Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

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 II

01 - Les différents types de fondant routier

02 - Cycle de vie du sel (chlorure de sodium)

03 - Sensibilité des milieux naturels aux fondants routiers

04 - Réduction des impacts de l'utilisation des fondants routiers

05 - Les congères

06 - Les moyens de lutte contre les congères

07 - Stratégie d'élimination de la neige

08 - Stratégie de traitement du verglas

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Dans la même collection – fiches pratiques "aide-mémoire" 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

- Christelle Burduche (CETE Normandie-Centre)
- Alice Bazile (CETE Méditerranée)
- Luc Duriez (CETE Nord-Picardie)
- Olivier Floris (CETE Normandie-Centre)
- Christophe Pineau (CETE Ouest)
- Olivier Richard (SETRA)

Renseignements techniques

- Olivier Richard (SETRA)

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 01

Les différents types de fondant routier

En France, le sel (chlorure de sodium) représente 99% des fondants utilisés pour le service hivernal. Il existe cependant d'autres types de fondants routiers ayant des propriétés physico-chimiques particulières et qui se prêtent plus ou moins au traitement des phénomènes hivernaux. Cette fiche présente, à titre informatif, les différents types de fondants routiers existant en France ainsi que leurs caractéristiques générales.

Les familles de fondants routiers

Définition d'un fondant routier

Un fondant routier est un produit solide ou liquide dont les caractéristiques physiques permettent de déplacer l'équilibre des phases de l'eau pour en abaisser le point de congélation. Il favorise la fusion de la pellicule de glace ou de neige résiduelle après raclage.

Il est constitué d'un composé dit "actif" (qui agit sur le point de congélation de l'eau) et de composés conférant certaines propriétés au produit (anti-mottant1, anti-corrosion, …).

Les chlorures

Les chlorures sont des fondants ioniques, constitués d'un ion chlorure Cl^- associé à un autre élément (Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, K^+). Les chlorures sont corrosifs et généralement couplés avec des anti-mottants (hexacyanoferrate). On trouve principalement :

- chlorure de sodium - NaCl
- chlorure de calcium – $CaCl_2$
- chlorure de magnésium – $MgCl_2$
- chlorure de potassium – KCl

Les acétates

Les acétates sont des composants qui proviennent de la déshydratation de l'acide acétique (présent dans le vinaigre). Ils sont souvent couplés à des inhibiteurs de corrosion et utilisés comme fondant sur les zones sensibles (aéroport). Il existe :

- l'acétate de sodium
- l'acétate de potassium
- l'acétate de magnésium

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Les formiates

Les formiates sont des composés provenant de la déshydratation de l'acide formique (acide des fourmis rouges). Comme les acétates, Ils sont souvent couplés à des inhibiteurs de corrosion et utilisés comme fondant sur les zones sensibles (aéroport). En viabilité hivernale, on peut trouver :

- le formiate de potassium
- le formiate de sodium

Les alcools

Les alcools sont des composés chimiques organiques qui contiennent dans leur structure un ou plusieurs groupes hydroxyle (OH).. Ils ne sont pas corrosifs et utilisés pour les aéroports. On distingue :

- le méthanol - CH_3OH
- l'éthanol - CH_3CHOH
- l'éthylène glycol – $(CH_2OH)_2$

Cas particulier des sels de "seconde utilisation"

Ce type de fondant (en général chlorure) est issu de la récupération et de la valorisation de produits précédemment utilisés pour une autre fonction. Quelle que soit sa provenance, ce sel de seconde utilisation doit se conformer à des critères pour son utilisation en viabilité hivernale, référencés dans la norme XP P-98-181.

Propriétés physiques des fondants

Le marché actuel offre une pluralité de produits destinés au service hivernal. Ces produits possèdent des caractéristiques physiques et techniques propres comme :

- la température du point eutectique qui correspond à la température de congélation la plus basse possible pour un fondant (à une Concentration Massique – CM - donnée). En deçà de cette température, le produit perd son pouvoir fondant.
- l'Humidité Relative d'Equilibre (HRE) qui est une valeur seuil de l'humidité relative de l'air (exprimée en % et à une température donnée) au delà de laquelle un matériau comme le sel va commencer à absorber l'humidité ambiante et se dissoudre (en deçà, il va se dessécher)
- le Pouvoir Fondant Immédiat (PFI) qui donne la quantité de produit de fonte formé (en ml) par 1g de fondant en 20min.
- le Pouvoir Fondant Efficace (PFE) exprimé en ml.min
- le Skid Resistance Tester (SRT) qui est un coefficient d'adhérence d'un matériau obtenu par la méthode du pendule SRT.

Le tableau suivant (figure 1) présente à titre indicatif des valeurs de ces propriétés en fonction des produits précédemment listés.

Fondants / Propriétés		Masse volumique apparente (T/m3)	Température eutectique (°C)	Coût HT (€/T)*	HRE (25°C)	PFI	PFE
Chlorures	Chlorure de calcium	900	- 51,6 °C (CM de 30%)	350	45%	6.2 ml	704
	Chlorure de sodium – sel sec	1250	- 21,1 °C (CM de 23%)	80	75%	0.72 à 1.12 ml	ND
	Chlorure de magnésium	1570	- 33 °C (CM de 22%)	120 à 200	33%	ND	ND
	Chlorure de potassium	1980	- 11 °C (CM de 20%)	450	85%	ND	ND
Alcools	Méthanol	790	-98 °C	ND	ND	ND	ND
	Ethanol	790	ND	ND	ND	ND	ND
	Ethylène glycol	1100	- 51 °C	ND	ND	ND	ND
Acétates	Acétate de sodium	1450	ND	1300 à 1600	ND	0.72 ml	ND
	Acétate de potassium + inhibiteur de corrosion	1250	- 60 °C (CM de 49%)	1300 à 1600	22.5 %	2.66 à 7.37 ml	ND
	Acétate de calcium magnésium	1450	- 15 °C	1300 à 1600	ND	ND	ND
Formiates	Formiate de sodium	1800	- 12 °C	1300 à 1600	ND	0.96 ml	ND
	Formiate de potassium + inhibiteur de corrosion	1350	- 58°C	1300 à 1600	ND	2.2 à 2.46 ml	ND

Figure 1 : tableau récapitulatif des propriétés physico-chimiques des produits utilisés comme fondant routier (d'après [3], [4], [5] et [6])

** Les coûts sont fournis à titre indicatif. De grandes fluctuations peuvent en effet être relevées dans les prix en fonction des qualités livrées, des conditionnements ou encore de l'éventuelle tension sur le marché en cas de pénurie.*

Utilisation des fondants

Les fondants routiers ainsi que leurs additifs peuvent contenir des éléments ayant un impact sur la santé humaine et sur l'environnement [1].

La nature et les caractéristiques de ces produits pour un usage en viabilité hivernale est soumise aux prescriptions des normes NF P 98 – 180 (pour le chlorure de sodium) et XP P 98 – 181 (pour les chlorures, acétates, formiates, …) [2].

Cette utilisation est également cadrée, que ce soit en terme de gestion ou en terme de traitement, au travers du corpus technique du Sétra et du Réseau Technique Viabilité Hivernale (RTVH) [3].

Bibliographie

[1] L'impact des fondants routiers sur l'environnement : Etat des connaissances et piste d'actions. Note d'information Setra EEC n°. Mars 2011

[2] "Choisir un fondant routier. Du bon usage des normes NF P98-180 et XP P98-181". Note d'information Sétra CSEE. A paraître.

[3] Site internet du réseau scientifique et technique du ministère sur la viabilité hivernale et la météorologie routière. http://www.viabilite-hivernale.developpement-durable.gouv.fr/

[4] Veille technologique sur les fondants routiers. Sétra - CETE de l'EST. 1998 - 2004.

[5] Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions - Lewis Greenspan. Institute for Basic Standards, National Bureau of Standards, Washington, D. C. 20234 – October 1997

[6] Présentation sur "l'intéraction des produits déverglaçants et abrasifs & nouvelles technologies" lors de la conférence neige de l'association des travaux publics d'amérique (ATPA). Marco Dubé – Entreprise FORM-EVAL. Mai 2010

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 02

Cycle de vie du sel (chlorure de sodium)

Le cycle de vie du sel utilisé comme fondant routier (figure 1) englobe toutes les activités liées à son utilisation, de sa production à l'épandage.

Chaque étape de ce cycle de vie a un impact plus ou moins important sur l'environnement [1] et sera détaillée dans la présente fiche. L'exploitant routier est acteur d'une partie du cycle de vie notamment par rapport au transport, au stockage et à l'épandage.

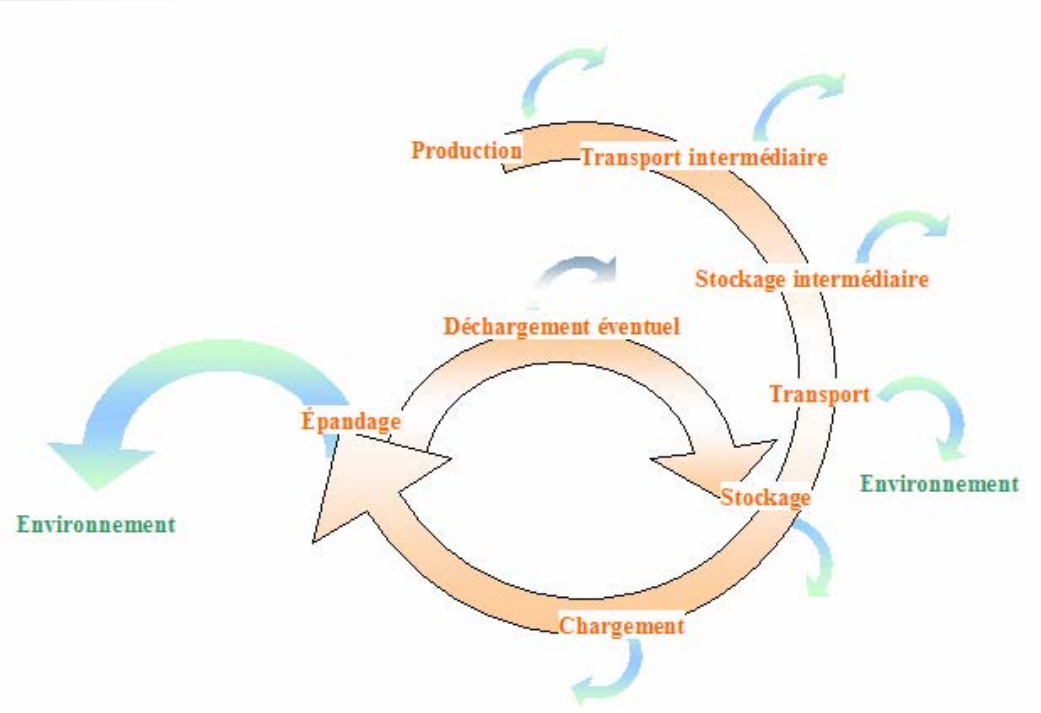

Figure 1 : cycle de vie du fondant routier. Les pertes de produits se produisent à toutes les étapes de la vie du fondant et plus particulièrement lors de l'épandage.

Au final, le sel utilisé en viabilité hivernale finit par s'accumuler dans les différents compartiments environnementaux (eau, sols, organismes vivants, etc.) ceci expliquant qu'il fait l'objet de préoccupations croissantes en termes d'impacts environnementaux (voir fiche 03 de la présente série : *sensibilité des milieux naturels aux fondants routiers*).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

L'approvisionnement en sel

La production

Selon la rigueur de l'hiver, entre 0.5 et 2 millions de tonnes par an sont épandues, en France métropolitaine, sur les routes dans le cadre de la viabilité hivernale. La qualité et les performances des fondants routiers sont encadrées par les normes NF P 98-180 et XP P 98-181 [2] et [3].

Le sel de chlorure de sodium (NaCl), utilisé à plus de 99% en France, provient essentiellement de :

- l'extraction minière (sel gemme),
- la cristallisation d'eau de mer dans les marais salants.

L'empreinte écologique de ces 2 types de production n'est pas neutre mais reste difficilement qualifiable et quantifiable (coût énergétique, bilan carbone, impact paysager, etc.).

A titre d'illustration, le bilan carbone de la production de sel a été estimé en fonction des 2 types de production (figure 2).

Sel gemme (mine de Varangéville)		*Sel de mer (salin d'Aigues-Mortes)*	
Explosifs	101	GPL	13
Gazole	530	Gazole	309
Electricité	203	Electricité	102
Total	834	Total	423

Figure 2 : émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) par la production de sel (en g équivalent carbone/tonne de sel) – source ROCK – [4])

La réutilisation et la valorisation

La valorisation des sous-produits industriels salins peut constituer une autre source d'approvisionnement pour l'utilisation en tant que fondants routiers.

Quelle que soit sa provenance, ce sel de seconde utilisation doit se conformer à des critères, entre autres environnementaux (biodégradabilité, teneur en sulfates solubles, …), pour son utilisation en service hivernal (norme XP P 98-181).

Le transport

Le transport participe à l'impact environnemental du cycle du sel par :

- l'énergie consommée pour son acheminement du lieu de production au lieu de stockage,
- les pertes de sels lors du transport si le camion n'est pas bâché, etc.

Les trajets se font principalement par la voie ferroviaire et fluviale pour le transport principal et par la voie routière pour le transport secondaire (desserte locale).

A titre d'illustration, le bilan carbone du transport du sel a été estimé pour ces 4 modes de transports (figure 3).

Mode de transport	*Équivalent Carbone produit (g par tonne.km)*
Routier : camion avec tonnage à pleine charge de 25 t	de 26,6 à 29,9
Ferroviaire : électricité et/ou diesel	de 0,4 à 2
Fluvial : barge de plus de 1500 t	de 4,5 à 10,2
Maritime : vraquier (10 000 t à 80 000 t)	de 1,55 à 4,65

Figure 3 : grammes équivalents carbone par tonne et par kilomètre pour les différents modes de transports de fondants (d'après ADEME)

Le stockage

Lors du stockage, chez le producteur/fournisseur ou chez l'utilisateur, les fondants peuvent être dispersés dans le milieu naturel de plusieurs façons :

- dissolution des fondants :

  - lors des précipitations, ruissellement et rejet/infiltration dans le sol (stockage à l'air libre),

  - lors des opérations de chargement et déchargement des épandeuses (fondants tombés au sol),

  - lors du nettoyage des matériels utilisés en service hivernal (épandeuse, station de saumure, …),

- érosion par le vent des fondants stockés sur plate-forme et dans les véhicules.

Les pertes sur stocks non couverts sont estimées entre 5 à 8% (fonction des intempéries) auxquels il faut ajouter les pertes sur plate-forme de chargement lors des opérations de reprise.

Le chargement et le lavage des épandeuses

Une étude préliminaire réalisée au LRPC de Nancy a montré que les pertes lors du chargement des épandeuses varient de 50 à 100 kg/épandeuse si le chargement n'est pas effectué sous abri. Le lavage des épandeuses, quant à lui, peut occasionner des pertes allant entre 25 et 100 kg/épandeuse à chaque lavage.

L'épandage

Lors de l'épandage sur les axes routiers, plusieurs phénomènes amènent les fondants à se disperser en premier lieu sur la chaussée puis dans le milieu environnant (nébulisation, transport éolien, ruissellement, infiltration, projections par le trafic – figure 4) à plus ou moins grande distance de l'axe de circulation (jusqu'à 400m).

Ces distances de dispersion dépendent en partie des caractéristiques du milieu (exposition au vent, relief), du réseau routier (type de revêtement, profil en long et en travers de la chaussée) mais aussi du réglage de l'épandeuse (5 à 20% des quantités épandues sont projetées directement sur les accotements et ne « voient » jamais la route).

Elles sont également fonction de l'état du fondant routier sur la chaussée (grain ou saumure) et du type du réseau d'assainissement routier (fossés et bassins de décantation).

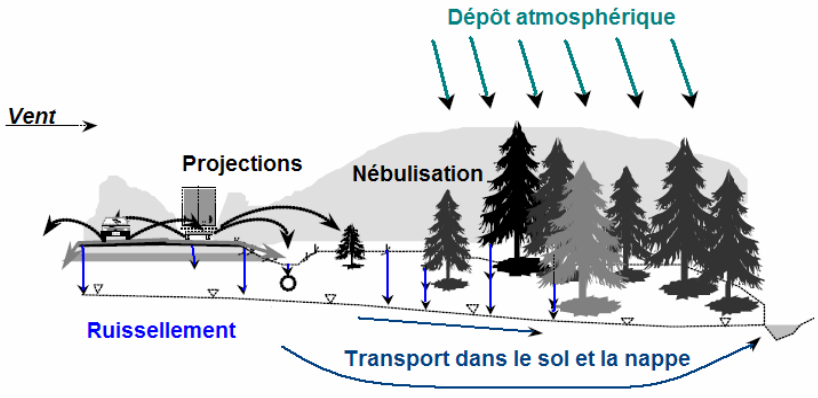

figure 4 : schéma des différents vecteurs de dispersion lors de l'épandage des fondants.

Bibliographie

[1] L'impact des fondants routiers sur l'environnement : Etat des connaissances et piste d'actions. Note d'information Setra EEC n°. Mars 2011

[2] Norme NF P98-180. Chlorure de sodium solide utilisé comme fondant routier - Service hivernal – Spécifications. Juillet 2003.

[3] Norme XP P98-181. Matériel et produits d'entretien routier - Fondants solides ou liquides pour le service hivernal des routes et voiries d'usage spécifiques - Critères de performances. Mars 2011.

[4] Congrès AIPCR 2010, communication n°54 "Développement durable et viabilité hivernale : Le cas des marchés de sel routiers en France". SPECKLIN G., MATRAT. M. 2010

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 03

Sensibilité des milieux naturels aux fondants routiers

Les pertes de fondants routiers dans le milieu naturel, aux différentes étapes (transport, stockage, reprise, épandage) de la chaîne d'utilisation, peuvent constituer une pression polluante sur les milieux naturels [1], [2] et [3].

Figure 1 : Photographie du lac de Luitel, un écosystème situé dans une réserve naturelle nationale, régulièrement affecté par le salage hivernal (source www.chamrousseweb.info)

En effet, les impacts de ces fondants se manifestent sur les différents compartiments de l'environnement (eaux, sols, milieux naturels).

En fonction de la durée d'exposition aux pollutions générées par l'activité hivernale, les organismes peuvent subir les effets consécutifs à une toxicité "chronique" (exposition sur le long terme) ou à une toxicité "aigüe" (exposition sur le court terme).

Les pollutions peuvent intervenir en cas d'apport massif de sel, notamment à proximité des zones de stockage dépourvus de système de récupération des eaux de ruissellement ou lors de précipitation intervenant après un long épisode de froid. Par ailleurs, certaines zones font l'objet de protection spécifique qui limitent voire interdisent l'usage des fondants (par exemple, les captages d'alimentation en eau potable – AEP).

Toutefois, cela ne signifie pas qu'il faille abandonner tout usage des fondants routiers, mais qu'il est nécessaire d'en contrôler l'utilisation notamment en se conformant aux consignes de traitement définies pour la neige et le verglas (voir la fiche 07 " *stratégie d'élimination de la neige*" et la fiche 08 "*stratégie de traitement du verglas*" de la présente série).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Impact sur l'eau et les écosystèmes aquatiques

Les augmentations des concentrations de chlorures au-delà de certains seuils sont néfastes pour les écosystèmes aquatiques, en modifiant les conditions de vie des espèces animales et végétales.

Les fondants routiers peuvent affecter les écosystèmes en perturbant notamment les phénomènes suivant :

- l'équilibre osmotique d'un milieu provoquant ainsi sa déshydratation (figure 2),
- la stratification thermique des eaux lacustres provoquant l'anoxie (très faible présence d'oxygène) d'un milieu.

Les équilibres entre espèces peuvent ainsi être modifiés : des espèces sensibles peuvent disparaître au dépend d'espèces tolérantes au sel aboutissant à l'appauvrissement des écosystèmes notamment ceux des milieux sensibles (tourbières, marais, lacs, ...) [4].

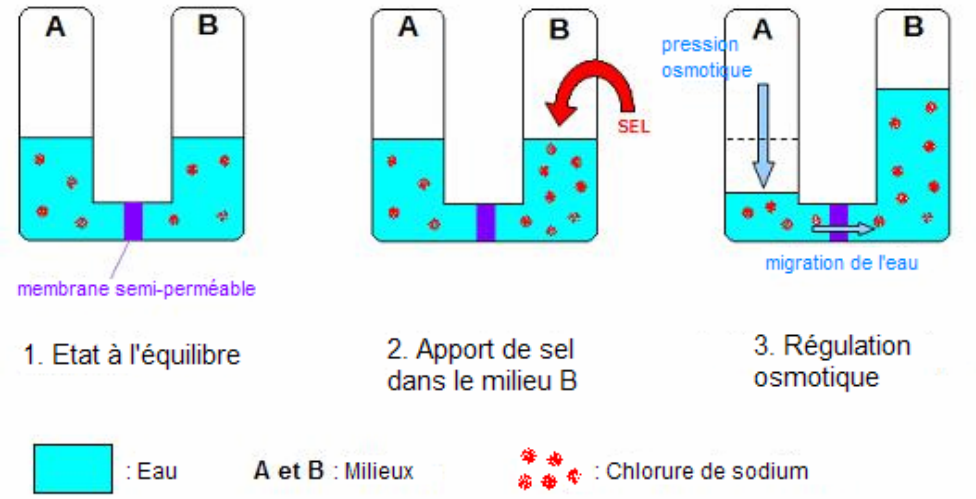

Figure 2 : Mise en évidence du phénomène de régulation osmotique induit par un apport de sel. Schéma d'une expérimentation en laboratoire.

La faune aquatique (poissons, crustacés, ...) ou inféodée à l'eau (amphibiens, mammifères) est particulièrement sensible aux fondants routiers ; ces fondants peuvent générer des effets indirects sur le taux de reproduction et la mortalité de ces espèces.

L'exemple du Lac de Luitel en Isère (figure 1 - [5]) illustre bien cette problématique. Alors que la concentration en chlorures a été multipliée par 13 entre 1955 et 1999, trois phénomènes traduisent les modifications profondes de la structure de l'écosystème lacustre :

- une baisse de la diversité spécifique est constatée puisque le nombre d'espèces composant le peuplement phytoplanctonique du lac chute de 243 en 1952 à 106 en 2002.
- les Desmidiées, groupe d'espèces typique des lacs-tourbières oligotrophes, ne constituent plus que 12% du peuplement d'algues en 2002, tandis qu'elle représentait 83% en 1952.
- en 2002, l'espèce Synechocystis salina cyanobactérie halophile (tolérante au sel) des eaux légèrement saumâtres, constituait 42% du peuplement.

Impact sur le sol et les écosystèmes terrestres

La présence de fondants sur les sols peut causer des effets sur les propriétés physiques et chimiques de ces derniers : effritement et érodabilité du sol, augmentation de la perméabilité, diminution de l'humidité, gonflement, appauvrissement en éléments minéraux, augmentation du pH et de la conductivité électrique. Ces modifications rendent peu à peu le sol impropre à la croissance des végétaux.
Par ailleurs, les sels entraînent une augmentation de la mobilité et de la bio-disponibilité (capacité des organismes à les absorber) des métaux lourds toxiques présents dans les sols des bords de routes [6].

Les impacts des fondants routiers sur la végétation terrestre [7] se manifestent par :

- une baisse de fertilité des sols provoquant un dessèchement racinaire et des chloroses (décoloration du feuillage – figure 3),
- des brûlures à court terme du feuillage (figure 4),
- une mortalité à long terme due aux accumulations de sels dans la plante.

Les études sur les impacts sur la faune terrestre tendent à démontrer la vulnérabilité de certaines espèces de vers à cette pollution, une modification de l'activité bactérienne des sols et une diminution de la fertilité de ces mêmes sols.

Figure 3 : plantations décolorées situées à proximité d'un stockage de sel (source CETE Est)

Figure 4 : edelweiss brûlée par l'utilisation du sel. (source CETE Est)

L'augmentation de la mortalité de la grande faune terrestre (sanglier, chevreuil, cerf, …) aurait également été constatée dans certains cas, en raison des accidents survenus suite à une sur-fréquentation des abords de route par la faune attirée par le sel.
Des intoxications par le sel chez certains animaux (notamment les oiseaux) ou des troubles du comportement ont pu être observés pour les espèces fortement exposées.

Bibliographie

[1] L'impact des fondants routiers sur l'environnement : Etat des connaissances et piste d'actions. Note d'information Setra EEC n°. Mars 2011

[2] Fondants routiers et environnement : Etat des connaissances, proposition pour la maîtrise de l'impact des fondants sur l'environnement. Rapport LRPC Nancy pour le compte du SETRA. VALCIN F - 1999.

[3] Elaboration d'une méthodologie d'estimation des impacts potentiels des fondants routiers sur l'environnement - Contribution au projet de coopération franco-québécoise sur le thème « fondants & environnement »Rapport LRPC Nancy pour le compte du SETRA. LAUSECKER P.O., MAUDUIT C., LIVET J - 2007.

[4] Les bassins d'eau pluviale autoroutiers en région Méditerranéenne : Fonctionnement et Biodiversité. Evaluation de l'impact de la pollution routière sur les communautés animales. Thèse de l'Université de Provence – Aix-Marseille I. SCHER O - 2005.

[5] Le problème de la pollution par le sel de déneigement dans le lac Tourbière de Luitel (Isère). DESPLANQUE C, Actes du colloque : 1ères rencontres pour la conservation des tourbières des Alpes –publié dans Avenir. Conservatoire des espaces naturels de l'isère - 20-21 septembre 2007.

[6] Impacts des sels de voiries sur la mobilité des métaux dans le sol de remblais urbains contaminés. BOMMEL-ORSINI A., TERNISIEN J., DUBE J-S. Actes du colloque AIPCR - Québec 8-11 mars 2010.

[7] Effets des sels de déneigement sur la végétation riveraine de l'Autoroute A39. CRINI N., BADOT P-M INRA. Université de Franche-Comté, Séminaire d'échange "Impacts des fondants routiers sur l'environnement" - Octobre 2006.

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 04

Réduction des impacts de l'utilisation des fondants routiers

Les mesures de réduction des impacts des fondants (pollution du sol, effets sur la biodiversité, les infrastructures, les véhicules, …) doivent prendre en compte toutes les étapes propres au cycle de vie du sel (de sa production à son utilisation en passant par le transport et le stockage – voir fiche 04 de la présente série : "*sensibilité des milieux naturels aux fondants routiers*" – [1] et [2]).
Elles concernent la préparation et l'organisation de la campagne de viabilité hivernale. Elles peuvent aussi amener à réfléchir aux niveaux de service et aux améliorations du réseau routier et de ses abords.
La connaissance des impacts doit également être améliorée ainsi que la sensibilisation des gestionnaires aux risques environnementaux.

Optimiser ses marchés

- Renouveler les stocks en dehors de la période hivernale pour avoir des stocks complets en début de saison.
- utiliser des produits conformes aux normes de référence NF P98-180 et XP P98-181 [3] et [4],
- préférer les modes de transport à empreinte carbone plus faible (voie ferrée, voie navigable) [5],
- limiter les distances d'approvisionnement,
- préconiser de bâcher les fondants lors du transport jusqu'à la zone de stockage.

Optimiser ses stockages

- dimensionner et implanter ses stocks en fonction de ses besoins et de sa consommation moyenne,
- mettre en place des modalités efficaces de gestion des stocks,
- stocker en sites couverts (figure 1),
- récupérer les eaux de plate-forme et étanchéifier les zones de chargement,
- faire les chargements sous abri
- réinjecter les eaux de ruissellement de la plate-forme dans une unité de production de saumure
- localiser les zones de stockage hors des endroits sensibles : espaces naturels protégés ou patrimoniaux (Natura2000, ZNIEFF…), zones inondables, zones de captage d'Alimentation en Eau Potable (AEP) [6].

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Figure 1 : le stockage du sel à l'air libre est peu recommandé car il favorise la dispersion du produit et la formation de lixiviat [1] du fait des précipitations. (source – CETE NC)

Optimiser son traitement

D'un point de vue économique et environnemental, il est important d'optimiser les traitements (raclage, épandage) face aux conséquences d'un ou plusieurs phénomènes hivernaux.
Le raclage reste parfois la solution adéquate et peut suffire à traiter un phénomène contrairement à un salage systématique qui peut au contraire aggraver la situation (recongélation de l'eau mise à disposition par l'action du sel et formation d'un verglas).

Ainsi il est important :

- d'adapter le traitement au phénomène : ne pas développer un traitement unique quel que soit le phénomène (voir la fiche 07 " *stratégie d'élimination de la neige*" et la fiche 08 "*stratégie de traitement du verglas*" de la présente série),
- de ne pas saler la neige,
- de « salez moins - salez mieux » : apporter lorsque c'est nécessaire le sel en quantité suffisante, uniquement sur les zones de chaussées circulées.

Niveaux de service

- identifier les zones sensibles : caractériser et hiérarchiser la vulnérabilité des différents milieux naturels traversés par les infrastructures et proposer en conséquence des niveaux de service adaptés.

Consignes de traitement

- prendre la décision d'intervention en tenant compte des paramètres météorologiques et météo-routiers,
- favoriser les traitements pré-curatifs,
- racler la neige,
- développer l'emploi de la bouillie de sel (appelée aussi sel humidifié) généralement plus efficace à long terme.

[1] Le lixiviat est le liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau (on parle couramment de "jus de poubelle")

Epandage et raclage

- améliorer la maîtrise des matériels (performance, technicité, automatisme et réglages),
- adapter le matériel à la typologie des phénomènes (neige, verglas).

Optimiser l'assainissement

- récupérer les eaux de plate-forme routière notamment sur les ouvrages d'art et au niveau des zones de stockage,
- gérer les bassins tampon avec rejet différé afin de diluer les résidus de fondant en période de hautes eaux.

Prospectives afin de réduire les impacts

- utiliser des revêtements moins sensibles aux phénomènes hivernaux ou plus faciles à traiter,
- développer l'utilisation de fondants moins impactants pour les milieux naturels.
- modifier son organisation et ses pratiques pour le réseau secondaire afin de tendre vers des solutions moins impactantes pour l'environnement (route blanche, voir figure 2)
- promouvoir sur des sites particuliers des techniques d'aspersion automatique de saumure (pentes difficiles) permettant un dosage approprié,

*Figure 2 : la route blanche, démarche utilisée pour les routes à faible niveau de service (elle **n'est pas adaptée** pour le réseau routier national) consiste à s'abstenir de tout salage et à privilégier le raclage voire le sablage pour fixer la neige et permettre le passage d'usagers équipés et auparavant sensibilisés (source : CETE NC)*

Former le personnel aux bonnes pratiques

Il s'agit de former le personnel :

- aux bonnes pratiques de salage et de raclage,
- à la connaissance des impacts des fondants (santé, sécurité, matériel) et particulièrement à la sensibilité des milieux naturels.

Prévoir et organiser sa communication

Les modifications des pratiques liées à la nécessité de réduire l'impact environnemental des fondants doivent faire l'objet d'une explication aux usagers. Ces nouvelles pratiques comme par exemple la route blanche ont en effet des conséquences sur les conditions de conduite et de circulation.

Bibliographie

[1] L'impact des fondants routiers sur l'environnement : Etat des connaissances et piste d'actions. Note d'information Setra EEC n°94 Mars 2011

[2] Utilisation du modèle Pression-Etat-Impact et des traits bio-écologiques des communautés macrobentiques pour l'évaluation de l'impact des fondants routiers dans les Vosges. Rapport LRPC Nancy pour le compte du SETRA. ARCE J., LAUSECKER P.O., MAUDUIT C. - 2009.

[3] Norme NF P98-180. Chlorure de sodium solide utilisé comme fondant routier - Service hivernal – Spécifications. Juillet 2003.

[4] Norme XP P98-181. Matériel et produits d'entretien routier - Fondants solides ou liquides pour le service hivernal des routes et voiries d'usage spécifiques - Critères de performances. Mars 2011.

[5] Congrès AIPCR 2010, communication n°54 "Développement durable et viabilité hivernale : Le cas des marchés de sel routiers en France". SPECKLIN G., MATRAT. M. 2010

[6] Stockage de fondants routiers - Rapport n°2 : Approche environnementale , rapport LRPC Nancy pour le compte du SETRA. MAUDUIT, C., JACQUOT, E. & LIVET, J - 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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 05

Les congères

Une congère est une accumulation de neige qui se forme sous l'action combinée de trois facteurs : la neige, le vent et le relief - **Congères = Neige + Vent + Relief** [1]

Sous l'effet d'un vent fort, la neige s'accumule aux endroits où il y a perte de vitesse, provoquée par une variation du relief (monticules, bâtiments, haies, ...) [1] et [2].
Par ailleurs, l'accumulation de la neige par le vent modifie sa densité au sol ce qui entrave d'avantage la circulation et les opérations de déneigement.
Des mesures de lutte peuvent être mises en place et sont détaillées dans la fiche 06 de la présente série *: les moyens de lutte contre les congères.*

Figure 1 :

photographie d'une zone de congères (source : CETE de l'Est)

Formation des congères

Plusieurs facteurs interviennent dans la formation de congères :

- Les facteurs climatiques,
- Les facteurs topographiques,
- Les profils en travers,
- Les équipements de la route,
- Les talus de déneigement ou bourrelets (neige raclée sur la route et dégagée sur le côté).

Les facteurs climatiques

La formation de congères dépend de plusieurs facteurs climatiques : nature et intensité de la chute de neige, vitesse et direction du vent, température ambiante.
Le transport de la neige par le vent s'effectue dès que la vitesse de celui-ci est supérieure à une certaine vitesse critique de l'ordre de 10km/h mesurée à 10cm au dessus du sol.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

- Action du vent lors d'une chute de neige :

T° Air / Neige	Doux (0°C< et <+3°C)	Froid (-5°C < et <+0°C)	Très froid (<-5°C)
Sèche	Situation impossible	Congères importantes et peu tassées	Formation rapide et importante de congères(peu tassées)
Humide	Formation lente des congères (lourdes) facilement compactable et difficile à traiter	Formation rapide de congères	Situation impossible
Mouillée	Pas de formation de congères	Formation de congères très compactables si vent violent.	Situation impossible

- Action du vent lorsque la neige est au sol :

T° Air / Neige	Doux	Froid	Très froid
Sèche	Formation de congères mouillées compactées et glissantes	Formation plus rapide de congères tassées de densité moyenne	Formation très rapide de congères très tassées avec apparition de croûte en surface quand la congère est à son maximum (stabilité)
Humide	Pas de formation de congères	Neige séchée en surface et soufflée par le vent et formation de congères	
Mouillée	Pas de formation de congères		

Les facteurs topographiques

On distingue 2 types de zone :

Zone d'ablation : zone où le vent s'accélère prélevant et transportant ainsi la neige.

Zone d'accumulation : zone où le vent perd sa vitesse du fait des variations de reliefs (monticules ou dépressions) ou des obstacles (bâtiments, haies, clôtures..). Dans cette zone, la neige se dépose et forme la congère.

La présence d'obstacle

La présence d'obstacles est l'une des causes de formation des congères (figure 2). Le risque de formation de congères est d'autant plus fort que le rapport H/D est grand (H = hauteur de l'obstacle, D = distance de l'obstacle à la route).

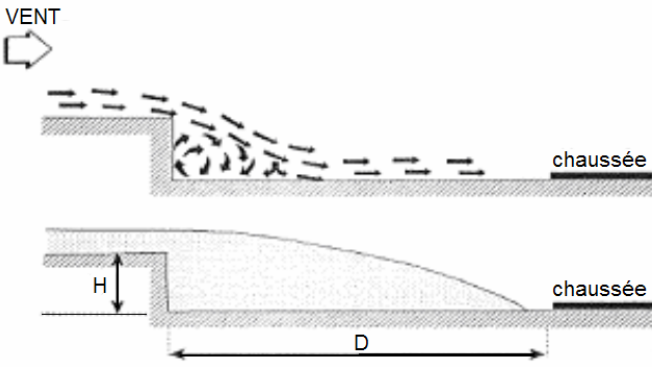

Figure 2 : Illustration de la formation d'une congère par présence d'obstacle

Les variations de reliefs

- Au niveau de la zone d'ablation (ou d'emprunt).

Suivant leur nature, les zones situées au vent des profils routiers peuvent contribuer directement à la formation de congères. Ainsi les plateaux et plaines dénudés de forêt ou de végétation arbustive constituent un réservoir de neige mobilisable. Dans ce cas, **le risque de congères est maximal.**

- Au niveau de la zone d'accumulation (ou de dépôt).

Lorsqu'une route est située dans une zone d'accumulation naturelle telle qu'une dépression ou une zone sous le vent d'une crête ou colline, **le risque de formation de congères est très important.**

Les profils en travers

- Profils en remblais.

Une route en remblai est le cas le plus favorable pour éviter la formation de congères. Toutefois elle peut nécessiter la mise en place de glissières de sécurité (béton armé, glissière métallique) qui peuvent faire obstacle au vent et favoriser le dépôt de neige sur la chaussée.

- Profils en déblais.

Une route en déblai se comporte comme un véritable piège à neige. En effet dans la cavité se forme un tourbillon avec diminution de la vitesse favorisant le dépôt de neige.

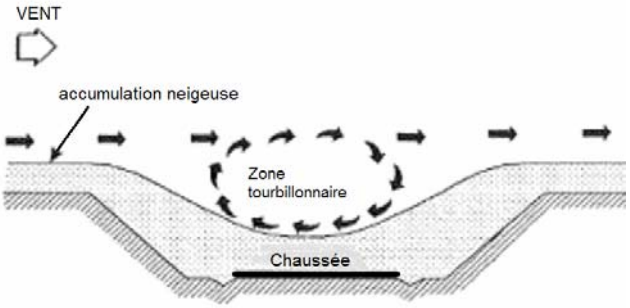

Figure 3 : phénomène d'accumulation neigeuse dans un profil en déblai

- Profils mixtes.

Le risque de formation de congères est d'autant plus fort que la pente du talus (H/D) est grande (figure 4).

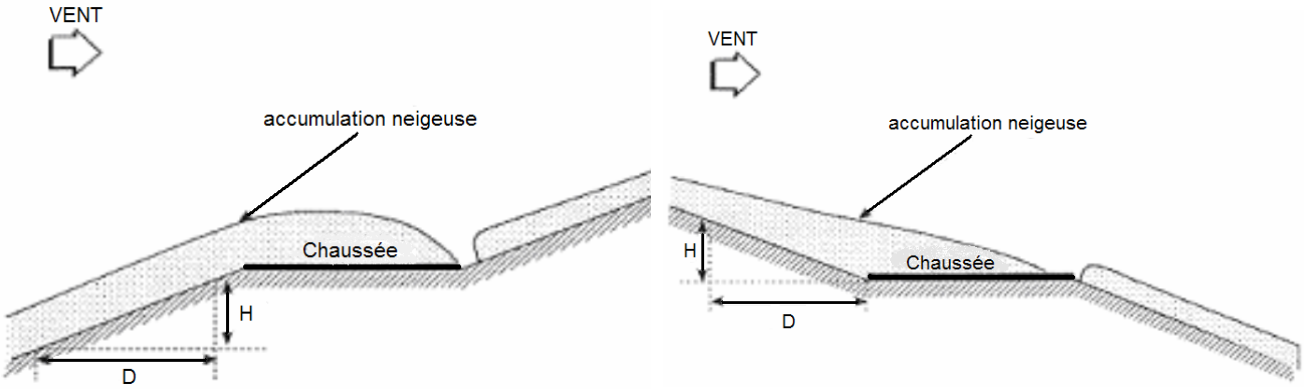

Figure 4 : phénomène d'accumulation neigeuse dans un profil mixte.
(H : hauteur d'obstacles, D: distance de l'obstacle à la route)

Les équipements de la route

La mise en place d'équipements annexes (dispositif de retenue, écrans, clôtures, poste d'appel d'urgence) peut constituer un obstacle et générer des congères sur la chaussée.

Les talus de déneigement (les bourrelets)

Le déneigement par les engins de service hivernal (ESH) crée des talus latéraux de neige en bord de route. Ces accumulations peuvent être à l'origine de la formation de congères sur un profil routier ne devant théoriquement pas en générer (figure 5).

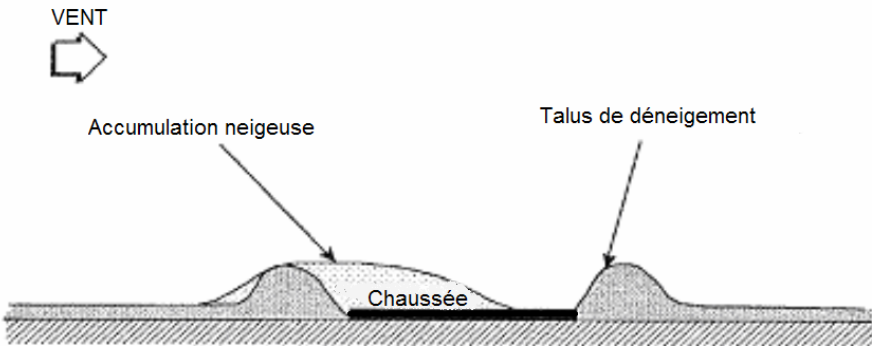

Figure 5 : accumulation neigeuse par présence d'un talus de déneigement

Lors du déneigement par les ESH, il faut veiller à ne pas créer des monticules latéraux trop importants ou à les enlever le plus rapidement possible.
Il s'agit là d'une mesure d'exploitation hivernale qui doit être anticipée car elle nécessite, outre la création d'une zone de stockage de la neige, une logistique conséquente afin de récupérer, transporter et stocker la neige et ce en toute sécurité (fonte de la neige).

Bibliographie

[1] Lutte contre les formations des congères sur les routes existantes. Le point sur l'emploi des barrières à neige. Note d'information Sétra n°26 – 1986.

[2] Moyens de lutte contre les congères. Note d'information CETE Lyon n°69 – 1999.

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 06

Les moyens de lutte contre les congères

La formation de congères sur la chaussée et ses abords peut constituer une entrave considérable à la circulation hivernale et aux opérations de déneigement. Leur traitement mobilise d'importants moyens humains et matériels et nécessite du temps.

Cette fiche présente, de manière succincte, les moyens de lutte préventif et curatif pour faire face à la formation des congères sur les routes [1]. Elle complète la fiche pratique "aide-mémoire" sur la formation des congères (fiche 05 de la présente série : *les congères*).

Mesures préventives

Recenser les zones problématiques

Si l'on veut se prémunir au mieux contre le risque de formation de congère sur un itinéraire, il est indispensable de procéder au préalable à une étude des zones à risques dans l'ensemble de sa zone d'action, afin de connaître et de recenser :

- la présence ou non de facteurs climatiques propices à la formation des congères,
- les facteurs topographiques (zones d'ablation et d'accumulation de la neige),
- la présence de profil et/ou d'infrastructures facilitant l'apparition des congères.

Provoquer l'accumulation de la neige en dehors des zones à enjeux

Les mesures de protection des routes contres les congères consistent à provoquer l'accumulation de la neige en dehors de la chaussée :

- soit en fixant la neige dans les zones d'ablation. Cette méthode consiste à empêcher le déplacement de la neige en créant le plus souvent des boisements dans la zone d'ablation. Ce procédé oblige à travailler loin de la route et pose le problème de la maîtrise du sol.
- soit en modifiant le déplacement de la neige. Il s'agit dans ce cas de modifier l'écoulement du vent à proximité de la route de manière à provoquer le dépôt de la neige en dehors de celle-ci.

On distingue 3 solutions permettant de provoquer cette accumulation de neige en dehors des zones à risques :

- Les aménagements géométriques des routes
- Les barrières à neige
- Les plantations pare-congères

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Les aménagements géométriques des routes

Les aménagements géométriques de routes existantes ou nouvelles sont destinées à limiter les formations de congère. On peut citer trois types d'aménagement :

- L'adoucissement des pentes de talus
- Le relèvement du niveau de la chaussée (figure 1)
- la création de piège à neige (figure 2)

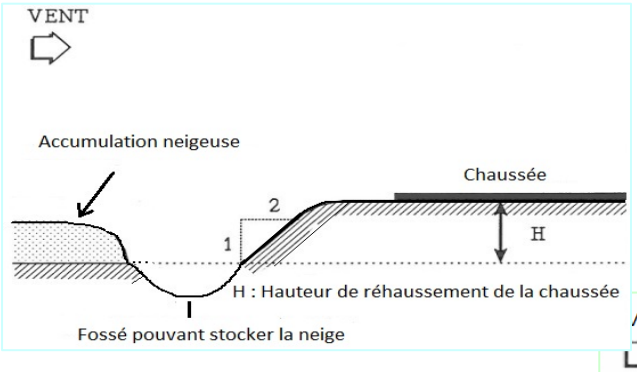

Figure 1 : principe de relèvement de la chaussée.

- Ces aménagements ont l'inconvénient d'être très coûteux

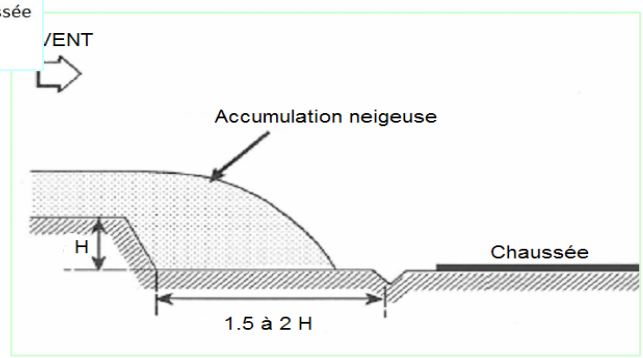

Figure 2 : création de piège à neige en terrain compact

- Ces aménagements nécessitent beaucoup de place

Les barrières à neige

Elles ont pour but de ralentir la vitesse du vent et donc de créer une accumulation neigeuse dans leur sillage (figure 3 - [2]).

On distingue 4 types :

- les barrières en lattes de châtaignier utilisées en installation fixe ou démontable,
- les barrières en filet synthétique (démontables),
- les barrières charpentées en bois utilisées en fixe et destinées aux sites fortement exposés,
- les barrières construites en dur (ex : muret).

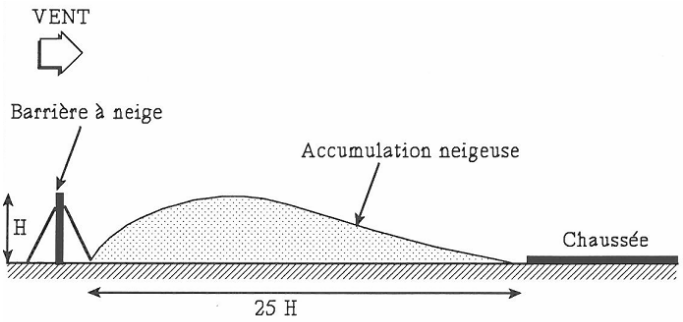

Figure 3 : protection d'une voie de communication par implantation de barrière à neige

La pose de barrières à neige est la solution la plus facile à mettre en œuvre sous réserve de pouvoir disposer des terrains jouxtant la route

Les plantations pare-congères

Il s'agit de protections végétales destinées à lutter contre le formation de congère sur la route. La longueur du peuplement doit être > 20H (H = hauteur du peuplement) et l'orientation orthogonale au vent dominant.

- Les bandes boisées

Le but des plantations en bandes boisées est d'empêcher le transport de neige sur la route en bloquant la neige au vent (figure 4). Elles sont caractérisées par des plantations denses (au moins cinq rangées d'arbres à végétation persistante plantées en quinconce et espacées de 1 à 1.5m) et doivent être placées à une vingtaine de mètre de la route pour éviter les ombres portées sur celle-ci.

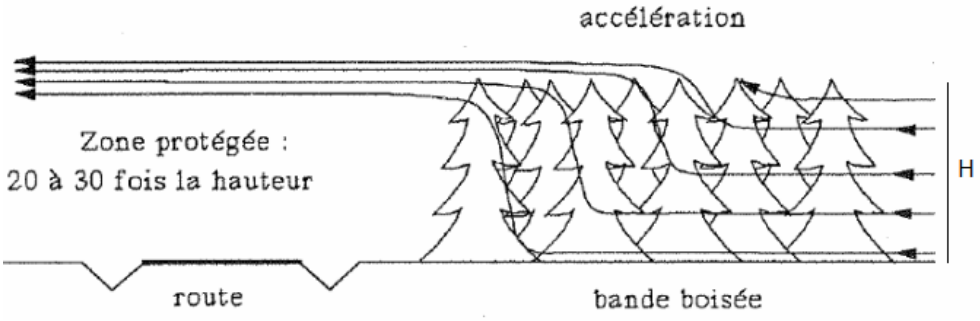

Figure 4 : trajectoire du vent dans une bande boisée

- La haie brise vent :

Le principe d'une haie brise vent est de créer une congère sous le vent afin d'empêcher que la congère ne se forme sur la chaussée. La haie brise vent a donc un fonctionnement homologue à une barrière à neige (figure 5).

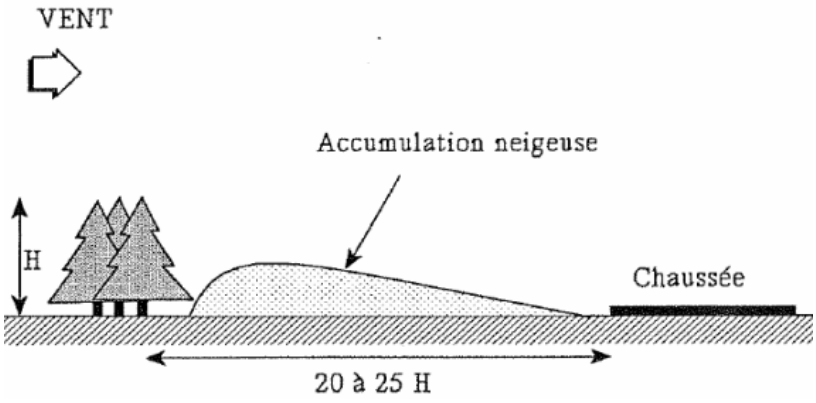

Figure 5 : principe de fonctionnement d'une haie brise vent

Tout comme la pose de barrières à neige, la haie brise vent nécessite d'avoir suffisamment de place disponible.

- Plantation en zone d'ablation :

La zone d'ablation correspond aux surfaces dénudées où le vent se charge en neige. Le but de ce boisement est de diminuer voire d'empêcher l'érosion de la neige dans cette zone. Cependant, les plantations de haies végétales présentent l'inconvénient d'engendrer d'importante contraintes foncières.

Mesure curative : enlèvement des congères

C'est une opération qui consiste à éliminer la neige accumulée sur la route par le vent en utilisant des outils d'évacuation de la neige de type étrave (figure 6), lame, évacuateur, … L'utilisation d'engins de déneigement entraîne la formation de talus latéraux créant ainsi un relief artificiel à l'origine de formation de congères.

Le choix du coté de dépôt de la neige par rapport au vent est primordial pour limiter la reconstruction rapide de la congère. Si ce choix implique un dépôt à gauche, des mesures d'exploitation du trafic peuvent s'avérer nécessaires (fermeture d'une voie).

Figure 6 : photographie d'un véhicule portant une étrave (Source : CETE Normandie-Centre)

Bibliographie

[1] Moyens de lutte contre les congères. Note d'information CETE Lyon n°69 – 1999.

[2] Lutte contre les formations des congères sur les routes existantes. Le point sur l'emploi des barrières à neige. Note d'information Sétra n°26 – 1986.

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 07

Stratégie d'élimination de la neige

Préambule

Dans la majorité des cas, le traitement consiste à enlever la neige en la raclant et/ou en la balayant et à épandre un peu de fondant routier si nécessaire pour éliminer la couche résiduelle, afin de revenir le plus rapidement possible à une condition de conduite normale.

Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de traiter à une vitesse maximum de 50km/h et de disposer d'une lame de raclage avec une lame d'usure adaptée au type de neige à enlever et au type de réseau.

Le but recherché est de désolidariser la neige du revêtement routier, de mettre la neige en mouvement vertical et horizontal, et enfin de l'évacuer en dehors de l'outil et de la zone circulée.
L'utilisation supplémentaire d'un système de balai brosse peut permettre d'obtenir un rendu ou une meilleure finition.

L'emploi de fondants après raclage permet de faire fondre le résidu de neige qui resterait dans la macro-texture du revêtement routier.

Dans certaines conditions atmosphériques et suivant les quantités, la qualité et l'épaisseur de neige, il est nécessaire d'utiliser d'autres outils plus adaptés. C'est le cas notamment lors du traitement des congères qui impose d'utiliser une étrave ou un évacuateur (Cf Fiche 06 de la présente collection : *moyens de lutte contre les congères*)

Prise en compte des niveaux de service

Le traitement de la couche de neige sur la chaussée pourra être différent en fonction du niveau de service défini par le maître d'ouvrage :

- Plus le niveau de service est élevé dû à « l'importance » de la route (ex : réseau routier national), plus le traitement s'effectuera par enlèvement de la neige avec éventuellement épandage de fondant.
- Plus le niveau de service est bas, donc d'une route de moindre importance (ex : réseau secondaire), moins l'enlèvement de la neige sera effectué. L' intervention pourra alors être réduite voire quasi nulle. Le traitement pourra s'effectuer par l'épandage d'abrasifs (gravillons, sable...) afin d'améliorer et d'augmenter l'adhérence de l'usager.

L'inconvénient ou la contrainte de l'épandage ponctuel d'abrasif est la récupération par balayage des matériaux épandus et leur mise en décharge comme déchets routiers. Elle nécessite par ailleurs une communication appropriée (information, signalisation) auprès de l'usager (par exemple si elle rentre dans le cadre d'une politique de route blanche).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Choix du matériel de raclage

Les types de neige

Du point de vue de l'exploitant routier trois types de neige sont définis en fonction de sa qualité (quantité d'eau liquide) et de son comportement sur la chaussée (voir fiche 01 de la série I : *Typologie des phénomènes hivernaux : la neige).*

- La neige sèche,
- La neige humide,
- La neige mouillée.

Types de lames d'usure et type de neige

Un cadre utilisation des lames d'usure est établi en fonction des types de neige et des caractéristiques de la route (figure 1 – [1] et [2]).

Lame d'usure	Type de neige				Caractéristique et profil de la route	
	Sèche	Humide	Mouillée	Gelée en surface ou glacée ou tassée	Autoroute et voie rapide	Route secondaire
Acier	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI
Polyuréthane (avec talon)	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON
Caoutchouc	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI
mixte	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
céramique	NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI

Figure 1 : utilisation des lames d'usure en fonction des types de neige et des caractéristiques routières

Les phénomènes neigeux et leurs traitements pré-curatifs et curatifs

On s'intéressera dans ce cas au traitement de la neige sur un réseau avec un niveau de service élevé [4] et [5].

Traitement curatif

Dans pratiquement tous les cas, le raclage de la neige est l'opération à mettre principalement en oeuvre pour traiter ce phénomène.

On ne sale pas la neige : la qualité du raclage réduira d'autant la quantité résiduelle de neige et par conséquent l'utilisation de fondant routier. Celui-ci ne sert qu'à traiter efficacement la pellicule résiduelle de neige.

Le traitement en cours d'événement s'effectue à 10g/m² maximum si l'épandage est nécessaire. Au dernier passage, le dosage peut être de 15g/m².

En situation difficile avec des températures basses (T<-5°C) ou de chutes brutales de température après l'événement neigeux, les dosages pourront être augmentés.

Type de neige en chute / *Etat de la chaussée*	Sèche (fine et froide)	Humide (boule)	Mouillée (gadoue)
Sol sec et gelé	Raclage uniquement	Raclage et bouillie	Raclage et bouillie
Sol humide	Raclage et bouillie	Raclage et bouillie	Raclage et sel sec (si chute des températures)
Sol mouillé	Raclage et sel sec	Raclage et sel sec (sablage préférable si forte chute des températures	Raclage uniquement

Figure 2 : traitement curatif de la neige en fonction de l'état de la chaussée et du type de neige en chute

Traitement pré-curatif

Le traitement en pré-curatif s'effectue à 10g/m² au maximum. Il s'agit du traitement que l'ont peut effectuer au plus près de la chute de neige dans des conditions d'exploitation qui imposent un traitement immédiat.

Il n'existe pas de traitement préventif (avant la chute) pour la neige.

Type de neige en chute / *Etat de la chaussée*	Sèche (fine et froide)	Humide (boule)	Mouillée (gadoue)
Sol sec et Ts* < 0°C	Pas d'intervention	Bouillie Attention au risque de recongélation	Bouillie Intervention uniquement si Ta* risque de diminuer fortement
Sol humide	Bouillie	Bouillie Intervention uniquement si Ta risque de diminuer fortement	Bouillie Intervention uniquement si Ta risque de diminuer fortement
Sol mouillé (Ts > 0°C)	Pas d'intervention	Sel sec Intervention uniquement si Ta risque de diminuer fortement	Pas d'intervention

Figure 3 : traitement pré-curatif de la neige en fonction de l'état de la chaussée et du type de neige en chute.
** Ts = température de surface, Ta = température de l'air*

Bibliographie

[1] Note d'info SETRA : Déneigement technique de raclage et matériels. Note d'information Sétra n° 66 - Mars 1991

[2] Viabilité hivernale - Stratégie de choix des outils de raclage et d'épandage. Sétra - Décembre 2009

[3] Viabilité hivernale – Approche globale. Guide méthodologique. Sétra 2009, 36 p. (référence : 0911).

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

[5] Circulaire de la Direction des Infrastructures de Transport du 20 octobre 2010 relative aux instructions pour la campagne hivernale 2010-2011

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR

Sétra

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

Viabilité hivernale

Mars 2013

Fiches pratiques "aide-mémoire"

Série II – fiche 08

Stratégie de traitement du verglas

Préambule

Le verglas, au sens routier, est un phénomène d'apparition souvent discontinu sur la chaussée. Il est parfois difficile à prévoir et difficilement repérable par les usagers et engendre une baisse brutale de l'adhérence de la chaussée.

Il existe deux grandes catégories de verglas qui se distinguent dans leurs apparitions et dans leurs traitements (voir fiche 02 de la série I "*typologie des phénomènes hivernaux : le verglas*") :

- Les verglas sans précipitation:
  - Verglas de congélation d'humidité pré-existante,
  - Verglas de congélation de vapeur d'eau condensée sur la chaussée froide,
  - Verglas de formation de gelée blanche.
- Les verglas avec précipitations
  - verglas consécutif à une pluie sur la chaussée à température négative,
  - verglas météorologique (pluie en surfusion),
  - verglas de précipitation de brouillard givrant.

Traitement des verglas

Ils se traitent principalement à l'aide de fondants chimiques et à 99% des cas avec du chlorure de sodium (sel) sous forme solide, ou liquide, ou les deux.

Une action pré-curative (au plus près de l'apparition du phénomène verglas sur la chaussée) peut s'effectuer au meilleur moment avec l'aide de fondants.

Dans la majorité des cas de prévision de formation de « petits verglas » de condensation (faible épaisseur), l'intervention pré-curative est amplement suffisante pour éviter son apparition. Pour cela, il faut pouvoir appréhender au mieux l'heure à laquelle le verglas va se former, ainsi que son lieu d' apparition. Afin d'être le plus efficace possible, il faut donc pouvoir disposer de matériels automatiques de relevés de mesures (stations météo-routières), de relevés visuels et mobiles (patrouilleurs) ainsi que d'une organisation spécifique aux différents recueils des relevés.

Dans le cas de la formation de « gros verglas » (forte épaisseur) et de façon généralisée sur une grande zone du territoire l'intervention pré-curative ne suffit pas à éviter l'apparition du phénomène et faire fondre celui ci. Il est alors nécessaire de recourir au traitement curatif (raclage à la lame acier, salage approprié – [1], [2] et [3])

Bien que non efficace immédiatement, cette intervention pré-curative contribue néanmoins à la fonte de la glace lorsque les conditions routières et atmosphériques sont plus adaptées.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Traitement pré-curatif au chlorure de sodium

Le traitement pré-curatif du verglas dépend d'une part de l'état de la chaussée sur laquelle est appliqué le traitement (figure 1) et aussi du type de verglas traité. Des dosages optimaux sont préconisés afin de traiter au mieux chaque type de verglas.

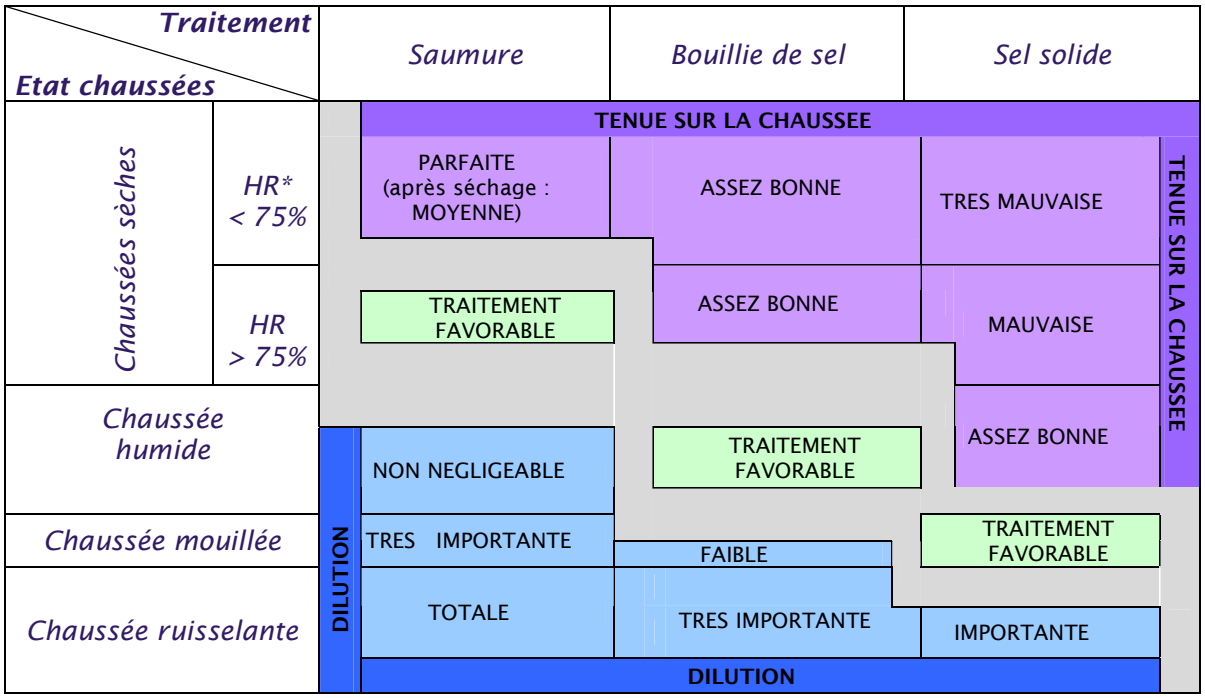

Figure 1 : traitement pré-curatif au chlorure de sodium en fonction de l'état de la chaussée et dosage type selon les types de verglas.
** HR = Humidité Relative*

Etat de chaussée		Ruisselant	Mouillé			Humide			Sec		
Température de surface prévisible			<-8°C	-4°C à -8°C	0°C à -3°C	<-8°C	-4°C à -8°C	0°C à -3°C	<-8°C	-4°C à -8°C	0°C à -3°C
Type de verglas prévu	Congélation d'eau résiduelle	Pas de salage		15g/m (sel sec)	10g/m (sel sec)		15g/m + 15%	10g/m + 15%			
	Gelée blanche			15g/m (sel sec)	10g/m (sel sec)		15g/m + 15%	10g/m + 15%	Pas de salage	15g/m + 30%	10g/m + 30%
	Congélation de vapeur d'eau condensée			15g/m (sel sec)	10g/m (sel sec)		15g/m + 15%	10g/m + 15%	Pas de salage	15g/m + 30%	10g/m + 30%
	Pluie sur chaussée à température négative								Pas de salage	15g/m + 30%	10g/m + 30%
	Pluie en surfusion					Pas de salage	15g/m + 15%	10g/m + 15%	Pas de salage	15g/m + 30%	10g/m + 30%
	Précipitation brouillard givrant				10g/m (sel sec)		15g/m + 15%	10g/m + 15%	Pas de salage	15g/m + 30%	10g/m + 30%

Traitement curatif au chlorure de sodium

Un traitement curatif complémentaire est très souvent nécessaire. Il est parfois utile d'effectuer plusieurs passages d'épandage de fondants et de combiner ce traitement avec l'utilisation de lame de déneigement de type lame d'usure en fer afin de casser la glace.

Il est cependant nécessaire de choisir le type de traitement (saumure, bouillie, sec) en fonction du type de verglas traité (figure 3).
En effet, un choix déterminant permet de palier les apports d'eau qui peuvent soit rendre le traitement inefficace soit provoquer une recongélation.
La prise en compte de la température de surface (Ts) est également importante pour le choix du traitement et le dosage appliqué.

Traitements / Types de verglas		Saumure	Bouillie de sel	Sel en grains
Sans précipitation	Congélation d'eau résiduelle	Efficace immédiatement Risque de recongélation si température froide	Efficace presque immédiatement	Efficace avec retard important
	Congélation de vapeur d'eau condensée sur chaussée froide	Efficace immédiatement Risque de dilution si le dépôt se poursuit	Efficace Bonne résistance à la dilution	Efficace en début de phénomène Efficace avec retard si verglas formé
	Gelée blanche	Efficace immédiatement	Efficace immédiatement	Efficace avec retard
Avec précipitation	Pluie sur chaussée à température négative	Inefficace car dilution très rapide	Efficace Bonne résistance à la dilution	Efficace en début de phénomène Efficace avec retard si verglas formé
	Pluie en surfusion	Efficace en traitement d'attaque uniquement	Efficace Bon complément au traitement d'attaque	Inefficace en raison du temps trop long de dilution
	Précipitation brouillard givrant	Efficace immédiatement Risque de dilution si le dépôt se poursuit	Efficace presque immédiatement	Efficace avec retard

Figure 3 : efficacité des traitements appliqués par aux différents types de verglas.

Utilisation des fondants routiers

Les normes NFP 98-180 et XP P98-181 définissent les caractéristiques et les spécifications des fondants routiers utilisés pour intervenir sur les différents verglas.

La bouillie de sel (voir fiche 05 de la série I : *la bouillie de sel*) est préconisée pour combattre les verglas tant de façon pré-curative que curative, car elle possède une meilleure tenue sur la chaussée dans le temps pré-curatif et offre une meilleure efficacité de fonte dans le curatif.

La saumure de chlorure de sodium est souvent amplement suffisante pour traiter l'apparition d'une gelée blanche , mais il faut bien évidemment disposer d'une saumureuse.

Le sel en grain a besoin de se transformer en saumure pour pouvoir être efficace et combattre l'apparition ou la formation du verglas. Un délai de transformation lui est donc nécessaire. Pendant ce temps les grains de sel sont en grande partie projetés sur les accotements de la route par les pneumatiques des véhicules.

Bibliographie

[1] Viabilité hivernale - Stratégie de choix des outils de raclage et d'épandage. Sétra - Décembre 2009

[2] Viabilité hivernale – Approche globale. Guide méthodologique. Sétra 2009, 36 p. (référence : 0911).

[3] Journées d'informations de Grenoble (utilisation optimale des fondants chimiques en viabilité hivernale) - Avril 1980 .

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

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 : 1309w - ISRN : EQ-SETRA--13-ED06-FR