

Trente ans de démarches scientifiques, techniques et organisationnelles visant à répondre aux attentes sociétales en maîtrisant l'usage des fondants routiers

*Une démarche de développement durable qui n'en
portait pas encore le nom*

Jean LIVET
MEEDDAT / CETE de l'Est
Expert - consultant viabilité hivernale

Ethel JACQUOT
MEEDDAT / CETE de l'Est
Responsable de l'équipe ressource viabilité
hivernale « ingénierie et matériels »



Une relation au sel plus que millénaire

Petit rappel

Une relation au sel plus que millénaire

Les salines néolithiques

- ❑ L'homme de Hallstatt (entre 8 et 5 siècles av J-C) extrait le sel de la vallée de la Seille

Les voies salées de l'empire romain

- ❑ Plin l'ancien, Tacite, Tite-Live, etc.
- ❑ Taxe sur le sel

« Les chemins du sel »
Gilbert Dunoyer de Segonzac

Une relation au sel plus que millénaire

Dès à présent je vous libère et je décharge tous les juifs des contributions, des **droits sur le sel** et des couronnes

Livre des Maccabées

Il alla où jaillissaient les eaux, il y jeta du **sel** et dit "Ainsi parle Yahvé: **j'assainis ces eaux**, il ne viendra plus de là, ni la mort, ni avortement"

Deuxième Livre des Rois

Tu n'omettras jamais le **sel de l'alliance** de ton Dieu sur ton offrande; Avec chacun de tes présents tu présenteras du sel

Lévitique



Une proposition de cheminement

Une proposition de cheminement

1. Du sel (NaCl) aux fondants routiers

- Quelques dates et repères clefs
- Les enjeux

2. Les fondants routiers, éléments d'un système

- Pourquoi recourir aux fondants routiers ?
- Les divers sous-systèmes en présence

3. Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système

- Réglementaires
- Formation professionnelle
- Techniques, technologiques et normatives

4. Les incertitudes qui demeurent

- L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver
- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau

1. Du sel (NaCl) aux fondants routiers

- Quelques dates et repères clefs
- Les enjeux

2. Les fondants routiers, éléments d'un système

- Pourquoi recourir aux fondants routiers ?
- Les divers sous-systèmes en présence

3. Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système

- Réglementaires
- Formation professionnelle
- Techniques, technologiques et normatives

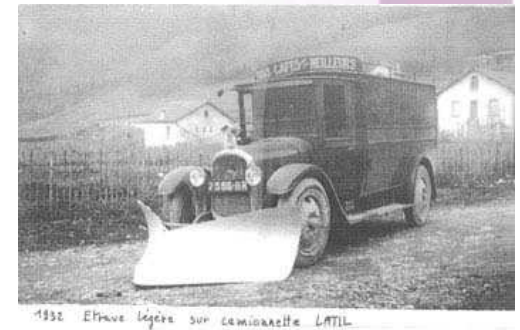
4. Les incertitudes qui demeurent

- L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver
- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau

Du « sel » (NaCl) aux fondants routiers

Quelques dates et repères

- Au début était le déneigement et l'épandage d'abrasifs
- Premiers usages des fondants routiers
 - Paris en 1924
- Usage croissant et progressif qui suit l'explosion de la construction automobile
 - Entre deux guerres
- Les JO de Grenoble en 1968
 - Début de la viabilité hivernale moderne
 - « Chaussées au noir » vers tous les sites olympiques
- Les directives de 1969 - 1971 - 1978
 - Instituent les niveaux de service et le traitement généralisé aux fondants routiers du réseau national, avec recours aux traitements préventifs

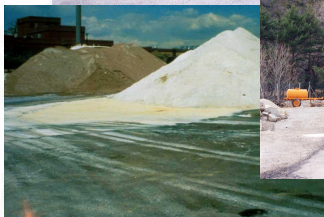


Du « sel » (NaCl) aux fondants routiers Les enjeux actuels

- ❑ Un réseau routier et autoroutier comportant 1 Mkm
- ❑ 1 à 3% accidents sur verglas
- ❑ Une consommation de fondants routiers variant de 600 000 à 1 650 000 tonnes par hiver
- ❑ Plus de 20000 stocks de fondants routiers répartis sur le territoire national

- ❑ Des conditions de stockage très différentes

- ❑ Des conditions de rejet des eaux de la plate-forme plus ou moins soucieuses de l'environnement



Du « sel » (NaCl) aux fondants routiers Les enjeux actuels

- ❑ Une perte sur stocks non couverts estimée entre 5 et 8 % + une perte sur plates-formes de chargement



- ❑ Estimation entre 40000 à 70000 t/an
- ❑ Précipitations moyennes comprises entre 700 à 1400 mm/an
- ❑ Une qualité de l'épandage affectée par le pourcentage en eau du produit (coulabilité) introduisant des pertes supplémentaires

- ❑ Une perte lors de l'épandage

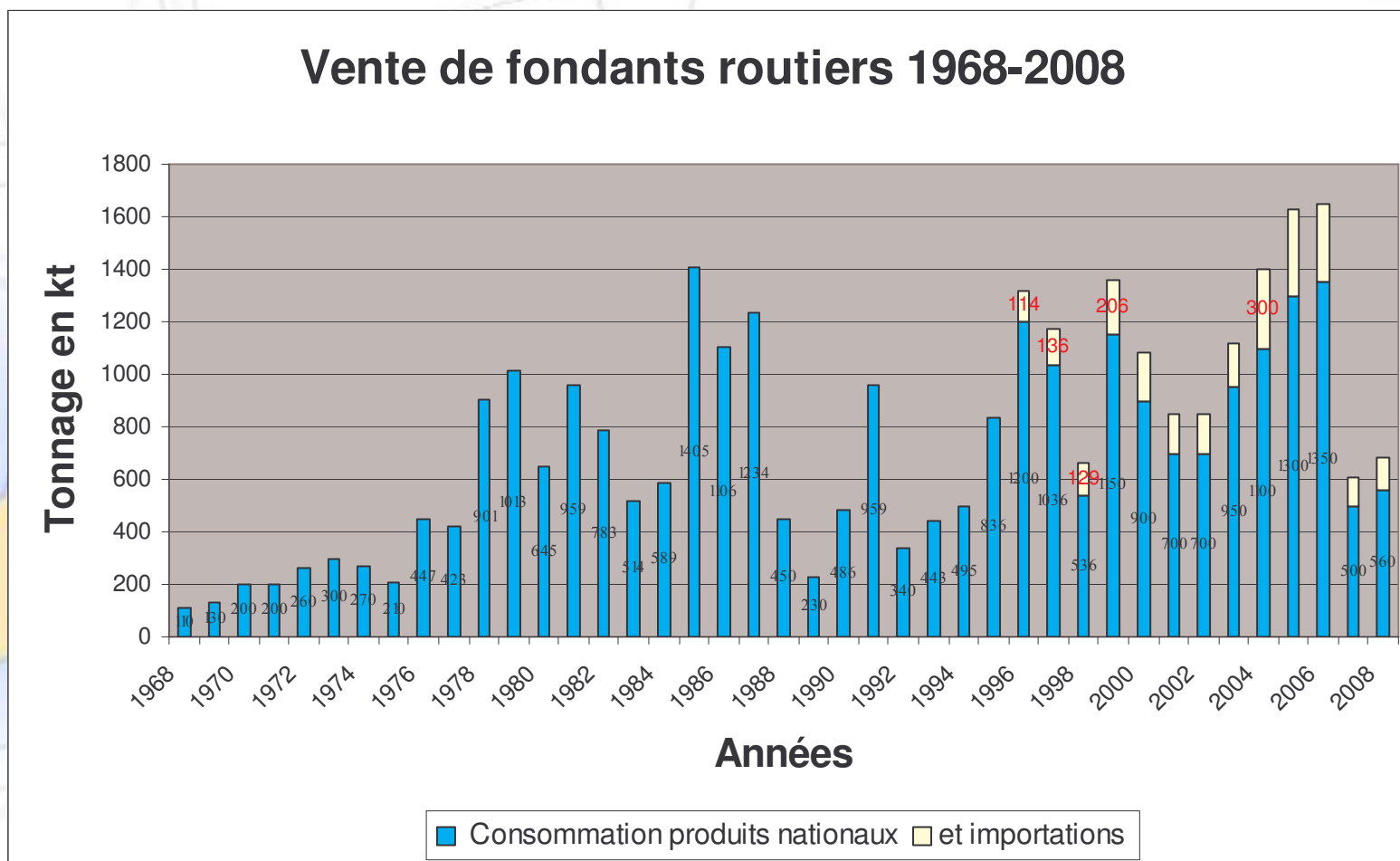
- ❑ Produit rejoignant immédiatement le fossé
- ❑ Produit répandu de manière inopportune ou en quantité trop importante
- ❑ Estimation entre 100000 et 200000 t/an



- ❑ Des impacts environnementaux complémentaires

- ❑ Consommation carburant - 240 à 350 g équivalent C/km suivant ESH

Du « sel » (NaCl) aux fondants routiers Les enjeux





1. Du sel (NaCl) aux fondants routiers

- Quelques dates et repères clefs
- Les enjeux

2. Les fondants routiers, éléments d'un système

- Pourquoi recourir aux fondants routiers ?
- Les divers sous-systèmes en présence

3. Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système

- Réglementaires
- Formation professionnelle
- Techniques, technologiques et normatives

4. Les incertitudes qui demeurent

- L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver
- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau

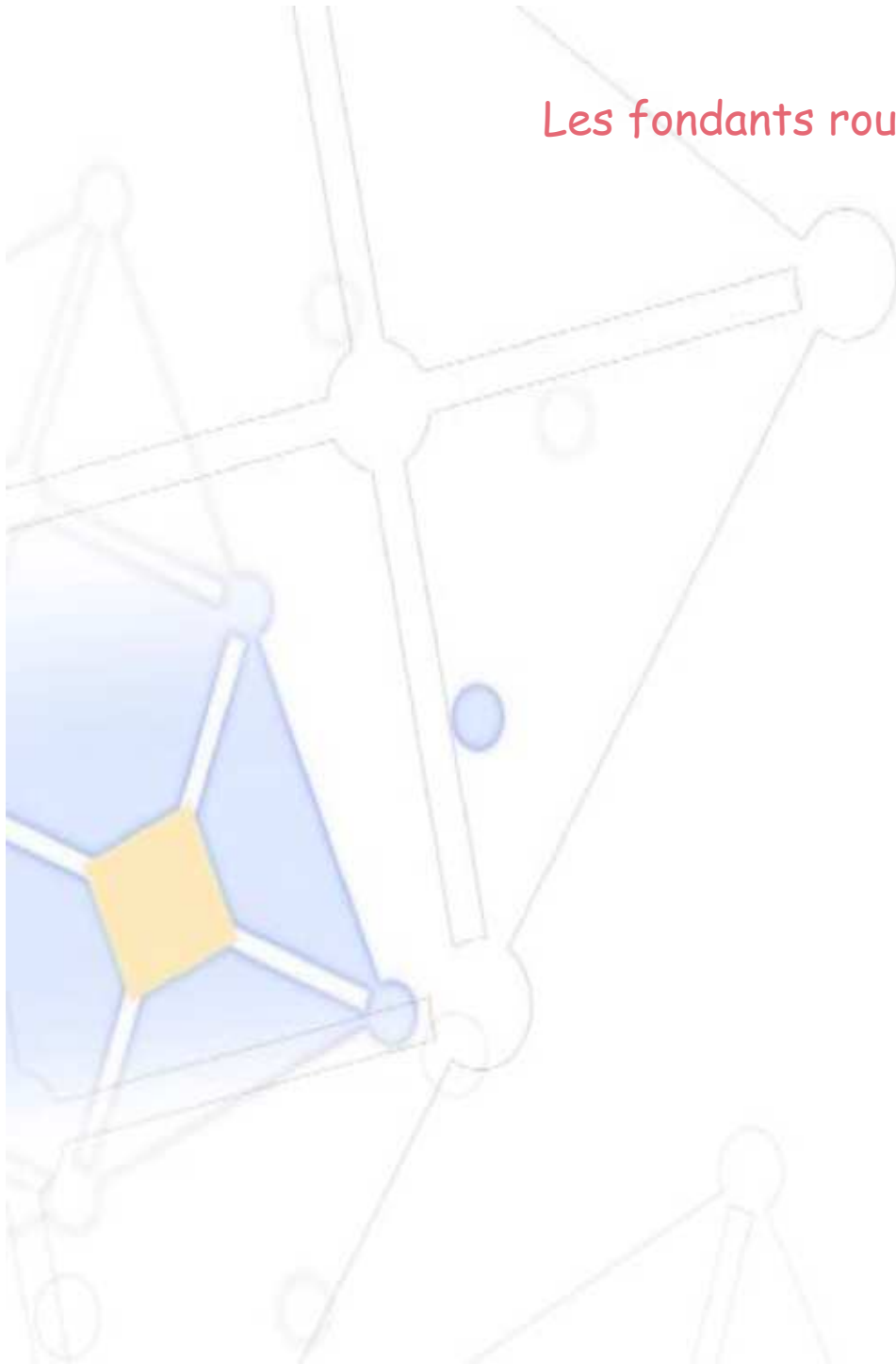
Les fondants routiers, élément d'un système

Les fondants routiers

- le système "sociétal"
- le système "cycle de vie"
- le système "règle d'usage"
- le système de "mise en oeuvre"
- le système "physique et principe actif"

Le système est un ensemble d'éléments en interaction. Il peut être décomposé en sous-systèmes. Il répond aux perturbations qu'il reçoit de son environnement actif en modifiant sa structure ou les interrelations entre les éléments.

Les fondants routiers, élément d'un système social

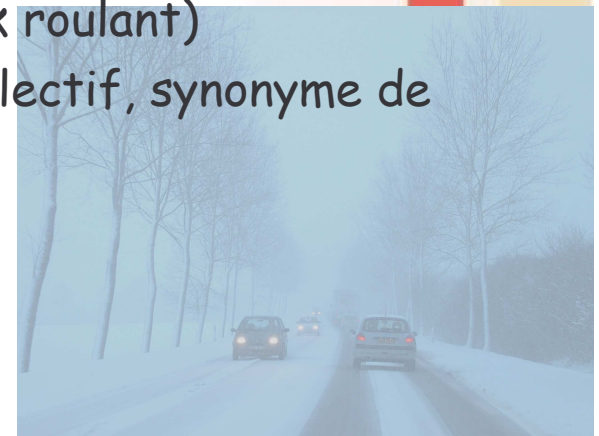


Les fondants routiers, élément d'un système social

- Le système de transport

- La route, le moteur du développement des sociétés
 - » Depuis des temps immémoriaux, la soie, route des épices
 - » Permet d'échanges, d'informations, d'innovations, d'expressions culturelles ...
- La route, le support de l'évolution de nos sociétés
 - » Développement qui s'accélère, des exigences de mobilité
 - » Elle devient un maillon de la production industrielle (stratégie du juste à temps / stock roulant)
 - » Elle devient, dans l'inconscient collectif, synonyme de liberté

La conséquence: la société et ses individus ne tolèrent plus qu'un événement météorologique puisse entraver la libre circulation des biens et des personnes.



L'**usager** exprime
ses attentes

Les **fondants routiers**, élément d'un système sociétal

Le **maître d'ouvrage**
(**politique**) définit la
politique qu'il souhaite
mener en matière de service



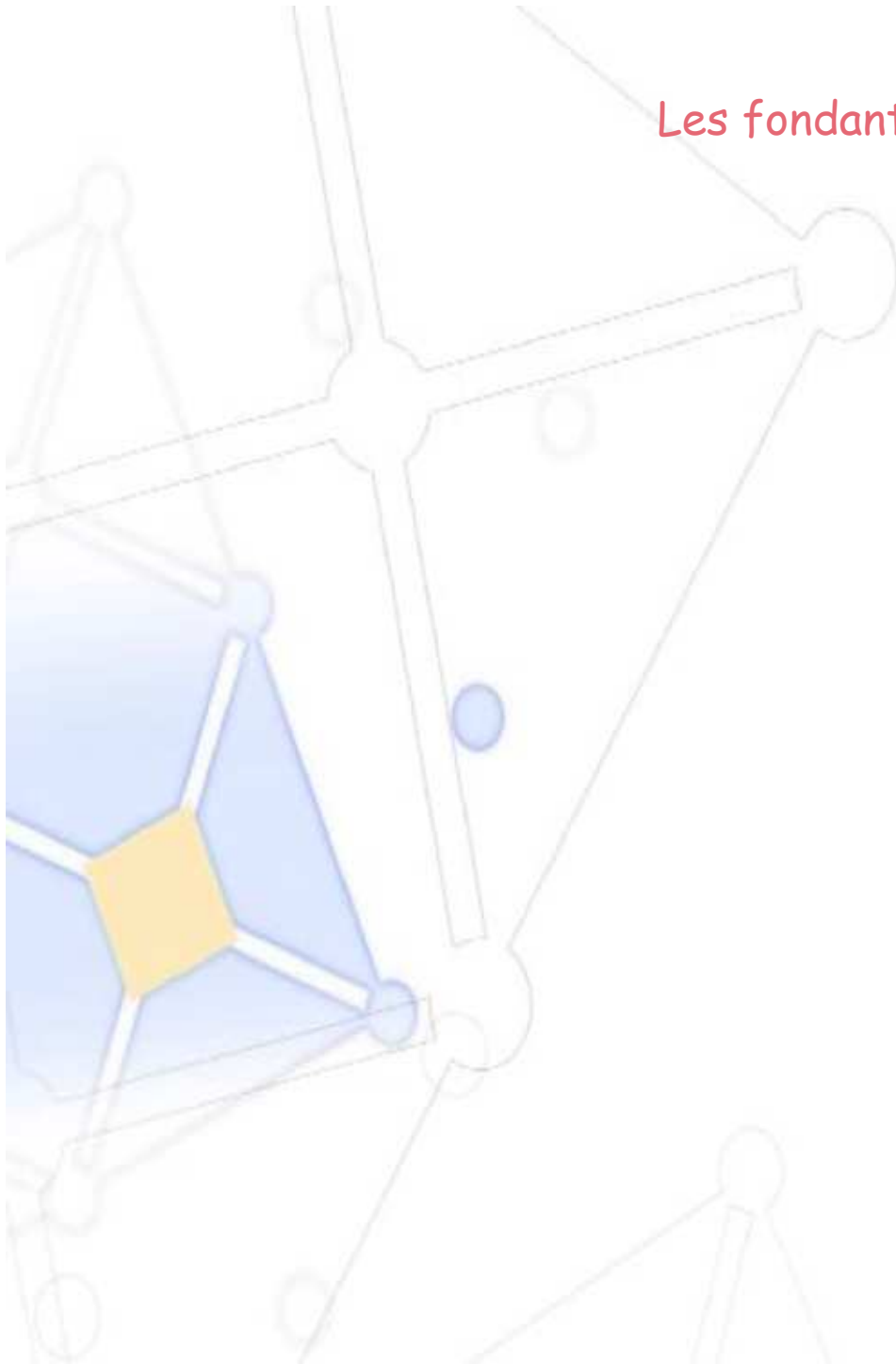
Le **maître d'œuvre** (**Service technique**) applique la
politique souhaitée par le
maître d'ouvrage et organise
l'activité opérationnelle



Les **intervenants** (**agents**)
mettent en œuvre les
moyens, et les **fondants**
routiers en particulier,
dans les règles de l'art



Les fondants routiers, le système "cycle de vie"



Les fondants routiers, le système "cycle de vie"

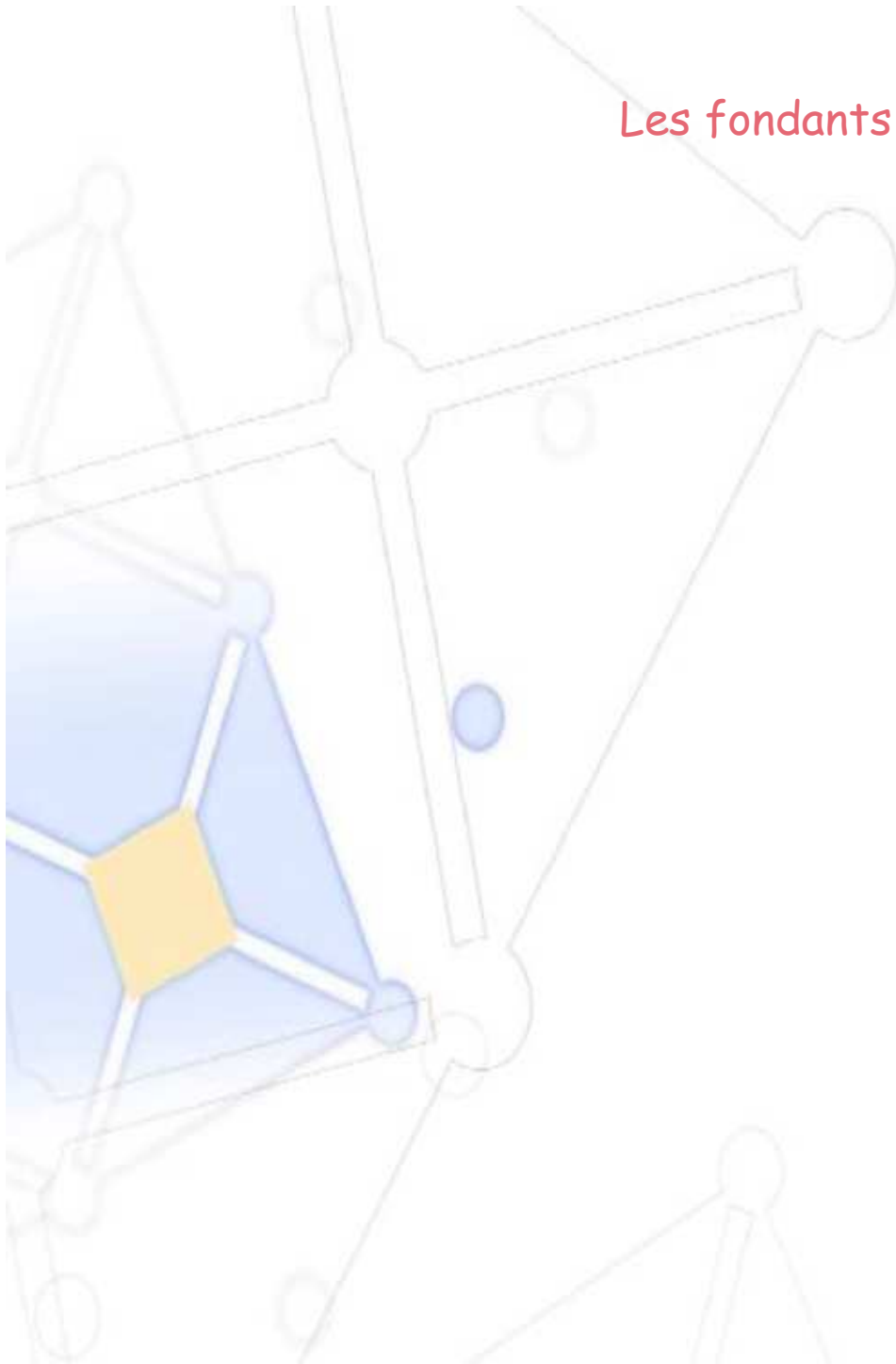
• Le cycle de vie des fondants routiers

- Élaboration du produit
 - » Extraction (mine ou mer)
 - » Élaboration chimique
 - » Valorisation sous-produits ou coproduits
- Stockage producteur
- Transport
 - » Route, fer, voie navigable
- Stockage utilisateur
- Reprise et transport par la route
- Épandage sur le chaussée



Agit et diffuse dans
l'environnement par
voie aqueuse

Les fondants routiers, le système "règle d'usage"



Les fondants routiers, le système "règle d'usage"

Le maître d'œuvre assure la veille météorologique et routière et évalue le risque d'une variation d'adhérence

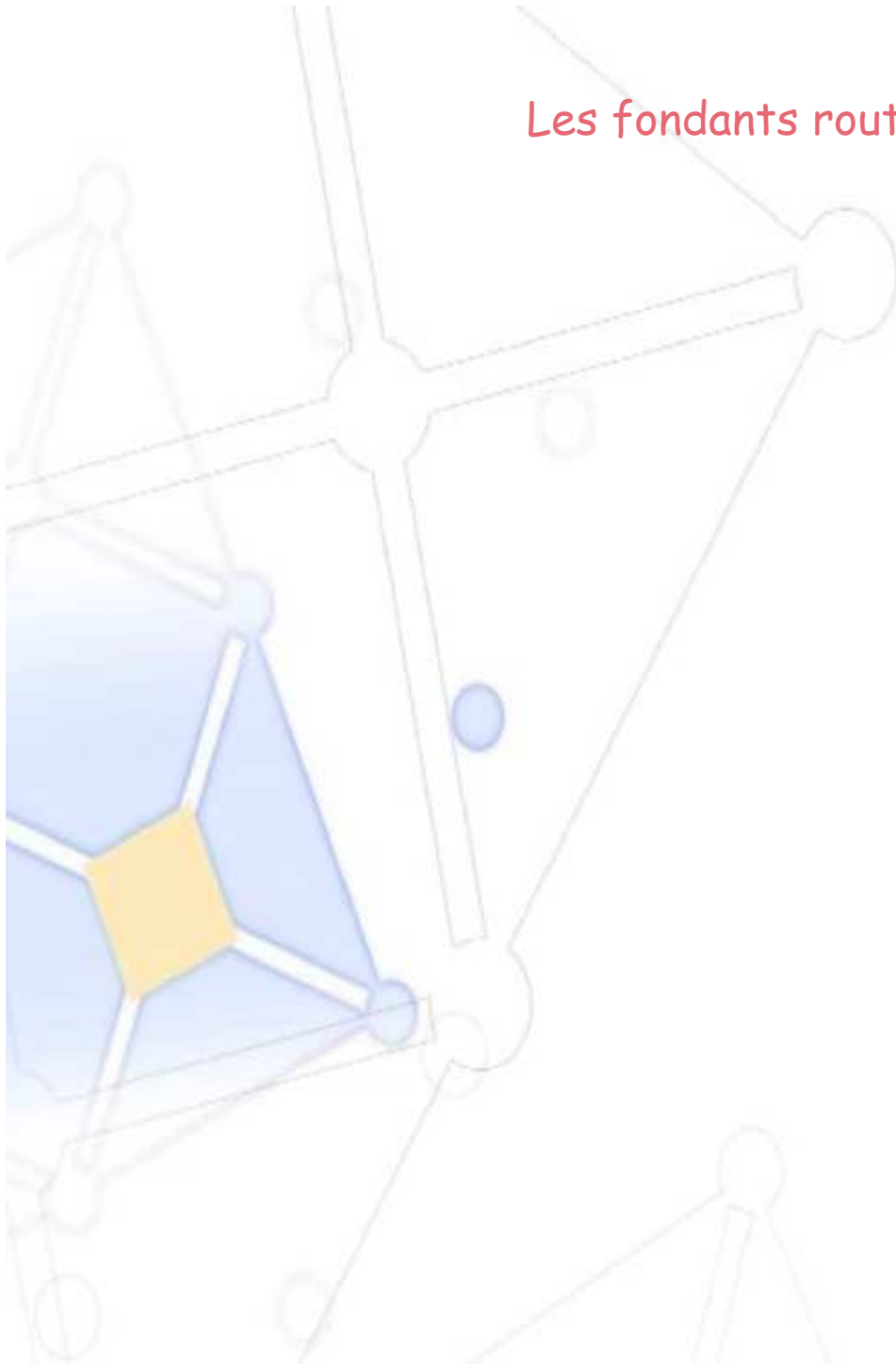
En fonction de la nature de l'événement météorologique et routier attendu ou observé, il décide des modalités d'intervention préventives ou curatives

Lorsqu'il décide d'un traitement à l'aide d'un **fondant routier**, il définit le dosage le plus adapté pour combattre le phénomène

Un objectif: mettre la juste quantité **de fondant routier** pour garantir la traficabilité et la sécurité routière



Les fondants routiers, le système de "mise en oeuvre"



Les fondants routiers, le système de "mise en oeuvre"

Le **fondant routier**
(type, granulométrie,
sec, humidifié, etc.)



L'épandeuse de **fondant routier** (dispositif
d'extraction)

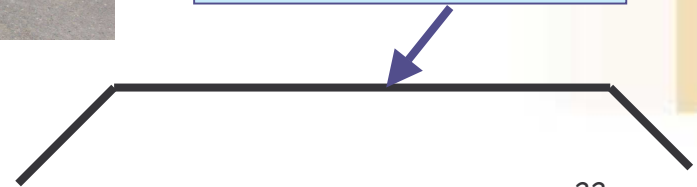


La commande de
l'épandeuse
(dosage,
répartition, etc.)

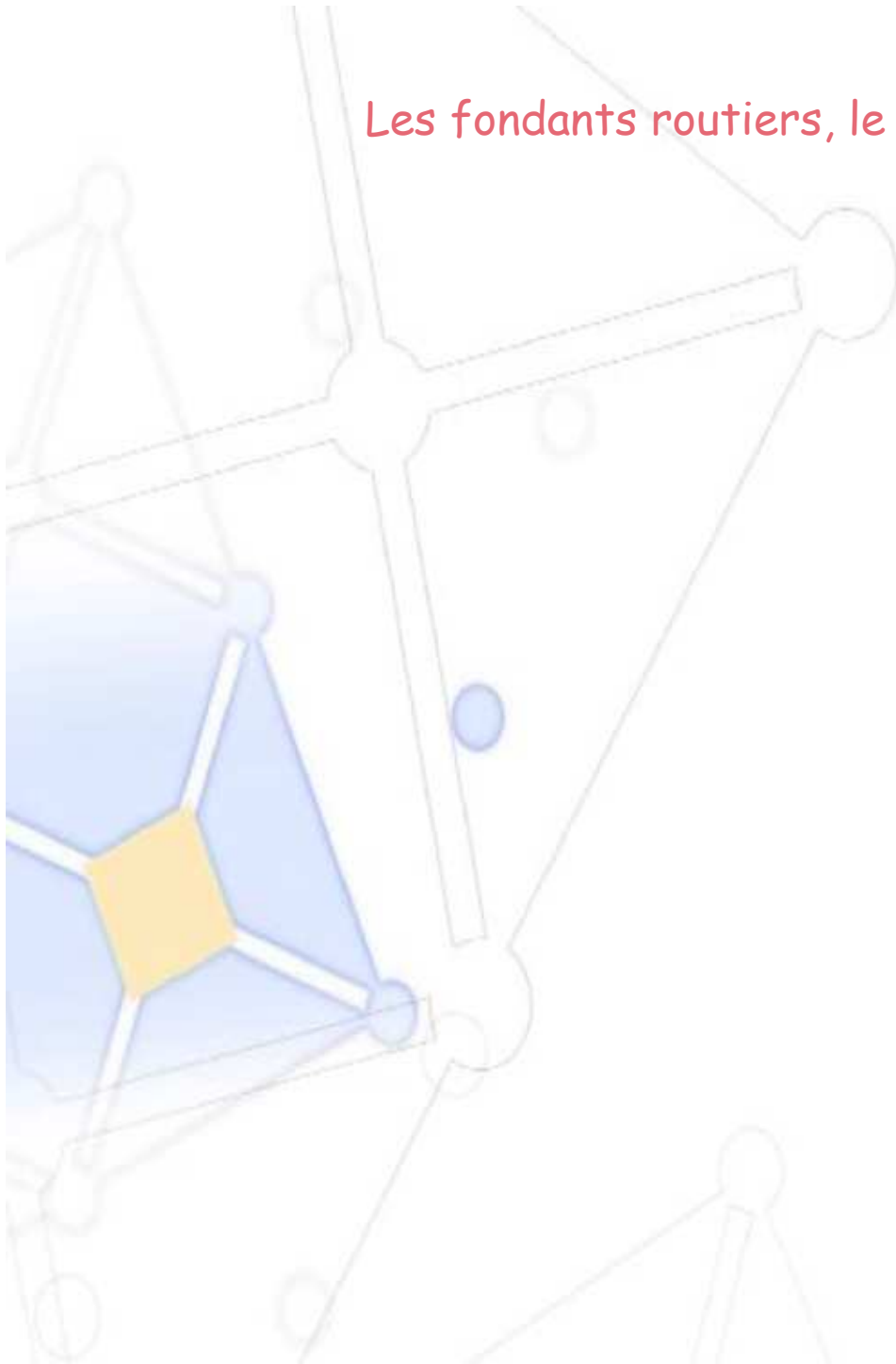
Le dispositif
d'épandage du
fondant routier



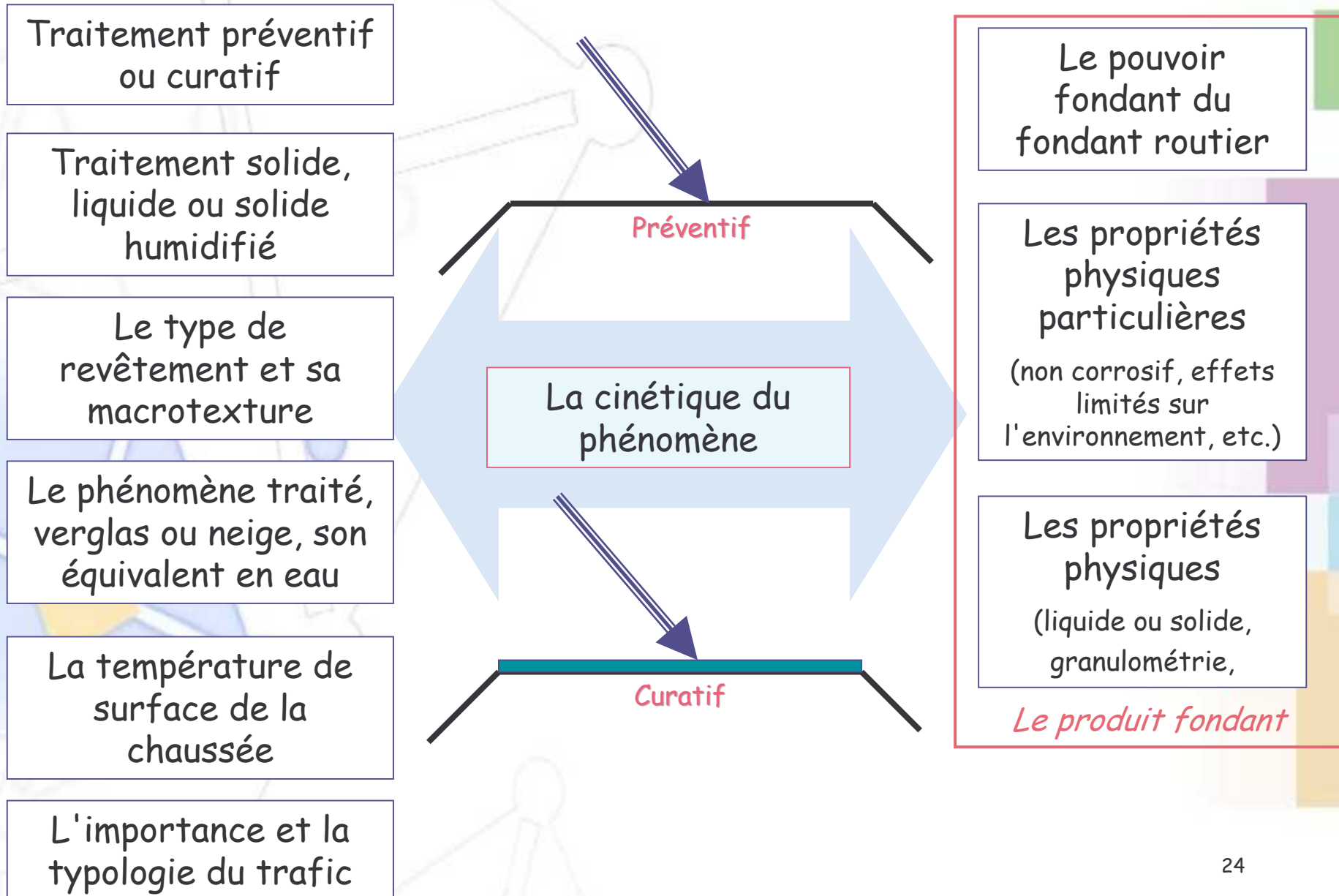
La qualité de
l'épandage du
fondant routier
attendue



Les fondants routiers, le système "physique et principe actif"



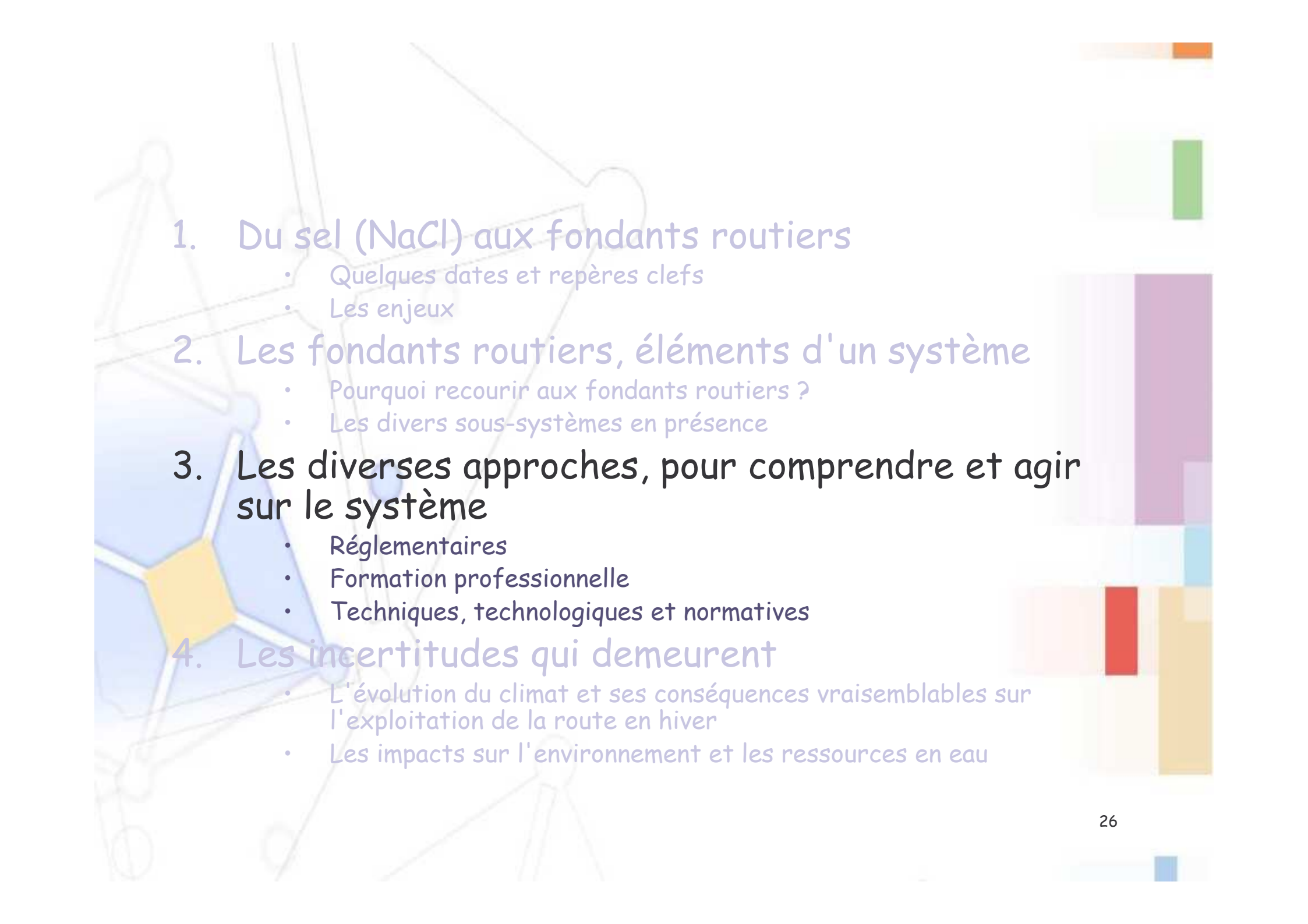
Les fondants routiers, le système "physique et principe actif"



Les fondants routiers, élément d'un système

- Les idées essentielles

- L'analyse systémique permet de bien identifier les variables sur lesquelles agir.
- La complexité du système "exploitation hivernale des chaussées" ne permet pas d'évaluer précisément les évolutions à plus forts "gains".
 - » Le processus de décision de salage
 - » La formation des personnels
 - » Les matériels d'épandage
 - » Les techniques d'épandage
 - » Les produits épandus
- Cela implique donc de faire évoluer simultanément toutes les variables du système en interrelation.
- Une tendance lourde pour des investissements "informatiques", négligeant parfois les recherches et développements sur les produits fondants, les épandeuses et les lames de déneigement.



1. Du sel (NaCl) aux fondants routiers

- Quelques dates et repères clefs
- Les enjeux

2. Les fondants routiers, éléments d'un système

- Pourquoi recourir aux fondants routiers ?
- Les divers sous-systèmes en présence

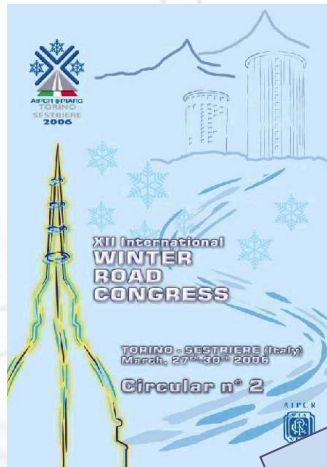
3. Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système

- Réglementaires
- Formation professionnelle
- Techniques, technologiques et normatives

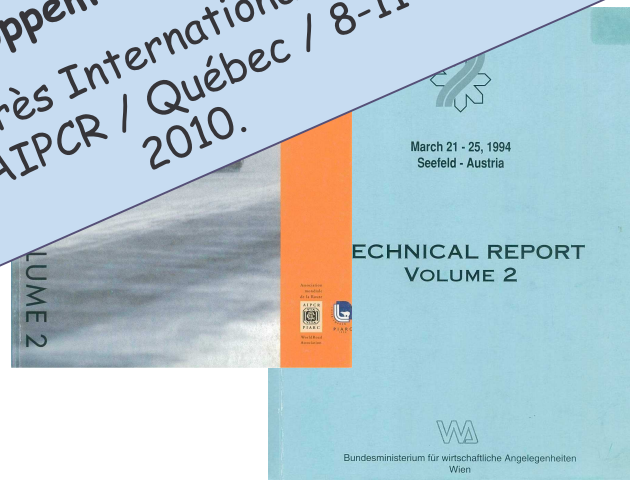
4. Les incertitudes qui demeurent

- L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver
- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau

Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système



La Viabilité Hivernale, un enjeu du développement durable.....
XIII^{ème} Congrès International de la Viabilité Hivernale AIPCR / Québec / 8-11 février 2010.



Un contexte international extrêmement favorable qui permet depuis plusieurs décennies une confrontation permanente des expériences nationales :

- Les congrès internationaux AIPCR de la viabilité hivernale
- Les groupes de travail européens COST 344 et 353
- Les congrès internationaux SIRWEC, etc.

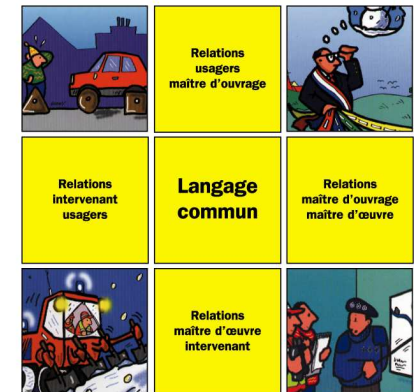
Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système Aspect réglementaire

☐ Mise en place des directives pour la VH 1969-1971-1978

- ☐ Niveaux de service / climatologie hivernale / les traitements préventif et curatif aux fondants

☐ Évolution de la directive VH 1984-1989-1992

- ☐ Thème d'inspection Belli-Riz
- ☐ Système sociétal
- ☐ Cohérence nationale

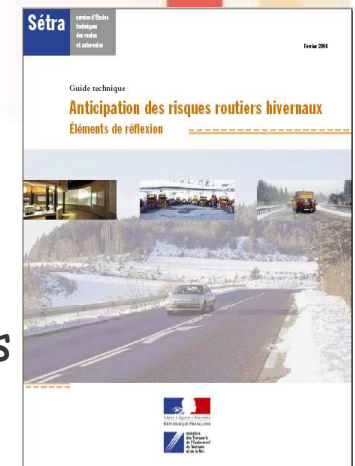


☐ Démarche d'organisation de la viabilité hivernale (DOVH) 1992-1996

- ☐ Objectifs de qualité



- ☐ Guide méthodologique pour l'anticipation des risques météorologique et routiers

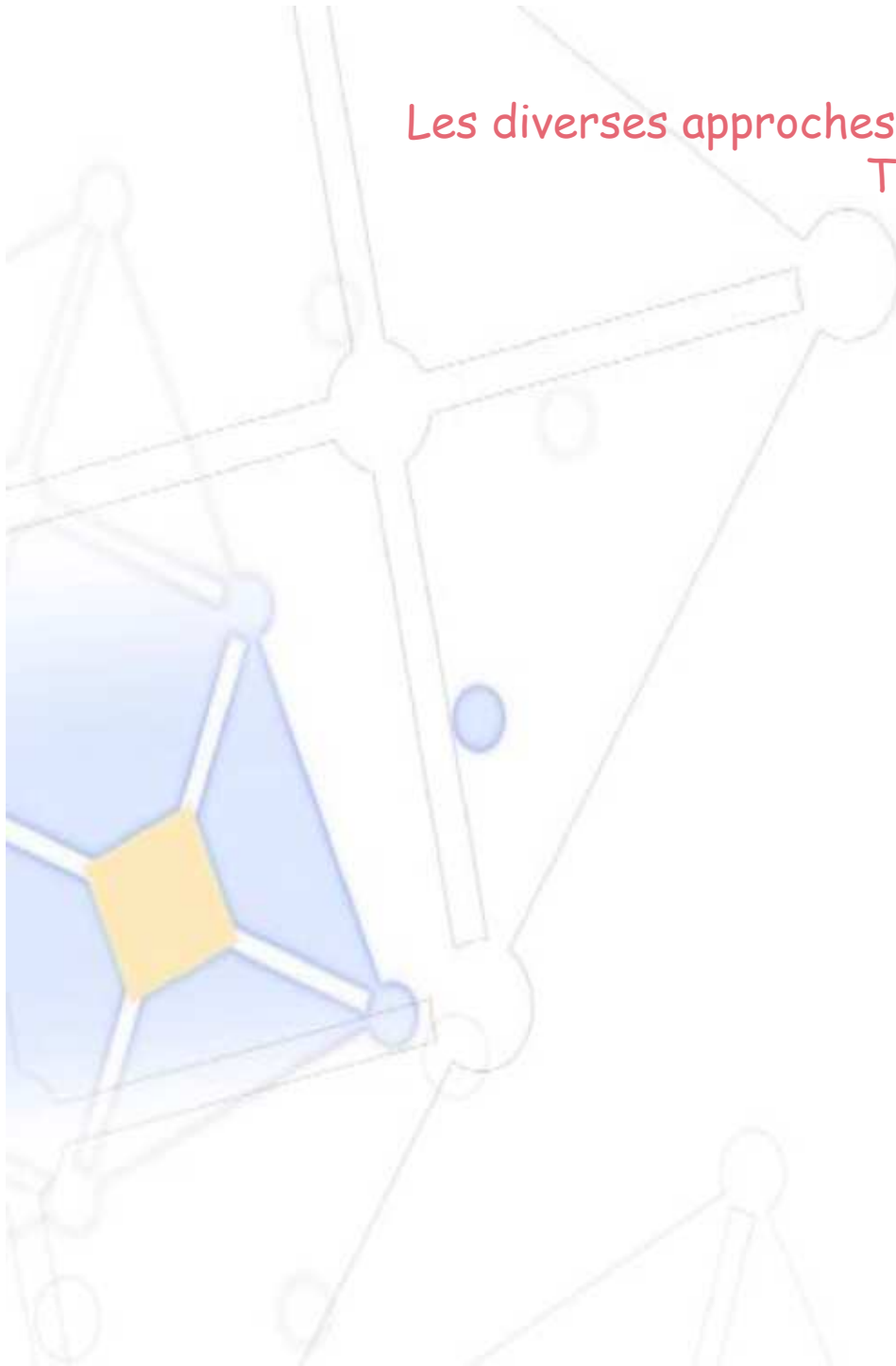


Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système Aspect réglementaire

- ❑ Statut des engins du service hivernal 1996
 - ❑ Code de la route
- ❑ Temps de travail, conduite, 35h, etc. 1997-2003
- ❑ Décentralisation acte 2. 2004-2006
 - ❑ transfert des réseaux routiers (SCA / DIR / RD)
 - ❑ «réorganisation» des services d'exploitation hivernale
- ❑ Refondation de la doctrine technique en Viabilité Hivernale 2006-2008



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système Techniques, technologiques et normatives



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système

La normalisation des fondants routiers

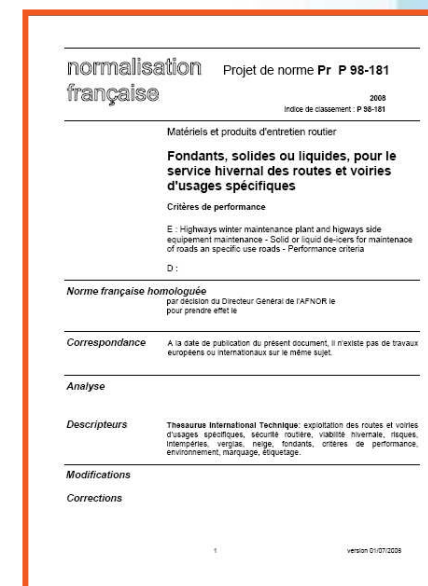
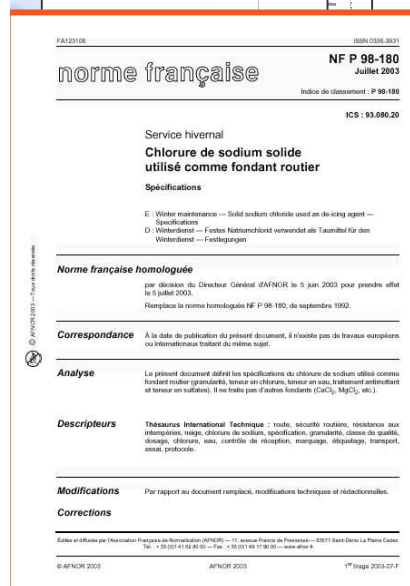
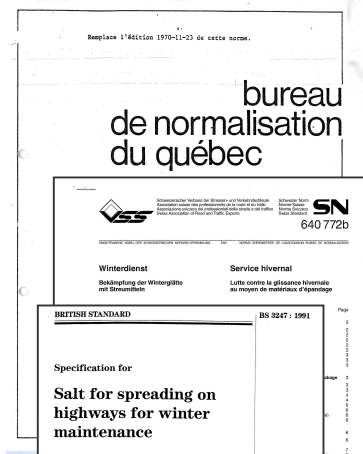
❑ La normalisation, pourquoi ?

❑ C'est un outil pour faciliter le dialogue

❑ Cela permet de mettre en présence: les utilisateurs, les prescripteurs et les fabricants de produits, ... et les pays

❑ Lorsque le produit entre dans un système, cela permet de réunir les divers acteurs du système afin qu'ils confrontent leurs points de vue

- » Opérateur - Commande de l'épandeuse
- » L'épandeuse - Le fondant routier
- » Le fondant routier - La route
- » Le gestionnaire de la voie - Le dispositif d'épandage



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système

La normalisation des fondants routiers

□ La normalisation des fondants routiers

□ Norme NF P 98-180 "Le chlorure de sodium utilisé comme fondant routier - Spécifications" 1992 / rév 2003

- » 2 origines (mer / gemme)
- » 3 classes granulaires
- » 2 classes de teneur en chlorure
- » 3 classes de pourcentage en eau
- » 2 classes d'antimottant



□ Norme PrNF P 98-181 "Produits, solides ou liquides, pour le service hivernal des routes et voiries d'usages spécifiques - Critères de performance" 2008

- » L'obligation de la production de la fiche de sécurité ISO
- » Seuils : biodégradabilité, métaux lourds, adhérence induite, pH, point d'éclair, etc.
- » Classes : pouvoir fondant, insolubles et sulfates solubles, corrosivité
- » Conditionnement et marquage

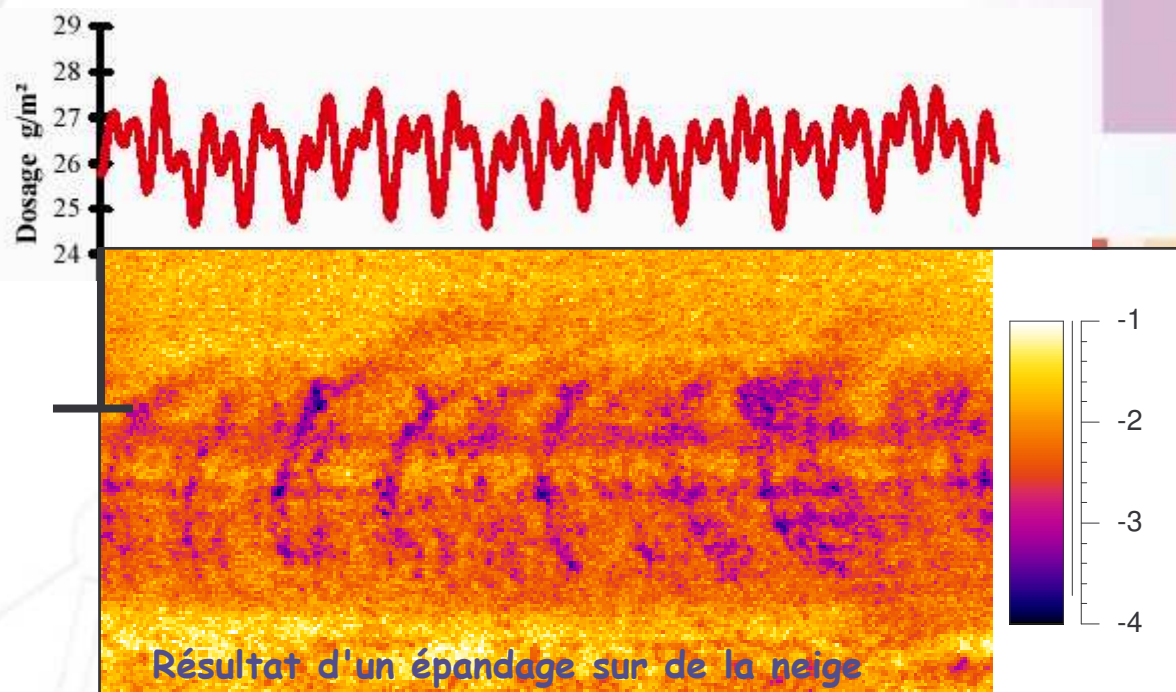


Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système L'évaluation des performances des matériels de raclage et d'épandage

□ La normalisation des matériels d'épandage

□ La mesure des performances de l'épandage

- » Dispositif d'étalonnage longitudinal et transversal
- » Norme d'essai pour évaluer la qualité de l'épandage



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système La généralisation de la technique d'épandage du sel humidifié

❑ La technique de la «bouillie»

- ❑ Amélioration de l'efficacité à basse température
- ❑ Gains: environs 30% de fondants routiers

20 % Saumure NaCl

+

Fondants en grains



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système L'amélioration du processus d'analyse météoroutier et de prise de décisions

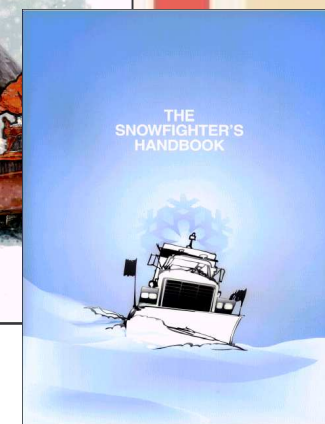
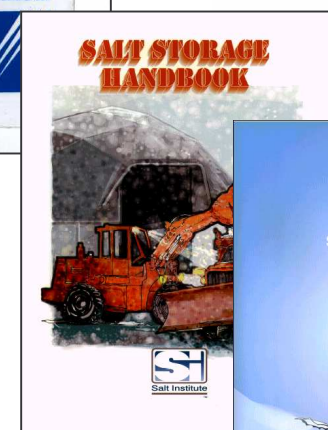
- ❑ L'élaboration et l'évaluation de stations météoroutières pour surveiller l'état du réseau
 - ❑ Homologation
 - ❑ Normalisation française et européenne
 - ❑ Environ 600 stations sur autoroutes
- ❑ L'amélioration des outils prévisionnels
 - ❑ Collaboration étroite avec Météo France (GELCRO / COGEL / PREVIROUTE/ SIR / Programme SEMER / etc.)
 - ❑ Internet prof. : Atmogramme, prévisions des températures de surface des chaussées, imageries radar et satellitaire, etc.
 - ❑ Élaboration de modèles de prévision de l'état des chaussées
 - ❑ Élaboration de technologies destinées à connaître sans contact la salinité des chaussées et créer les asservissement des ESH (ANR - Précod)
 - ❑ Élaboration de modèles de prévision du cycle de vie des fondants répandus sur la chaussée
 - ❑ *Quatre thèses et de nombreuses publications*



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système

La formation professionnelle

- ❑ La formation professionnelle des services d'exploitation
 - ❑ 1986 Opération nationale de formation «Saler moins - Saler mieux»
 - ❑ 1989 Opération nationale de formation «Verglas - mode d'emploi»
- ❑ Une analyse des métiers de la VH, savoirs et savoir-faire 1995
 - ❑ Le veilleur météoroutier
 - ❑ Le responsable d'intervention
 - ❑ Le patrouilleur
 - ❑ L'intervenant
- ❑ Des contenus de formation où l'usage des fondants routiers (stratégie de traitement et consignes de traitement) est au centre du dispositif



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système La formation professionnelle

- ❑ Un partenariat public-privé auquel le RST a largement contribué (Société d'autoroute privée ASF)
 - ❑ Un centre de formation, né de la ténacité de quelques hommes
 - » Parce que le service hivernal est avant tout **une affaire d'hommes compétents**
 - » Parce que les **savoir-faire** n'ont pas toujours été **capitalisés**
 - » Parce que la **qualité du service** dépend de l'amélioration des compétences
 - ❑ Un lieu d'échanges des compétences et de capitalisation des connaissances dans le domaine du service hivernal



Les diverses approches pour comprendre et agir sur le système La formation et l'information professionnelle

- ❑ La mise en place d'un site Internet dédié aux métiers de la viabilité hivernale

CETE de l'Est centre d'Études Techniques de l'Équipement

www.viabilite-hivernale.equipement.gouv.fr

Le CETE de l'Est appartient au Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement



Unité de lieu, partage d'expériences: le site métiers des professionnels de la

VIABILITÉ HIVERNALE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer

www.viabilite-hivernale.developpement-durable.gouv.fr

VIABILITÉ HIVERNALE

La "viabilité hivernale" est destinée aux femmes et aux hommes de métier et dans leurs diverses fonctions à exploiter la route en hiver pour faciliter la mobilité et la sécurité des usagers.

Le réseau scientifique et technique du Ministère des transports, de l'équipement, et soutenu par le réseau de viabilité hivernale il se veut un lieu de capitalisation des savoirs, d'entraide, et outil de partage des expériences de ces derniers.



- **Aménagement du territoire**
 - Domaine routier, revêtements,
 - Milieu urbain
 - Bases aériennes...
- **Organisation des services**
 - Technologies d'aide aux décisions
 - Organisation et informations internes,
 - Cadre réglementaire
- **Maîtrise des métiers**
 - Connaissances des phénomènes météorologiques et météorologiques,
 - Formation...
- **Recherche**
 - Base de données documentaires

■ Un réseau national de correspondants locaux

Des agents du Réseau Technique Viabilité Hivernale (RTVH) sont répartis sur l'ensemble du territoire. Ils œuvrent dans le domaine de la viabilité hivernale sous la tutelle du SETRA.





1. Du sel (NaCl) aux fondants routiers

- Quelques dates et repères clefs
- Les enjeux

2. Les fondants routiers, éléments d'un système

- Pourquoi recourir aux fondants routiers ?
- Les divers sous-systèmes en présence

3. Les diverses approches, pour comprendre et agir sur le système

- Réglementaires
- Formation professionnelle
- Techniques, technologiques et normatives

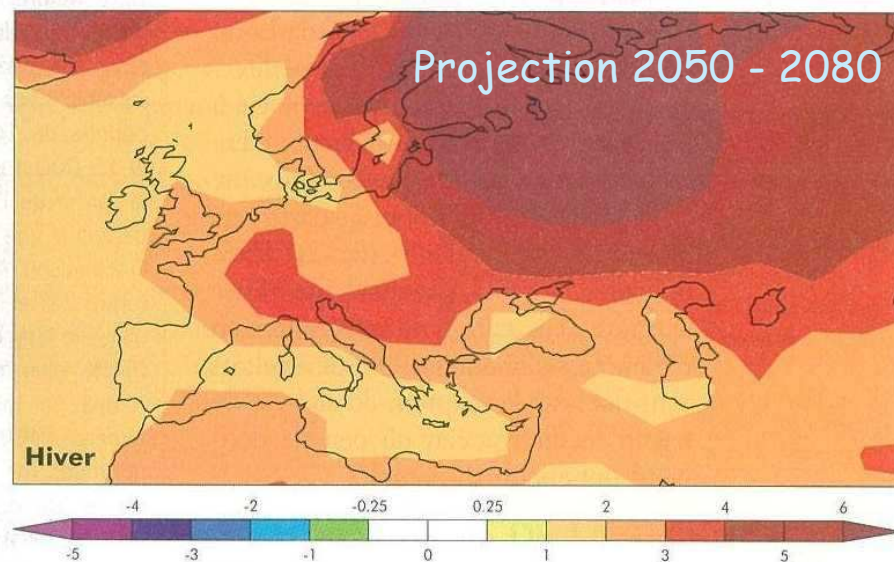
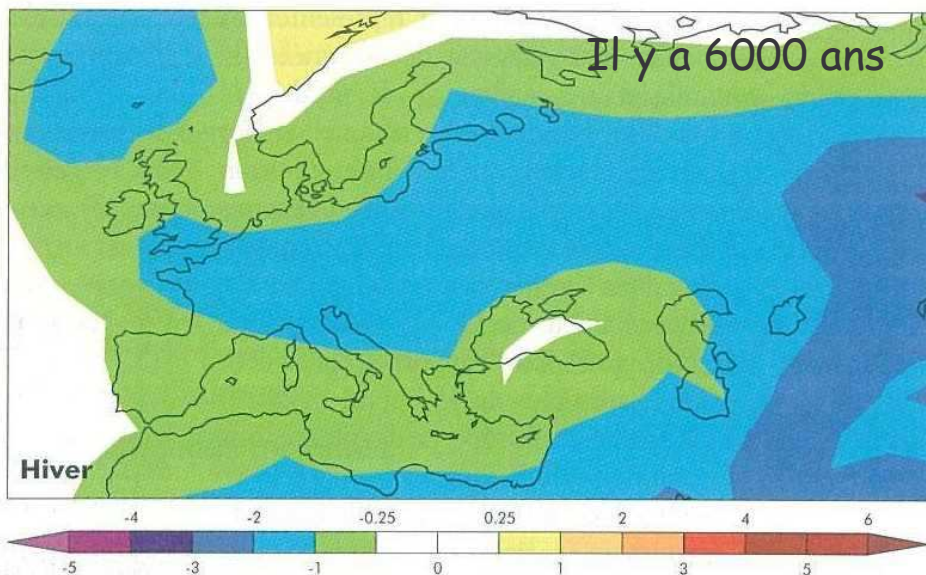
4. Les incertitudes qui demeurent

- L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver
- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau

Les incertitudes qui demeurent - L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver

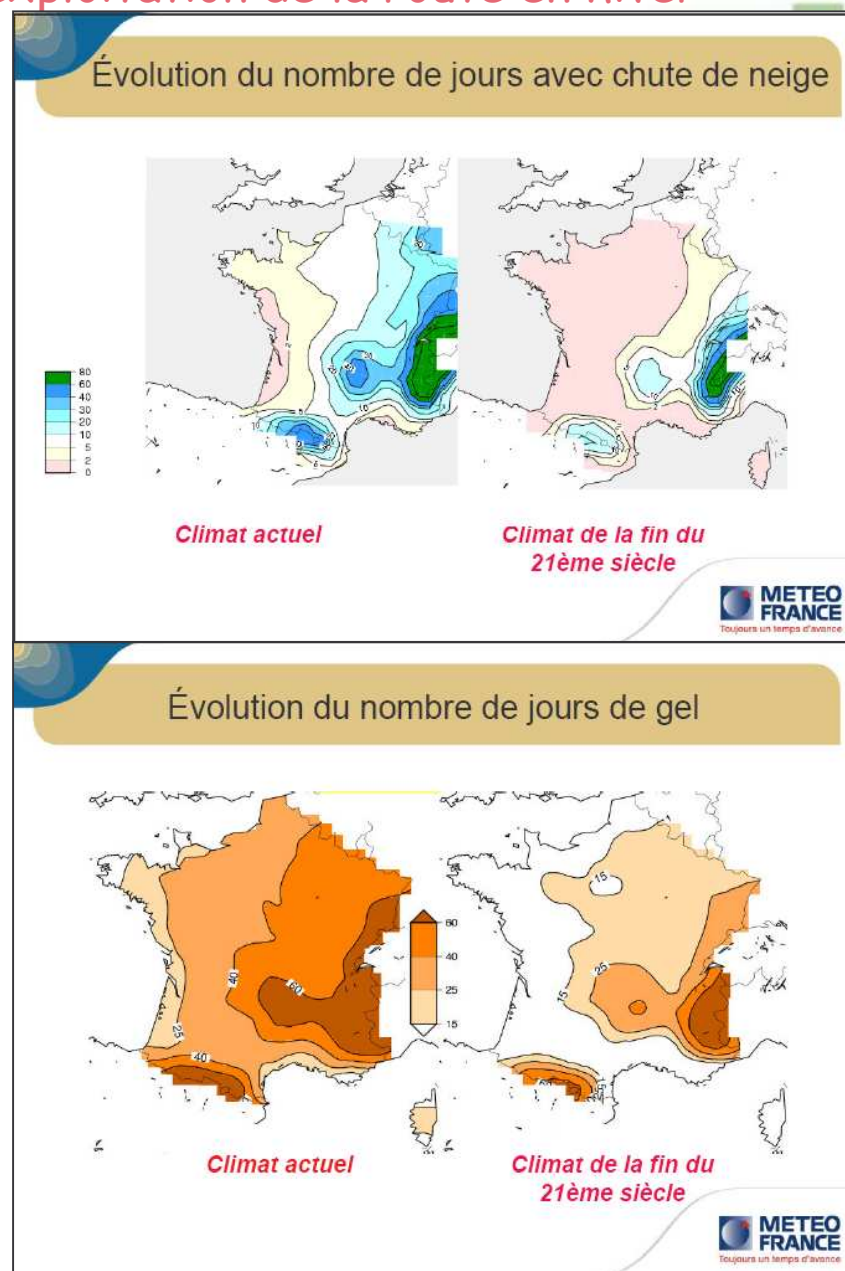
- L'évolution du climat
 - Le réchauffement planétaire et la modification du régime des précipitations
 - Nature, amplitude et occurrence des phénomènes hivernaux

Source IPCC (Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat)



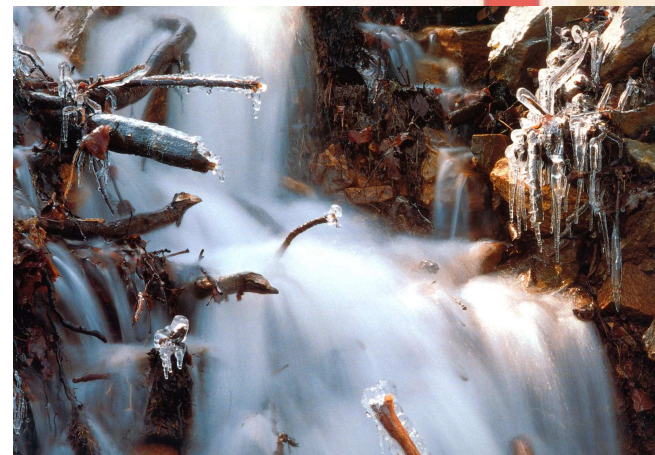
Les incertitudes qui demeurent - L'évolution du climat et ses conséquences vraisemblables sur l'exploitation de la route en hiver

- Conséquence sur l'exploitation de la route en hiver
 - Des occurrences et amplitudes différentes des précipitations neigeuses ou des pluies verglaçantes
 - Une distribution spatio temporelle différente des phénomènes neige et verglas
 - Une typologie des phénomènes à traiter nécessitant de faire évoluer les méthodes et les moyens de traitement



Les incertitudes qui demeurent

- Les impacts sur l'environnement et les ressources en eau
 - Est-il possible aujourd'hui de définir pour les fondants routiers des seuils d'acceptabilité du milieu naturel ?
 - Ne faudrait-il pas gérer/ maîtriser les eaux de ruissellement des plates-formes routières ?
 - Ne faudrait-il pas traiter certaines zones sensibles avec d'autres types de produits fondants, voire supprimer tout traitement ?
 - Faudra-t-il utiliser la loi pour conduire le changement ?
 - Etc.



Les incertitudes qui demeurent

- Les impacts sur l'environnement (faune et flore) et les ressources en eau - la position d'Environnement Canada

À la lumière des données disponibles, on conclut que les sels de voirie qui contiennent des sels inorganiques de chlorure avec ou sans sels de ferrocyanure pénètrent dans l'environnement en une quantité ou en une concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique, ou de nature à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie. En conséquence, on conclut que les sels de voirie qui contiennent des sels inorganiques de chlorure avec ou sans sels de ferrocyanure sont considérés comme « toxiques » au sens de l'article 64 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* (LCPE 1999).

- Trois chantiers à conduire pour réduire très fortement les quantités de fondants routiers répandus sur le réseau
 - Construire des actions traitant des fondants routiers à destination du grand public. *Comment faire évoluer l'image des fondants routiers (« sel de déneigement ») dans l'inconscient collectif des usagers ?*
 - Former plus efficacement la ligne hiérarchique en charge de l'exploitation de la route à l'usage des fondants routiers et la protection de l'environnement. *Comment sensibiliser, impliquer et motiver plus fortement l'encadrement en charge du domaine ?*
 - Investir plus largement dans les divers dispositifs de gestion et d'épandage des fondants routiers. *Comment convaincre et impliquer les divers maîtres d'ouvrages du bien fondé de la démarche ?*



* * * saler moins - saler mieux * * *

La devise des services français