes de glissance dans les virages (usure de la texture ? vitesse excessive ?)

# Les investigations in situ – Les résultats

## ✓ Conditions météorologiques dans une situation type



### → Humidité relative inférieure à 75%

- ✓ Concentration de la saumure
- ✓ Recristallisation du chlorure de sodium

### → Températures de surface voisines de la température du point de rosée

- ✓ Dépôt éventuel d'humidité sur la chaussée

### → Température de surface très faibles

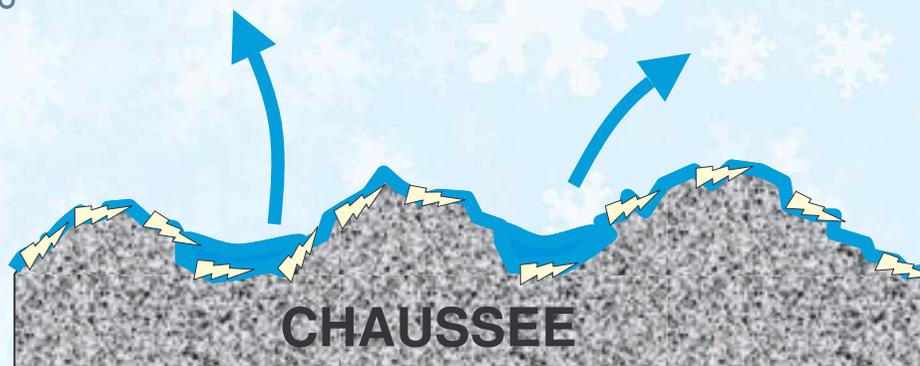
- ✓ présence d'hydrohalite ( $\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ ) + saumure saturée?

# Analyse du phénomène

## 1- Chaussée fortement traitée

$U < 75\%$

Recristallisation du NaCl (+2H<sub>2</sub>O?)



⚡ NaCl recristallisé  
— Saumure saturée

# Analyse du phénomène

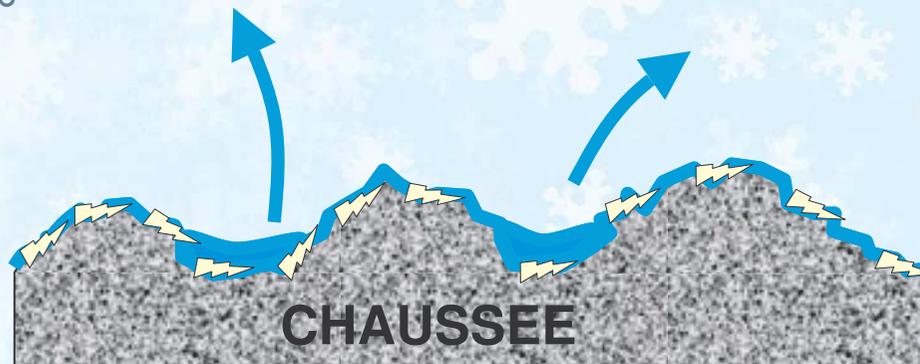
1- Chaussée fortement traitée

2- Conditions météorologiques  $U < 75\%$

=> recristallisation du NaCl (fines, NaCl anhydre ou hydrohalite- $\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$  ?)

$U < 75\%$

Recristallisation du NaCl ( $+2\text{H}_2\text{O}$ ?)



⚡ NaCl recristallisé  
— Saumure saturée

# Analyse du phénomène

1- Chaussée fortement traitée

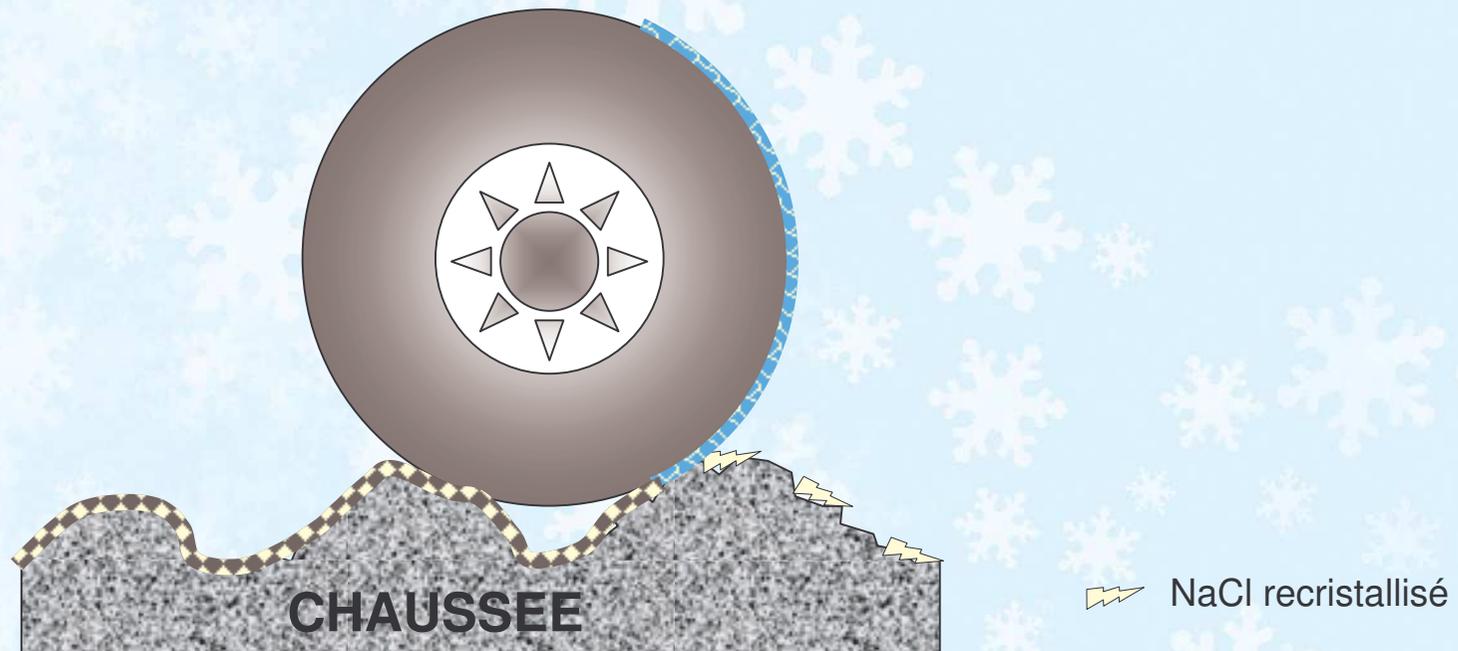
2- Conditions météorologiques  $U < 75\%$

=> recristallisation du NaCl (fines, NaCl anhydre ou hydrohalite?)

3- Sous l'effet du trafic,

=> Augmentation de la salinité résiduelle par transport de fondants routiers des zones humides vers les zones sèches

=> Comblement de la microtexture par les fines de sel, éventuellement les insolubles



# Analyse du phénomène

1- Chaussée fortement traitée

2- Conditions météorologiques  $U < 75\%$

=> recristallisation du NaCl (fines, NaCl anhydre ou hydrohalite?)

3- Sous l'effet du trafic,

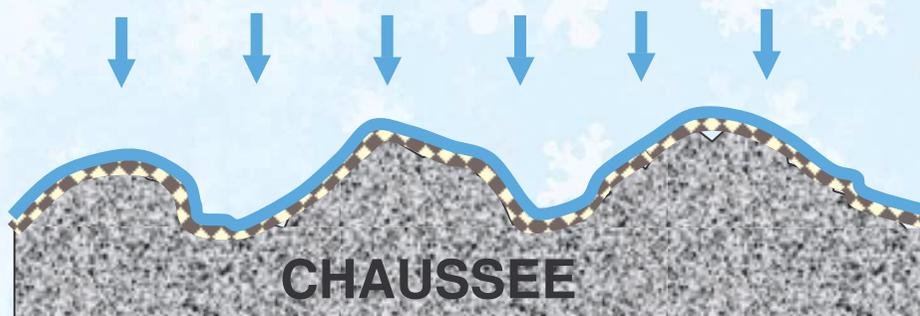
=> Augmentation de la salinité résiduelle par transport de fondants routiers des zones humides vers les zones sèches

=> Comblement de la microtexture par les fines de sel, éventuellement les insolubles

4- Réhumidification de la chaussée

par transport par les pneumatiques de saumure saturée des zones humides

et/ou par faible dépôt d'humidité par condensation solide ( $T_s < T_d$  et  $T_a \ll 0^\circ\text{C}$ )



# Analyse du phénomène

1- Chaussée fortement traitée

2- Conditions météorologiques  $U < 75\%$

=> recristallisation du NaCl (fines, NaCl anhydre ou hydrohalite?)

3- Sous l'effet du trafic,

=> Augmentation de la salinité résiduelle par transport de fondants routiers des zones humides vers les zones sèches

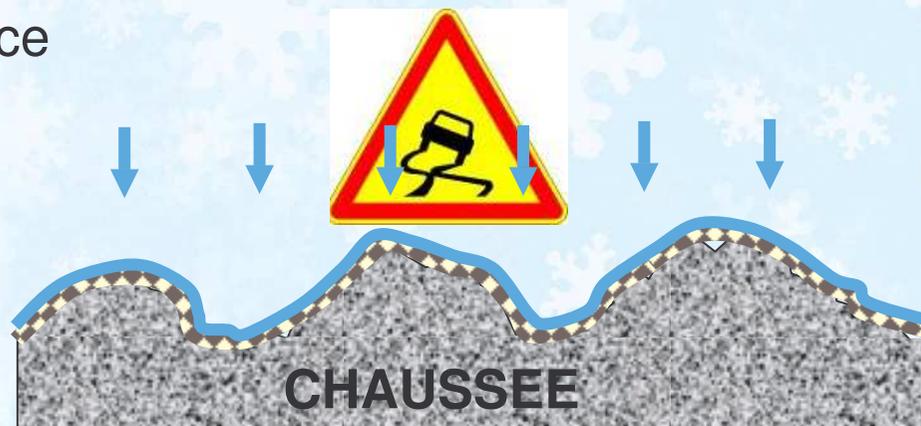
=> Comblement de la microtexture par les fines de sel, éventuellement les insolubles

4- Réhumidification de la chaussée

par transport par les pneumatiques de saumure saturée des zones humides

et/ou par faible dépôt d'humidité par condensation solide ( $T_s < T_d$  et  $T_a \ll 0^\circ\text{C}$ )

5- Lubrification de la surface de la chaussée, réduction notable du niveau d'adhérence



## Préconisation de mesures d'exploitation

- Définir lieux et périodes d'apparition préférentielle du phénomène
- Mise en place d'une signalisation adéquate
- Amélioration locale de la gestion des eaux de ruissellement
- Mise en place de dispositifs d'anticipation des phénomènes météo-routiers
- Formation des personnels

Merci de votre attention



France - Hautes-Alpes – RD900 et RD900b

Itinéraire étudié