

Présentation de la collection

Le corpus technique et méthodologique diffusé par le Sétra, en particulier dans le domaine de la viabilité hivernale, est transmis sous forme de guides et notes d'information à destination des gestionnaires de voirie.

La déclinaison opérationnelle de ces documents de référence est un besoin régulièrement exprimé par les gestionnaires, celle-ci facilitant l'appropriation et l'application des recommandations par les agents.

Le Sétra éditait voici quelques années des fiches "conducteurs" (contrôleurs) qui offraient une synthèse thématique et opérationnelle de la doctrine exposée par les différents guides techniques ; la collection des fiches pratiques viabilité hivernale s'inscrit dans la même logique.

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est donc de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes abordés dans la documentation technique relative à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et exploitable sur le terrain.

Fiches disponibles - série I

- 01 - *Typologie des phénomènes hivernaux : la neige*
- 02 - *Typologie des phénomènes hivernaux : le verglas*
- 03 - *Comportement des revêtements routiers par rapport aux phénomènes hivernaux*
- 04 - *Le chlorure de sodium utilisé comme fondant routier. Nature et fonctionnement*
- 05 - *La bouillie de sel*
- 06 - *Les matériels portables de relevés de mesures relatifs à la viabilité hivernale*
- 07 - *Les stations météorologiques routières*
- 08 - *La main courante en viabilité hivernale*

Comité de pilotage et rédaction

Collection proposée par un comité de pilotage composé de représentants de différents services du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) et constituée à la demande de la DIT (Direction des Infrastructures de Transport).

Le Réseau Technique Viabilité Hivernale (RTVH) a participé à la conception et à la rédaction de ces fiches sous le pilotage du Sétra.

Rédacteurs

- Alice Bazile (CETE Méditerranée)
- Christelle Burduche (CETE de l'Ouest)
- Luc Duriez (CETE Nord-Picardie)
- Aurélien Lagabarre (Ex CETE du Sud-Ouest)
- Charles-Henri Rochefeuille (Ex Sétra)

Renseignements techniques

- Olivier Richard (Sétra)

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris – 77171 Sourdun – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :
• <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Typologie des phénomènes hivernaux : la neige

Définition

La neige est une forme de précipitation, constituée d'un mélange de fins cristaux de glace auxquels se mêlent l'eau liquide et l'air.

Elle se forme généralement par la condensation de la vapeur d'eau dans les hautes couches de l'atmosphère et tombe plus ou moins vite à terre selon sa structure.

La forme initiale de ses cristaux est modifiée suivant la température et l'humidité rencontrées lors de leur chute.



Exemples de cristaux de neige



Les trois types de neige

On distingue trois types de neige en fonction de son comportement sur la chaussée et sous le trafic.

a) Neige sèche

- Contient environ 1% d'eau liquide
- Tombe en général en-dessous de -5°C
- N'adhère pas à la route
- Boule de neige difficile à réaliser



le trafic la souffle

b) Neige humide

- Contient de 1 à 10% d'eau liquide
- Tombe en général entre 0°C et -5°C
- Adhère à la chaussée et se compacte très vite sous l'effet du trafic
- Idéale pour faire une boule de neige



le trafic la compacte

c) Neige mouillée

- Contient plus de 10% d'eau liquide
- Tombe en général au-dessus de 0°C
- S'évacue sous la pression des pneumatiques
- Boule de neige libérant de l'eau et devenant très dure



le trafic l'évacue

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) :
<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>

Documents pédagogiques

"Je sale moins - je sale mieux" - Fiche et note d'information n°53. Sétra, CETE de l'Est, CETE de Lyon. Décembre 1989. [Télécharger](#)

Documents pédagogiques Dictionnaire

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route - Sétra, 1998, 225 p. (référence : D9806). [Consulter la notice DTRF](#)

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

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

110, rue de Paris – 77171 Sourdon – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :

- <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Typologie des phénomènes hivernaux : le verglas

Définition

$$\begin{array}{c} \text{Eau sur la chaussée} \\ + \\ \text{Température négative de l'air ou de surface de la chaussée} \\ = \\ \text{Verglas routier} \end{array}$$

Les différents types de verglas

On distingue 2 types de verglas routiers : les verglas précipitants et non précipitants.

a) Verglas sans précipitation

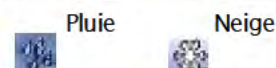
La congélation d'humidité préexistante

L'eau résiduelle sur la chaussée (précipitation antérieure, reliquat de fonte de la neige, ...) gèle suite à un abaissement de la température de l'air ou de la chaussée.

Situation météorologique type : éclaircie nocturne et vent.

Épaisseur : inférieur à 1/20 mm sur la chaussée.

Sites propices de formation : traversées de forêts, arbres en rives, zones d'ombre, chaussée déformée, trafic faible, ...



La gelée blanche

Transformation directe de la vapeur d'eau contenue dans l'air en glace, d'aspect cristallin affectant le plus souvent la forme d'aiguilles, de plumes, ou d'éventails.

Le phénomène est analogue à la rosée mais se manifeste à température négative.

Situation météorologique type : ciel clair, vent nul, situation anticyclonique d'hiver.

Épaisseur : jusqu'à 1 mm sur la chaussée.

Sites propices de formation : zones humides (forêts, berges, ponts ...), endroits exposés au nord ou en altitude, sol froid et humide, vent nul, ...



Le verglas de congélation de vapeur d'eau condensée à la surface routière froide

Film de glace transparent et brillant sur le sommet des granulats.

Situation météorologique type : phénomène qui arrive le plus souvent en début de matinée suite à une condensation sur la chaussée à température négative.

Épaisseur : jusqu'à 1 mm sur la chaussée.

Facteurs aggravants : zones ventées et froides, revêtements très rugueux.

b) Verglas avec précipitation

Le brouillard givrant

Dépôt de glace opaque ou transparent provenant de la congélation de gouttelettes de brouillard ou de nuages au sol sur des objets dont la surface est à une température inférieure ou légèrement supérieure à 0°C.

Situation météorologique type : présence d'un brouillard ou d'un nuage bas. Généralement en l'absence de vent.

Épaisseur : inférieure à 1 mm.

Facteurs aggravants : sites humides, trafic routier faible.



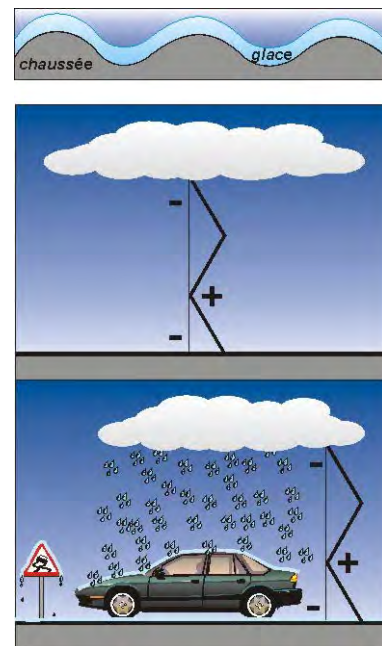
Verglas météorologique (pluie en surfusion)

Précipitation de gouttelettes d'eau à l'état de surfusion¹ dont le contact de la chaussée provoque une congélation instantanée.

Ce type de verglas diffère de la pluie sur sol gelé par un dépôt sur les surfaces verticales de glace compacte, lisse et quasi translucide.

Épaisseur : jusqu'à plusieurs centimètres sur la chaussée.

Facteurs aggravants : chaussée froide, type de revêtement routier, ...



¹ État liquide alors que la température est inférieure au point de solidification. Dans cet état, la moindre perturbation entraîne une solidification instantanée.

Pluie froide sur sol gelé

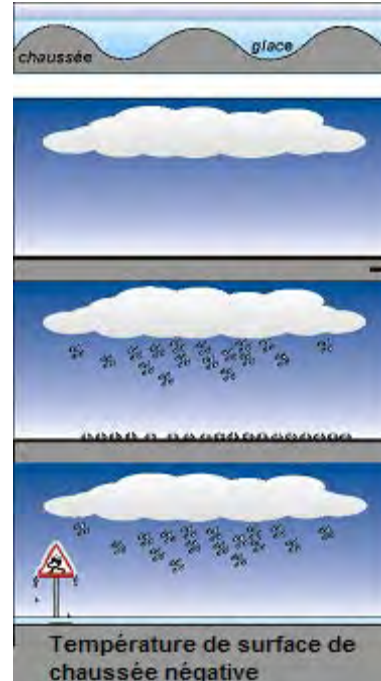
La pluie à température faiblement positive tombe sur une chaussée froide (température inférieure à -4°C) et se refroidit très rapidement jusqu'à congélation.

Ce phénomène est souvent confondu, à tort, avec la pluie en surfusion ci-après décrite.

Situation météorologique type : arrivée d'une perturbation pluvieuse balayant une masse d'air continentale installée depuis plusieurs jours.

Epaisseur : jusqu'à 1 cm sur la chaussée.

Facteurs aggravants : pluie nocturne, zone froide, précipitation faible et peu intense, ...



Bibliographie

Verglas... mode d'emploi. *Guide pédagogique*. SETRA, 1989, 292 p. (référence : E8945).

"Je sale moins - je sale mieux" - Fiche et note d'information n°53. SETRA, CETE de l'Est, CETE de Lyon. Décembre 1989 (épuisé, consultable sur la Documentation des Techniques Routières Françaises – DTRF).

<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route – SETRA, 1998, 225 p. (référence : D9806).

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

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

110, rue de Paris – 77171 Sourdon – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :

- <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 1235w - ISRN : EQ-SETRA--12-ED24-FR

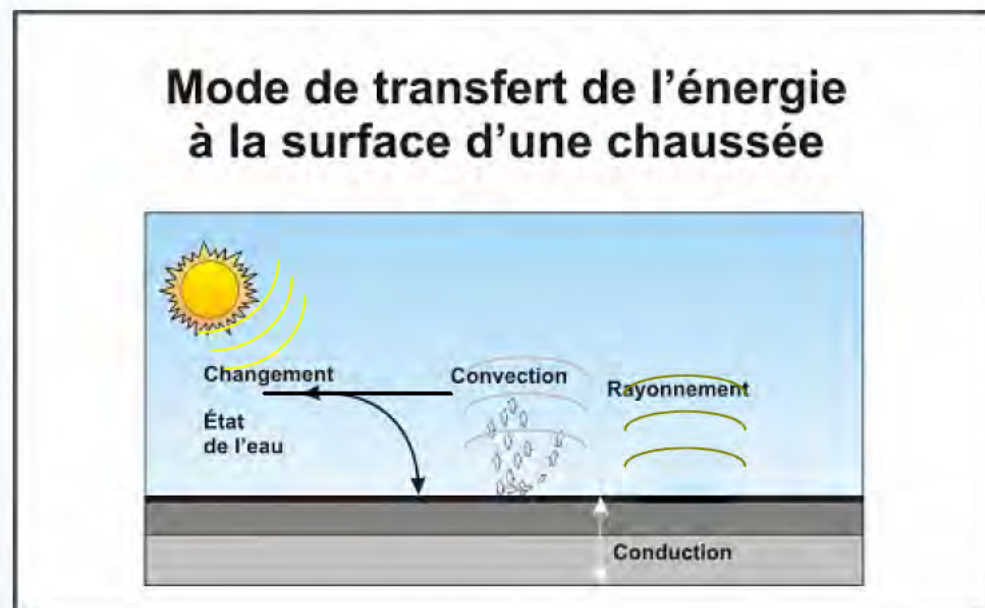
Comportement des revêtements par rapport aux phénomènes hivernaux

Préambule

Des processus thermiques d'échanges d'énergie interviennent en fonction des écarts de température pouvant être issus d'autres phénomènes physiques (évaporation, congélation, ...). Le transfert de l'énergie s'opère toujours du plus chaud vers le plus froid.

L'atmosphère et la structure de chaussée échangent en permanence de l'énergie selon trois phénomènes :

- **conduction** dans la structure,
- **convection** entre l'air ambiant et la surface,
- **rayonnement** de la surface.



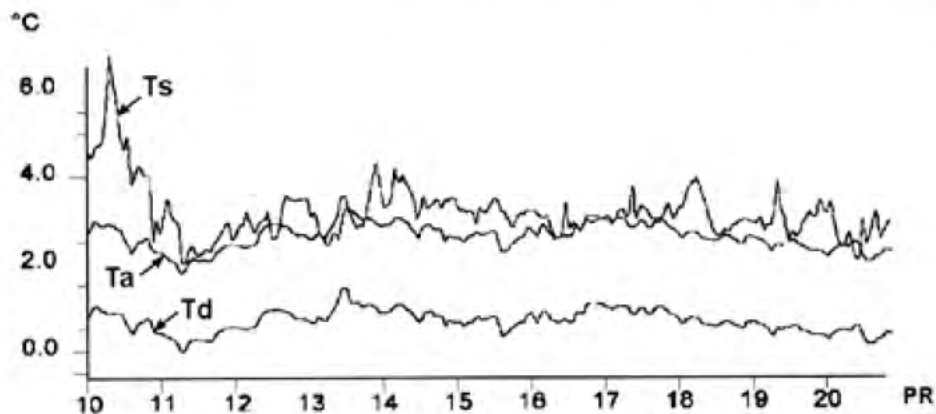
De plus, le milieu atmosphérique introduit un "mode de transfert" supplémentaire lié aux changements d'état de l'eau : évaporation ou condensation, fusion ou solidification, condensation solide ou sublimation.



Le profil thermique le long d'un itinéraire

La position de T_s (température de surface de la chaussée) par rapport à T_d (température du point de rosée) permet de déterminer les zones propices à la condensation de surface (humidification précoce, séchage tardif), et donc à l'apparition possible de verglas non précipitant.

Le véhicule "Thermoroute" permet d'enregistrer en continu T_a (température de l'air), T_s et T_d d'un itinéraire et peut mettre en évidence des écarts importants de T_s par rapport à T_a .

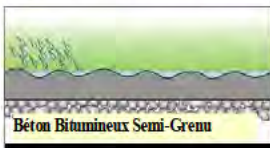
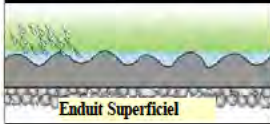




Exemple d'un relevé Thermoroute

Une couche de roulement sera plus ou moins favorable à l'apparition du verglas non précipitant suivant ses caractéristiques (variant avec l'âge et le trafic) :

- la nature des granulats,
- sa densité (compacité),
- sa couleur,
- sa formulation : macrorugosité, microrugosité.

Quantité moyenne d'eau retenue par les revêtements courants après une averse

Types de revêtement	Quantités d'eau / m ²
 Béton Bitumineux Semi-Grenu	100 à 300 g/m ²
 Enduit Superficiel	300 à 400 g/m ²
 Béton Bitumineux Très Mince	500 à 800 g/m ²
 Béton Bitumineux Drainant	> 800 g/m ²



Sensibilité des revêtements aux phénomènes hivernaux

D'une manière générale, les verglas sont les phénomènes les plus redoutés des automobilistes.

Leurs conditions d'apparition sont variées (voir fiches "Typologie des phénomènes hivernaux : la neige" et "Typologie des phénomènes hivernaux : le verglas" de la présente série).

Le tableau ci-après résume la sensibilité des revêtements courants aux phénomènes hivernaux jugée suivants les critères principaux retenus de la température de surface, de la rétention d'eau, du raclage, ...

Sensibilités des revêtements courants aux phénomènes hivernaux

		Phénomènes					
		Verglas sans précipitation		Verglas avec précipitation			Neige
		Gelée Blanche	Congélation d'humidité préexistante	Brouillard givrant (précipitant)	Pluie sur sol gelé	Pluie en surfusion	
Critères principaux retenus		Température de surface	Eau +Ts	Rétention d'eau	Eau + Ts		raclage
Types de revêtements courants	Béton Bitumineux Semi Grenu	Faible	Faible	Faible	Moyenne	Forte	Faible
	Enduits Superficiels	Moyenne	Moyenne	Moyenne		Forte	Moyenne
	Béton Bitumineux Drainant	Forte	Faible	Forte	Moyenne	Forte	Forte
	Béton Bitumineux Très Mince	Forte	Moyenne	Forte		Forte	Forte

Les revêtements routiers réagissent différemment aux différents phénomènes hivernaux sauf dans le cas de la pluie en surfusion pour laquelle leur sensibilité reste forte.

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) :
<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Documents pédagogiques

Verglas... mode d'emploi. *Guide pédagogique*. Sétra, 1989, 292 p. (référence : E8945).
[Consulter la notice DTRF](#)

Normes

Météorologie routière. Recueil des données météorologiques et routiers. Terminologie. Norme NF P 99 320 - AFNOR - avril 1998.

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

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

110, rue de Paris – 77171 Sourdun – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :

- <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 1235w - ISRN : EQ-SETRA--12-ED24-FR

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Le chlorure de sodium utilisé comme fondant routier

Nature et fonctionnement

Le chlorure de sodium (NaCl), communément nommé "sel", constitue l'essentiel des fondants utilisés en France dans le traitement du verglas (plus de 99 %). Ceci s'explique par son prix, sa disponibilité en grande quantité et son efficacité. Il peut être obtenu par extraction de sel gemme (mine) ou concentration d'eau de mer (marais salants).

Caractéristiques

La norme NF P 98-180 de juillet 2003 définit les spécifications auxquelles doit répondre le chlorure de sodium solide utilisé comme fondant routier. Ces spécifications sont les suivantes :

- la granularité,
- la teneur en chlorure de sodium (NaCl),
- la teneur en eau,
- la teneur en anti-mottant ¹,
- la teneur en sulfates solubles,
- la masse volumique.

Granularité

La granularité joue un rôle fondamental sur l'efficacité. Le sel doit appartenir à l'une des 3 classes granulaires (fin, moyen ou gros) définies par leurs fuseaux granulométriques.

<i>Classe granulaire</i>	<i>Dimension minimale du grain</i>	<i>Dimension maximale du grain</i>
Sel fin	0.2 mm	1.5 mm
Sel moyen	0.2 mm	5 mm
Sel gros	0.8 mm	8 mm

En France, on utilise principalement une granularité moyenne car elle constitue un bon compromis en terme de propriétés et de coût.

¹ Un anti-mottant est un produit permettant d'éviter la reprise en masse des fondants routiers

Teneur en chlorure de sodium

La teneur en NaCl qualifie la pureté du sel. Plus la teneur en NaCl est élevée, plus il y aura de substance active pour une même quantité de fondant épandue, permettant ainsi de réduire les dosages.

Deux classes sont définies :

- classe A : teneur en NaCl > 98 %,
- classe B : teneur en NaCl > 91 %.

Le choix de la classe du sel prend en compte plusieurs paramètres :

- le coût,
- son utilisation (Ex : le sel de classe A est recommandé pour la fabrication de la saumure afin de limiter le dépôt d'impuretés dans l'unité de stockage et de fabrication),
- la nature du revêtement.

Teneur en eau

La teneur en eau d'un sel représente la quantité d'eau (en % massique) contenue dans une masse donnée de sel.

Le stockage du sel doit être adapté à sa teneur en eau car celle-ci affecte son écoulement (plus la teneur en eau est faible, plus l'écoulement est fluide).

3 classes sont définies en fonction de la teneur en eau du sel :

- classe 1 : teneur en eau < 0,5 %,
- classe 2 : teneur en eau < 1,5 %,
- classe 3 : teneur en eau < 6 %.

Teneur en anti-mottant

Le sel est traité avec un anti-mottant pour éviter qu'il ne s'agglomère. Les anti-mottants (ou anti-agglomérants) utilisables sont les hexacyanoferrates de sodium, de potassium ou de calcium. La teneur en anti-mottant ne peut excéder 200 mg/kg.

Les quantités incorporées au sel sont caractérisées par la teneur en ion hexacyanoferrates en fonction de la classe de teneur en eau :

- classes 1 et 2 : teneur en anti-mottant > 3mg/kg (par rapport à la masse sèche),
- classe 3 : teneur en anti-mottant > 10 mg/kg.

Pour un stock à l'air libre, les anti-mottants sont d'une efficacité limitée car une grande partie est lessivée par les eaux de pluies.

Teneur en sulfates solubles

Les sulfates solubles sont des composés chimiques dont la teneur doit être inférieure à 3 %, car ils ont un impact sur l'environnement (Faune et Flore).



Masse volumique

La masse volumique réelle d'un matériau est la masse d'un mètre cube de ce matériau, déduction faite des vides entre les particules. Si l'on déduit également les vides compris dans les particules, on parle de masse volumique absolue.

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois les vides entre les particules et ceux dans les particules.

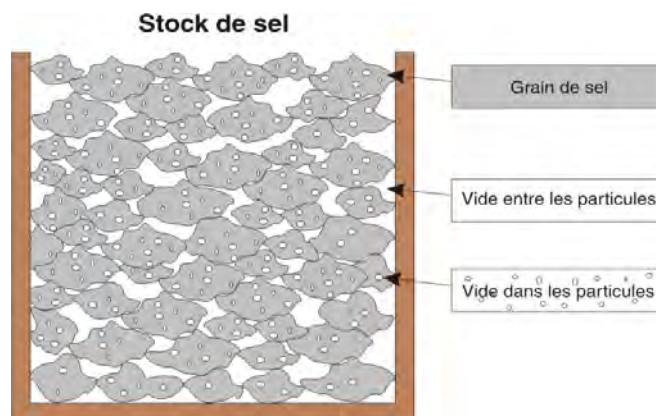


Figure 1 : représentation schématique de la masse volumique apparente.

La masse volumique réelle du chlorure de sodium est de 2,12 t/m³. **Sa masse volumique apparente est de l'ordre de 1,2 à 1,3 t/m³.**

En viabilité hivernale, on utilise la masse volumique apparente pour définir par exemple la quantité de sel à mettre dans la saleuse et pour le dimensionnement des stocks.

Fonctionnement

Le sel est un produit hygroscopique : il absorbe l'humidité de l'air lorsque celle-ci est supérieure à 75 % et, inversement, il libère de l'eau et recristallise si l'humidité de l'air est inférieure à 75 %.

Les principes essentiels de fonctionnement du chlorure de sodium peuvent se résumer ainsi :

- Le sel ne fait pas fondre, il abaisse le point d'équilibre naturel (0°C) entre l'eau et la glace (point de congélation/fusion).
- L'abaissement de ce point d'équilibre se produit uniquement lorsque le sel est dissout dans l'eau (saumure).
- L'eau nécessaire à cette dissolution peut provenir de l'air, de la surface de chaussée ou du fondant lui-même (bouillie de sel ou sel humidifié). A une température de l'air inférieure à -7°C, il n'y a pas suffisamment d'humidité dans l'air pour que le sel soit dissout, ce qui constitue une limite d'utilisation de ce fondant routier contre le verglas.
- Pour fondre, la glace ou le résidu de neige consomment de la chaleur et leur fusion engendre une dilution de la solution de sel. Si la température de surface de chaussée est inférieure au point de congélation de la solution formée, il y a regel de la saumure (verglas de sel).
- Le trafic joue un rôle important, soit négativement en projetant aux abords de la chaussée le sel en grains épandu préventivement, soit positivement en favorisant le brassage du sel et de la glace ou neige résiduelle sur la chaussée. Le trafic peut transporter la solution saline sur l'axe routier à des distances pouvant atteindre 1,5 à 2 km.

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) :
<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Documents pédagogiques

Verglas... mode d'emploi. *Guide pédagogique*. Sétra, 1989, 292 p. (référence : E8945).
[Consulter la notice DTRF](#)

"Je sale moins - je sale mieux" - Fiche et note d'information n°53. Sétra, CETE de l'Est, CETE de Lyon. Décembre 1989. [Télécharger](#)

Choisir et maîtriser la qualité des fondants. Une norme de spécification pour le chlorure de sodium utilisé comme fondant routier. Note d'information Sétra n° 81. Sétra, CETE de l'Est. Février 1994. [Télécharger](#)

Dictionnaire

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route – Sétra, 1998, 225 p. (référence : D9806). [Consulter la notice DTRF](#)

Autres documents

Norme NF P 98-180 : Le chlorure de sodium utilisé comme fondants routiers. Spécifications. Juillet 2003. AFNOR.

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris – 77171 Sourdon – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :
• <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



La bouillie de sel

Définition

La bouillie de sel est un mouillage du sel sec (chlorure de sodium) par de la saumure de chlorure de sodium. Selon le type d'épandeur, ce mouillage peut s'effectuer :

- à la sortie de la trémie de sel,
- au niveau du disque d'épandage.



Photographie d'un disque d'épandage.
(Source : CETE Normande-Centre)

Pourquoi utiliser de la bouillie de sel ?

En viabilité hivernale, les pratiques des exploitants consistent généralement à épandre du sel en grain ou de la saumure pour faire fondre le verglas, chacune de ces techniques ayant ses avantages et ses inconvénients.

Le sel en grain agit durablement car la quantité de fondant disponible reste suffisante durant un laps de temps plus long que pour la saumure. Cependant, le trafic disperse le sel en grain hors de la chaussée, et l'amorçage de la réaction nécessite un apport d'eau initial pour solubiliser le sel, qui peut manquer selon le type de phénomène (neige sèche, verglas non précipitant).

La saumure, quant à elle, agit très rapidement puisqu'elle est sous forme de solution. Elle est entraînée longitudinalement sur l'ensemble de la chaussée par les pneumatiques des véhicules. Cependant, son efficacité se détériore plus rapidement que pour le sel en grain, car elle est rapidement trop diluée pour conserver son efficacité.

L'ensemble (sel en grain + saumure) constituant la bouillie de sel permet une meilleure tenue de la salinité sur la route. Du fait de cet apport d'humidité, la bouillie de sel peut être utilisée jusqu'à des températures de l'air de -12°C par rapport au sel en grain qui est efficace jusqu'à des températures de l'air de -8°C (l'air ne contient pas suffisamment d'humidité et le sel ne peut se dissoudre).

La bouillie de sel est efficace plus longtemps grâce à la présence du sel en grain qui maintient la salinité.

<p>Le sel en grain :</p> <ul style="list-style-type: none">- ne tient pas sur la chaussée- agit lentement- agit longtemps	<p>La saumure :</p> <ul style="list-style-type: none">- tient sur la chaussée- agit instantanément- n'agit pas longtemps
<p>Sel en grain + saumure = bouillie de sel</p> <p>La bouillie de sel conjugue les avantages des deux produits :</p> <ul style="list-style-type: none">- elle tient sur la chaussée- elle agit instantanément- elle agit longtemps	

Pourquoi un mouillage du sel ?

Pour agir et être efficace, le sel a besoin de passer en solution aqueuse. Pour cela, il a besoin d'eau provenant soit :

- de l'humidité de l'air (80 % d'humidité relative),
- de l'eau liquide ou solide se trouvant sur la chaussée,
- d'un apport artificiel.

Pour gagner en efficacité d'action et diminuer le temps de dilution du sel solide, un mouillage du sel par la saumure est donc nécessaire.

De quoi est constituée la bouillie de sel ?

La bouillie de sel est constituée de chlorure de sodium et de saumure de chlorure de sodium. Le sel peut provenir d'origine minière (sel gemme) ou de marais salant (sel marin).

Une norme française (NF P98-180 de juillet 2003) présente les différentes caractéristiques du sel de chlorure de sodium utilisé comme fondant routier (voir fiche "*Le chlorure de sodium utilisé comme fondant routier. Nature et fonctionnement*" de la présente série).

La saumure peut être fabriquée en centrale de fabrication fixe qui permet d'obtenir en continu de grandes quantités de saumure, soit directement sur une saleuse dans une cuve adaptée qui permet d'obtenir une quantité réduite et définie, calculée par rapport à la capacité de la saleuse.

Il est toujours et nettement préférable pour fabriquer de la saumure d'utiliser du sel de classe A (c'est à dire avec une teneur en chlorure de sodium > 98%), ce qui évitera la formation de boue et de dépôt au fond de la centrale de fabrication.



On recherchera à fabriquer une saumure dont la concentration \square est comprise entre 20 et 23 % à 0°C.

Le point de congélation de cette saumure varie entre - 16°C et - 21°C. Sa masse volumique se mesure à l'aide d'un réfractomètre (appareil de mesure de la masse volumique par réfraction de la lumière). Le densimètre (éprouvette graduée et flotteur de verre) détermine, quant à lui, la densité de la saumure (rapport entre la masse volumique de la saumure et la masse volumique de l'eau).



Exemple de réfractomètre



Exemple de densimètre

Caractéristiques de la bouillie de sel

La concentration de la saumure et le taux de mouillage du sel en grain caractérisent la bouillie de sel. Le taux de mouillage est le rapport entre la quantité de saumure et la quantité de sel en grain répandue.

Un interrupteur au niveau du boîtier d'asservissement peut faire varier ou non le taux d'épandage de saumure par rapport au dosage du sel en grain.

Utilisation de la bouillie de sel

De façon générale, il n'y a pas de contre-indication à l'utilisation de la bouillie de sel. Elle peut être utilisée aussi bien en curatif qu'en précuratif et pour des phénomènes de type verglas ou neige. Dans le cas des phénomènes neigeux, la bouillie de sel peut être utilisée après le dernier raclage et plus particulièrement si la neige est humide.

Toutefois, son utilisation dépendra soit de l'état de surface de la chaussée (chaussée sèche ou humide), soit du phénomène hivernal survenu. Si la chaussée est mouillée, il est préférable d'utiliser du sel en grain car il trouvera rapidement son humidité pour passer en solution.

En curatif verglas, la bouillie est efficace immédiatement.

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) :
<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Guides techniques

La bouillie de sel. Guide technique. Sétra, 1991, 86 p. (référence : E9064). [Consulter la notice DTRF](#)

Normes

Chlorure de sodium solide utilisé comme fondant routier – Service hivernal - Spécifications.
Norme NF P 98-180 - AFNOR – juillet 2003

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris – 77171 Sourdun – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :
• <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Viabilité hivernale

Fiches pratiques "aide-mémoire" Série I - fiche 06

Les matériels portables de relevés de mesures relatifs à la viabilité hivernale

Préambule

L'exploitation hivernale des chaussées passe par un suivi rapproché des aléas routiers durant les périodes à risques ou les périodes d'intervention.

Cette fonction est principalement dévolue aux patrouilleurs qui doivent être à même de réaliser certains contrôles : détermination de la salinité résiduelle, mesures de paramètres météorologiques atmosphériques tels que la température de l'air, l'humidité relative ou encore la mesure de la température de surface. Pour ce faire, les patrouilleurs ont à leur disposition une palette d'outils leur permettant de relever ces différents paramètres.

Fonctions principales des matériels portables

Les différents types de matériels portables permettent de réaliser des mesures ponctuelles. Les fonctions les plus couramment rencontrées sont :

- La mesure de la température atmosphérique (T_a),
- La mesure de l'humidité relative (U) au moyen d'un hygromètre,
- L'affichage de la valeur du point de rosée (T_d),
- La mesure de la température de surface (T_s),
- La détermination de la salinité résiduelle.

Exemples d'appareils de mesures

Il existe plusieurs types de produits ou d'appareils permettant de réaliser ces mesures. Chacun d'entre eux a des caractéristiques et des contraintes d'utilisations particulières ainsi que des limites de performance notamment en phase d'exploitation. L'utilisateur devra être vigilant quant au choix du matériel en particulier en phase opérationnelle.



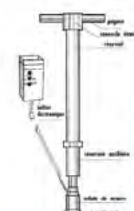
Mesure de la Température atmosphérique et de l'humidité relative. Détermination du point de rosée



Mesure de la température de surface au moyen d'un appareil optique infrarouge



Réactif de chromate d'argent permettant de déterminer la salinité résiduelle



Mesure de la salinité résiduelle

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) : <http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Guides méthodologiques

Viabilité hivernale – Approche globale. *Guide méthodologique*. Sétra 2009, 36 p. (référence : 0911). [Consulter la notice DTRF](#)

Documents pédagogiques

Verglas... mode d'emploi. *Guide pédagogique*. Sétra, 1989, 292 p. (référence : E8945). [Consulter la notice DTRF](#)

"Je sale moins - je sale mieux" - Fiche et note d'information n°53. Sétra, CETE de l'Est, CETE de Lyon. Décembre 1989. [Télécharger](#)

Dictionnaire

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route – Sétra, 1998, 225 p. (référence : D9806). [Consulter la notice DTRF](#)

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris – 77171 Sourdun – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :
• <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



Les stations météorologiques routières

Préambule

Le service hivernal comprend l'ensemble des actions d'organisation, de surveillance, de prévision et de lutte prises directement sur le réseau routier contre les manifestations des phénomènes hivernaux (verglas, neige, congères, avalanches) sur les routes. Il est en lien étroit également avec l'information à l'utilisateur.

Optimiser les organisations, les moyens et les méthodes de traitement hivernal passe par l'amélioration de la connaissance :

- des phénomènes météorologiques, de leur prévisions et de leur évolution,
- du comportement microclimatique de la route,
- de l'adéquation entre le phénomène climatique et les méthodes de traitements.

Les stations météorologiques routières (ou météo-routières) peuvent aider à l'amélioration des prévisions et pour ce faire, leur implantation devrait assurer une certaine représentativité des zones climatiques du réseau concerné.

Définition

Une station météo-routière est un dispositif de recueil automatique de données en continu, permettant de relever des paramètres météorologiques dans l'atmosphère, ou des états de surfaces sur la chaussée en zone circulée. En cela, ce système contribue à l'aide à la décision (SAD)¹

L'ensemble des stations météo-routières actuellement sur le marché présente la même architecture, à savoir :

- des stations ponctuelles de recueil de mesures (capteurs météorologiques et capteurs routiers),
- un système de transmission permettant de véhiculer l'information à l'utilisateur,
- une unité centrale traitant et gérant les données,
- une IHM (Interface Homme-Machine) restituant les résultats.

¹ On parle au niveau international de RWIS (Road Weather Information System)

Les stations ponctuelles de recueil de mesures

Les stations se composent de 2 ensembles principaux de capteurs :

- **Les capteurs atmosphériques** : ceux-ci relèvent la température de l'air, l'humidité relative, la présence ou l'absence de précipitations.

Remarque : des capteurs supplémentaires (mesures de la pluviométrie ou hauteur d'eau tombée, de la vitesse et de la direction du vent, de la distance de visibilité routière, de la pression atmosphérique, de la hauteur de neige au sol, ...) peuvent venir compléter le dispositif de mesure, sans pour autant participer à l'analyse faite par le système.



Exemple de capteurs atmosphériques

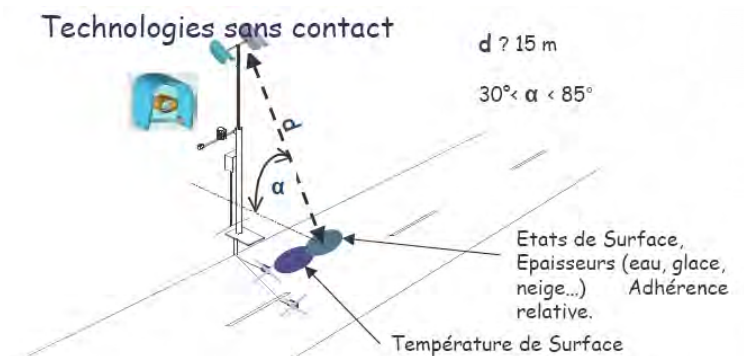
- **Les capteurs de chaussée** : ceux-ci relèvent la température de surface de la chaussée, la présence ou l'absence d'humidité sur le capteur et le niveau de protection thermique apporté par les fondants. Ils peuvent être intrusifs (inclus dans la chaussée) ou bien extérieurs à la chaussée (non intrusifs ou non invasifs).

Remarque : certains capteurs de chaussées donnent des mesures de température à différentes profondeurs, pour apprécier la profondeur de gel ou le gradient thermique dans la couche de roulement

La transmission des données peut se faire, soit de façon linéaire (ex : réseau linéaire), soit de façon rayonnante (ex : réseau maillé).



Exemple de capteur intrusif



Exemple de capteur non intrusif



Avantages et inconvénients d'une station météorologique routière

En premier lieu, il est important d'être vigilant sur le fait qu'une station de météorologie routière :

- reste un outil d'aide à la décision parmi d'autres, ne remplaçant pas l'analyse humaine,
- recueille des données mais n'effectue pas de prévision.

Le tableau ci-dessous apporte les principaux avantages/inconvénients des stations de météorologie routière.

Tableau comparatif avantages/inconvénients d'une station météorologique routière

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Apporte une contribution à la sécurité des usagers par l'amélioration de la qualité des prévisions• Amélioration de la prise de décision (déclenchement des patrouilles et des interventions) si couplage avec la météorologie• Sécurisation du personnel en charge du Service Hivernal• Confirmation ou infirmation de l'ébauche du risque et de la décision d'intervention• Suivi continu et en temps réel des évolutions (alerte en temps réel de l'apparition d'un phénomène, ...)• Repérage spatial des phénomènes• Données objectives (indispensables à l'appréciation humaine)• Traçabilité de la donnée justifiant l'action (contrôle et évaluation, sécurité juridique, ...)	<ul style="list-style-type: none">• Maintenance, coût et entretien à prendre en compte• Consommation d'espace

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) : <http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Guides méthodologiques

Viabilité hivernale – Approche globale. *Guide méthodologique*. Sétra 2009, 36 p. (référence : 0911). [Consulter la notice DTRF](#)

Documents pédagogiques

Verglas... mode d'emploi. *Guide pédagogique*. Sétra, 1989, 292 p. (référence : E8945). [Consulter la notice DTRF](#)

Dictionnaire

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route – Sétra, 1998, 225 p. (référence : D9806). [Consulter la notice DTRF](#)

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110, rue de Paris – 77171 Sourdon – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :
• <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE



La main courante en viabilité hivernale

Définition

La main courante est le compte rendu (papier ou informatisé) juridiquement recevable des informations reçues et émises ainsi que des mesures mises en œuvre par le service. Elle est établie en fonction des moyens dont dispose le service et dans le respect des procédures et des textes en vigueur. Elle traite les sujets qui relèvent de la compétence institutionnelle des services.

Elle a pour première finalité d'assurer la traçabilité des actions en mettant en évidence la chaîne des décisions prises et des actions engagées (ex : passage de la surveillance du réseau à l'intervention) notamment pour remédier à des dysfonctionnements constatés sur le réseau routier.

Quand elle est tenue sous forme papier, il est préférable d'utiliser un cahier, les feuilles volantes étant à éviter pour des raisons de fiabilité.

Toutes les informations saisies dans la main courante sont horodatées.

La tenue d'une main courante présente pour les services opérationnels en charge de l'exploitation du réseau routier des enjeux forts, notamment :

- au plan juridique,
- au plan du fonctionnement interne,
- au plan des relations externes,
- au plan de l'information des usagers.

Elle assure donc un triple rôle, car elle est à la fois :

- un appui juridique,
- une base historique des actions du service,
- une base statistique.

Elle contribue à alimenter non seulement les aspects liés à la problématique de l'exploitation et donc de l'information routière, mais aussi :

- la sécurité routière,
- les dommages causés au domaine public,
- la préservation du patrimoine routier,
- la connaissance du trafic.

Les contributeurs de la main courante en viabilité hivernale sont essentiellement :

- les patrouilleurs,
- les responsables d'intervention,
- les responsables de circuit.

Actions pouvant faire l'objet d'une main courante en viabilité hivernale

Surveillance du réseau	Intervention	Information
<ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation des conditions générales de conduite (C1, C2, C3, C4) • Relevés de mesure (avec les matériels adéquats) : <ul style="list-style-type: none"> - température (sol, air) - hygrométrie - point de rosée • Circuit effectué • Horaire d'intervention (de départ, de retour...) • Nature de l'événement observé (verglas, pluie verglaçante, neige...) • Caractéristiques du phénomène observé (épaisseur du verglas, hauteur de neige...) • Raclage effectué ou non • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Déclenchement de l'alerte • Début et fin du phénomène observé (neige, verglas...) • Caractérisation de l'intervention (début, fin, circuit, axes traités...) • Nature de l'intervention (précuratif, curatif neige, curatif verglas...) • Moyens utilisés (sel, saumure, abrasifs, dosage et quantité de fondant préconisée et/ou utilisé, raclage...) • Nombre de passages • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Information externe des autorités et forces de l'ordre (préfet, gendarmerie, police, CG ...) • Information interne • Information des usagers •
		<i>Décision (ou proposition)</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Limitation des circulations VL – PL (tonnage, fermetures d'itinéraires, ...) • Prescriptions d'équipements spéciaux (chaines, pneus neiges, ...)



Perspectives

Actuellement, la main courante peut être assurée par des logiciels informatiques de gestion de bases de données (plus communément appelé SGBD) qui consignent à la manière du registre papier les événements entrés, et ce parfois depuis n'importe quel poste de travail (installation en réseau).

Ces logiciels intégrant les nouvelles technologies (comme la géolocalisation par GPS) et pouvant être embarqués dans le véhicule d'un patrouilleur via un PDA permettent une consultation en temps réel, ce qui améliore grandement la transparence et la circulation de l'information.

Parmi ces logiciels, on peut citer Orchestral, Serpe, ...



*Appareil de géolocalisation par GPS embarqué dans véhicule – Logiciel SERPE.
Photo CETE du Sud-ouest.*

Bibliographie

A consulter sur le portail de la DTRF (Documentation des techniques routières françaises) :
<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>.

Guides méthodologiques

Viabilité hivernale – Approche globale. *Guide méthodologique*. Sétra 2009, 36 p. (référence : 0911). [Consulter la notice DTRF](#)

Dictionnaire

Dictionnaire de l'entretien routier. Thème 4 : viabilité hivernale. Observatoire National de la Route – Sétra, 1998, 225 p. (référence : D9806). [Consulter la notice DTRF](#)

La collection des fiches pratiques aide-mémoire "Viabilité hivernale"

L'objectif de cette collection "fiches pratiques aide-mémoire" est de fournir une série de documents récapitulatifs traitant des principaux thèmes relatifs à la viabilité hivernale. Ces fiches ont pour but de faciliter la compréhension et l'application des documents techniques de référence.

Le contenu de ces fiches est volontairement synthétique, leur vocation n'étant pas de se substituer à la documentation technique mais d'en porter les éléments essentiels dans un format accessible et facilement exploitable.

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

110, rue de Paris – 77171 Sourdun – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites internet du Sétra :

- <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- <http://dtrf.setra.developpement-durable.gouv.fr>

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE

