Les références

RECOURS AUX ABRASIFS EN VIABILITÉ HIVERNALE

Critères de choix et usages

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema éditions

RECOURS AUX ABRASIFS EN VIABILITÉ HIVERNALE

Critères de choix et usages

Collection « Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire…), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Comment citer cet ouvrage :
Cerema. *Recours aux abrasifs en viabilité hivernale. Critères de choix et usages.*
Bron : Cerema, 2024.
Collection : Les références.
ISBN : 978-2-37180-675-7 (papier)
ISBN : 978-2-37180-674-0 (pdf)

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema, a été piloté par Rémi Reiff (Cerema).

Ont participé à la rédaction de ce guide :
Ludovic Burghgraeve, Arnaud Escal, Stéphanie Gaudé, Didier Giloppé, Laurent Michel, Rémi Reiff, Damien Vaillant (Cerema).

Ont également contribué :
Les équipes techniques du Département du Puy-de-Dôme

Ont assuré la relecture :
Cyril Dupont, Heidi Kauffmann, Corinne Mafra, Flora Philippe, Patrick Vaillant (Cerema), Fabrice Bouscatier (Département du Cantal), Henri Hermet (Département de la Lozère), Fabienne De Palma (Département de l'Isère).

CRÉDITS PHOTOS

Cerema, sauf mention contraire

Sommaire

CHAPITRE 1
Introduction 5

CHAPITRE 2
Stratégies d'utilisation des abrasifs et contraintes 9

2.1 - Aspects techniques 10
2.2 - Aspects environnementaux 14
2.3 - Aspects économiques 15
2.4 - Efficacité globale 15
2.5 - Zoom sur les stations de sports d'hiver 17

CHAPITRE 3
Utilisation opérationnelle 19

3.1 - Caractéristiques définissant les abrasifs 20
3.2 - Stockage 20
3.3 - Équipements et matériels 23
3.4 - Mise en œuvre 23

CHAPITRE 4
Caractéristiques des matériaux 27

4.1 - Caractéristiques physiques et mécaniques 28
4.2 - Critères spécifiques aux matériaux alternatifs 31

CHAPITRE 5
Considérations juridiques et pratiques 35

5.1 - Aspects juridiques 36
5.2 - Autres pratiques 37

CHAPITRE 6
Conclusion 39

CHAPITRE 1

Introduction

1. INTRODUCTION

Les abrasifs sont utilisés depuis longtemps et assez fréquemment pour le service hivernal des routes, toutefois les matériaux et les pratiques sont très divers et les règles de l'art ne sont pas établies au niveau français. Il n'existe pas de corpus réglementaire encadrant leurs utilisations et leurs spécifications.

Opter pour l'utilisation d'abrasifs dans les traitements des phénomènes météorologiques glissants sur chaussée nécessite de prendre en considération de nombreux aspects : trafic, limites d'efficacité des autres matériaux, notamment les fondants routiers, spécificité de certaines zones (courbe, forte pente) ou sensibilité des milieux vis-à-vis des fondants routiers. Or il n'existe pas, à ce jour, de grilles de lecture et d'éléments comparatifs permettant à un gestionnaire de se déterminer.

De surcroît, les préoccupations environnementales actuelles visent à préserver les ressources naturelles et encouragent à s'inscrire dans les démarches d'économie circulaire. C'est pourquoi les gestionnaires sont parfois incités à réutiliser les abrasifs précédemment épandus ou des matériaux alternatifs (déchets transformés). Or, la réutilisation de ce type de matériaux est encadrée mais n'a pas encore été déclinée de façon spécifique à cette application.

Le présent guide est le fruit de consultations avec les gestionnaires, de retours d'expérience et d'analyses des pratiques internationales. Il s'appuie également sur des essais réalisés avec les abrasifs les plus couramment employés ainsi que sur la démarche d'évaluation du guide méthodologique Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Évaluation environnementale [1].

Illustration 1 : (à gauche) Le sablage, une opération longtemps pratiquée qui demeure sur de nombreux réseaux (à droite) : Un épandage de pouzzolane

L'ambition de ce guide est de proposer des critères de choix pour décider d'utiliser ou non des abrasifs en abordant les aspects liés à la sécurité, l'environnement, le coût et la réglementation inhérente à l'exploitation de la route.

Il précise les fondamentaux relatifs à cette technique et intègre des pratiques moins connues ou potentielles au travers de recommandations suivant le type de réseau.

Un encadrement des caractéristiques physiques et mécaniques sur la base d'essais des abrasifs les plus couramment employés est proposé, ouvrant ainsi la porte au développement de nouveaux matériaux. Ce volet est complété par des recommandations liées à l'évaluation environnementale réglementaire et nécessaires pour toute valorisation de matériaux alternatifs.

Ce guide se veut opérationnel. Il s'adresse à :

- des gestionnaires qui souhaitent envisager des alternatives au sel et optimiser leurs pratiques ;
- des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre qui souhaitent utiliser des abrasifs et intègrent des modalités adaptées dans leur projet et appel d'offres ;
- des entreprises de fabrication qui souhaitent proposer leurs produits dans le respect des dispositions du présent guide.

Une fiche pratique intitulée Les abrasifs en viabilité hivernale (août 2020) reprend synthétiquement les éléments du présent guide [2].

Ce guide est révisable à tout moment dès lors que l'évolution des techniques, le retour d'expérience et les données disponibles le justifient ainsi qu'en cas de nouvelles exigences induites par l'évolution du cadre juridique et réglementaire.

LES DÉFINITIONS À CONNAÎTRE

- **Sablage** : terme commun désignant une opération d'épandage d'abrasifs.
- **Abrasif** : un abrasif est un matériau de service hivernal ne disposant pas de pouvoir fondant. Il est destiné à s'enchâsser à la surface d'une couche lisse de neige ou de verglas pour recréer une certaine texture superficielle favorisant l'adhérence [3].

Illustration 2 : Le principe d'utilisation d'un abrasif est d'interposer un matériau « frottant » entre le contaminant et les pneumatiques des véhicules ou les chaussures des piétons.

Un matériau abrasif ne fait donc pas fondre une couche de neige ou de verglas et il n'est efficace que s'il est solidaire de la couche de contaminant et suffisamment bien fixé pour ne pas être évacué par le trafic.

De par sa forme et sa nature minéralogique, il doit disposer d'une microtexture et d'une macrotexture favorisant la tenue dans le contaminant et la mobilisation de la « visco-élasticité » des pneumatiques.

- **Abrasif d'origine naturelle** : abrasif issu de roches (pouzzolane, graviers et sables calcaires, sédimentaires, etc.) ou autres (maërl, copeaux de bois, etc.) et sans additif.

  « Naturel » ne veut pas nécessairement dire sans impact sur l'environnement puisque la préservation des ressources environnementales (gisement) ainsi que la sensibilité des milieux récepteurs (apports organiques non souhaitables, présence naturelle de métaux lourds, particules fines, etc.) sont à prendre en considération.

- **Abrasif alternatif** : est dit « alternatif » tout matériau élaboré à partir d'un déchet et destiné à être utilisé, seul ou en mélange avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, comme abrasif.

  Un abrasif alternatif est donc un constituant, éventuellement unique, d'un produit abrasif. Il peut par exemple s'agir d'une grave recyclée, d'un granulat recyclé, de déchets du BTP ou autres coproduits issus de l'activité industrielle.

  Les abrasifs déjà épandus et récoltés par balayage entrent également dans cette catégorie.

CHAPITRE 2

Stratégies d'utilisation des abrasifs et contraintes

2. STRATÉGIES D'UTILISATION DES ABRASIFS ET CONTRAINTES

Avant de décider du matériau à utiliser, l'option d'offrir une route blanche (raclage et sans épandage) peut être envisagée.

S'il est fait le choix d'un traitement en plus du raclage des voies, la décision d'emploi d'un abrasif plutôt qu'un fondant routier résulte d'une réflexion globale au regard des aspects techniques, économiques et environnementaux :

- **aspect technique** : le matériau et la technique utilisés répondent-ils bien aux enjeux de sécurité routière, aux préoccupations de la maîtrise d'ouvrage et des usagers ?
- **aspect environnemental** : la solution répond-elle aux enjeux environnementaux locaux ?
- **aspect économique** : la dépense publique engagée est-elle justifiée vis-à-vis du résultat escompté ?

2.1 - ASPECTS TECHNIQUES

2.1.1 - ABRASIFS ET NIVEAU DE SERVICE

En France, les niveaux de service sont généralement définis à partir d'une condition de conduite de référence, d'une condition minimale et d'une durée de retour à cette condition de référence [4] [5]. **Si les fondants routiers permettent de répondre à ces objectifs globaux [6] sur des réseaux à enjeux, les abrasifs utilisés seuls ne peuvent, du fait de leurs caractéristiques intrinsèques, que répondre à l'obtention et au maintien pour une certaine durée d'une condition de type C3 « difficile »**.

Illustration 3 : Exemple d'évolution de la condition de conduite hivernale avec traitement à l'abrasif

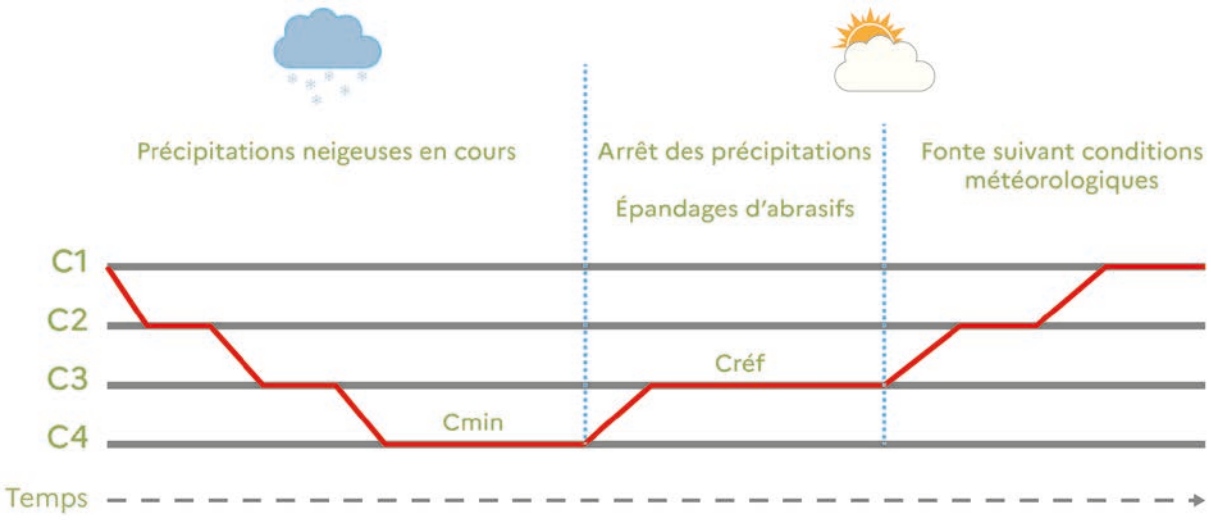


Illustration 4 : Exemple d'une condition C3 neige sur route traitée à l'abrasif

Une des façons de moduler la qualité de l'adhérence est de jouer sur la quantité de matériau répandue.

L'idée générale est qu'un épandage tienne le plus longtemps possible sur une couche de contaminant (chaussée verglacée ou enneigée), ce qui implique :

- une durée de vie assez longue de la couche de contaminant ;
- le maintien sur cette couche des abrasifs épandus.

Un des inconvénients de l'utilisation des abrasifs est donc la persistance de ceux-ci sur les chaussées après disparition des phénomènes glissants qu'ils sont censés atténuer. De la même façon que les rejets d'un enduit superficiel, le matériau résiduel peut générer projection et glissance. C'est vrai sur les chaussées circulées mais également sur les zones à surfaces relativement lisses telles que les trottoirs asphaltés qui ont été traités à l'abrasif.

Illustration 5 : Résidus d'abrasifs sur chaussée après fonte de neige et verglas

2.1.2 - ABRASIFS ET PHÉNOMÈNES MÉTÉO-ROUTIERS

Comme expliqué ci-dessus, les abrasifs ont pour objectif de redonner un niveau d'adhérence acceptable à une chaussée contaminée par un phénomène météo-routier hivernal. Ils sont donc utilisés uniquement en stratégie curative.

- **Les verglas** : il s'agit de traiter un verglas constaté pour lequel on prévoit une épaisseur relativement importante ou une atteinte des limites d'action des fondants routiers. Dans tous les cas, c'est l'analyse des prévisions météorologiques qui permettra d'évaluer les évolutions possibles.
  Les verglas constituent un contaminant relativement dur dans lequel les abrasifs s'enchâssent difficilement. Ces derniers peuvent donc être rapidement évacués par le trafic.
- **Les neiges** : les propriétés physiques de celles-ci permettent un meilleur enchâssement des matériaux sur la surface, ce qui crée l'adhérence nécessaire tout en permettant le passage des véhicules sans évacuation des abrasifs sur les accotements.
  Tout comme pour le verglas, la prise en compte des prévisions météorologiques est indispensable.
  Le principe de lutte contre la neige reste le raclage, l'épandage d'abrasif ne se faisant qu'à la fin de la chute après le dernier raclage sur une épaisseur de neige résiduelle tassée.

2.1.3 - RECOMMANDATIONS SUIVANT LE TYPE DE RÉSEAU

Un abrasif peut être utilisé sur l'ensemble d'un itinéraire ou épandu à des endroits ponctuels.

Tableau 1 : Recommandations pour l'utilisation d'abrasifs suivant le type de réseau

Type de réseau		Recommandations de traitement à l'abrasif sur neige et verglas
Interurbain	Route à trafic élevé	Technique non recommandée du fait du trafic et du haut niveau de service exigé.
	Route interurbaine à faible trafic	Peu approprié du fait du linéaire important à traiter, peut s'envisager dans des endroits spécifiques (courbes, rampes).
	Route de montagne	Approprié sur faible niveau de service et à des endroits spécifiques (versant à l'ombre, courbes, rampes, aires de chaînage).
	Carrefour en interurbain sur réseau à faible trafic	Seulement aux endroits où l'approche se fait à faible vitesse. Fréquence du traitement en fonction du trafic.
	Aire de repos/ services	Approprié sous réserve de mettre une signalisation adéquate et aux endroits où l'approche se fait à faible vitesse.
Urbain [7]	Voie urbaine à faible vitesse	Uniquement à certains endroits et lorsque la présence de neige compactée ou de verglas persiste.
	Carrefour en milieu urbain	Si la section courante n'est pas traitée au fondant. Aux abords du carrefour et lorsque la présence de neige compactée ou de verglas persiste. Fréquence du traitement fonction du trafic.
	Voies dédiées transport en commun	Peu approprié, peut s'envisager dans des endroits spécifiques comme les arrêts de bus.
	Piste cyclable	Peu approprié et de plus en plus remplacé par l'utilisation de fondants avec équipement spécifique de petit gabarit permettant d'atteindre un meilleur niveau de service. Nécessite un dosage important et une vigilance particulière sur le balayage car la présence d'abrasif peut générer, après fonte de la neige ou du verglas, de la glissance ou au moins de l'inconfort, notamment dans les zones de rencontres (multiples usagers).
	Trottoirs, cheminement piéton	Approprié. Nécessite un dosage important et une vigilance particulière sur le balayage car la présence d'abrasif peut générer, après fonte de la neige ou du verglas, de la glissance ou au moins de l'inconfort, notamment dans les zones de rencontres (multiples usagers). Leur utilisation à proximité des entrées des bâtiments peut entraîner des gènes au niveau des bas de portes.
Sites particuliers	Sites particuliers (ex : stations de sports d'hiver)	L'utilisation des abrasifs est un choix délibéré pour limiter l'utilisation des fondants et communiquer sur cette pratique. Des réflexions pratiques et esthétiques entrent également en considération.
Urgence	Zone de stockage des PL en cas de crise (plans zonaux)	Prévoir la possibilité de sablage pour les déblocages éventuels de PL.
	Déblocage de poids lourd ou VL	Il s'agit de façon ponctuelle de permettre le redémarrage d'un véhicule en mettant de l'abrasif sous les roues.

2.2 - ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Il faut garder à l'esprit que toutes les activités de viabilité hivernale ont un impact environnemental.

Même s'ils apparaissent inertes, les abrasifs ont un impact en termes de :

- bilan énergétique : production, transport, épandage, balayage ;
- dispersion dans le milieu ;
- captation de polluants routiers ;
- émission de particules fines.

Il est donc nécessaire d'avoir une approche globale et de comparer les différentes solutions possibles.

2.2.1 - BILAN ÉNERGÉTIQUE

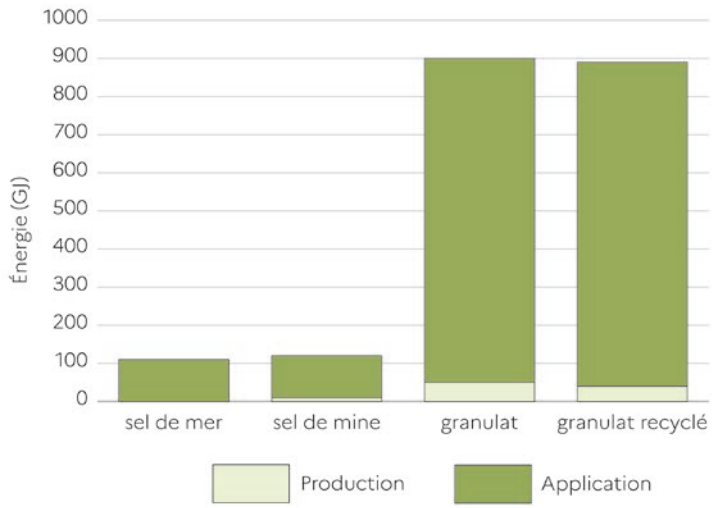
Le rapport en termes de dosage entre un épandage de fondant et un épandage d'abrasif est de 4 à 20. En abrasifs pour des épandeuses de même capacité, cela implique des circuits d'épandage plus courts, de plus nombreuses manipulations de matériaux, des allers-retours plus fréquents et au final des consommations de carburant plus importantes.

Tableau 2 : Exemple comparatif de traitements à l'abrasif et au sel en grain (hypothèse : largeur de route de 6,5 m, épandeuse de 6 m³)

	Chlorure de sodium (masse volumique apparente 1,4 t/m³)	Abrasif de type gravillon (masse volumique apparente 1,8 t/m³)	Abrasif de type pouzzolane (masse volumique apparente 0,9 t/m³)
Dosages standard (g/m²)	20	80	100
Longueur de circuit traité	64,60 km	20,75 km	8,30 km

La consommation en énergie fossile liée à la production de matériaux de viabilité hivernale et d'épandage de ces derniers est résumée au travers du graphique suivant [8] [9] (hors transport) : ce graphique indique que les consommations d'énergie liées à l'épandage sont environ huit fois supérieures pour les abrasifs que pour le sel. Ces données sont à relativiser en fonction du type d'extraction (mine à ciel ouvert, souterraine), du type d'abrasif (roche massive, roche alluvionnaire, pouzzolane…) et du lieu de production conduisant à une consommation d'énergie fossile supplémentaire (transport).

Illustration 6 : Énergie nécessaire pour traiter 1000 km de route (largeur de 4 m soit 4 km²) en fonction de la technique (dosage 15g/m² en sel - 120 g/m² abrasifs)



Après fonte du contaminant, les abrasifs épandus s'accumulent sur les rives. Le balayage constitue alors un coût environnemental supplémentaire (paragraphe 3.4.4 Balayage et recyclage).

Les matériaux récupérés peuvent être analysés pour savoir s'ils sont réutilisables au sens de matériaux alternatifs pour à nouveau être utilisés en viabilité hivernale (chapitre 4).

2.2.2 - CAPTATION DE POLLUANTS ET DISPERSION DANS LES MILIEUX

Les vecteurs de dispersion dans le milieu sont étroitement liés à leur forme solide.

Les abrasifs sont facilement éjectés ou amenés par ruissellement à proximité immédiate de la chaussée.

Les principaux impacts sont liés à leur capacité à capter des polluants générés par la route et son trafic. Ils accumulent des pollutions et facilitent leur dispersion dans l'environnement [12].

On peut également souligner la possible augmentation des matières en suspension dans les eaux superficielles, l'accumulation des matériaux et notamment le comblement des frayères à poissons.

En comparaison avec le chlorure de sodium, ce dernier peut se retrouver sur des distances importantes par rapport à la chaussée. Il affecte l'ensemble des compartiments environnementaux du fait de migrations ioniques dans les sols et les nappes [19].

2.2.3 - ENJEUX LIÉS À L'ÉMISSION DE PARTICULES FINES

Les abrasifs comme le chlorure de sodium génèrent, sous l'effet du trafic, des poussières ou particules fines (PM10) pouvant être préjudiciables à la santé [10] [11]. La production de particules fines sera bien sûr dépendante de la dureté du matériau et de sa résistance à l'abrasion.

La question se pose de façon plus cruciale en milieu urbain du fait d'un plus fort trafic et d'une densité de population plus importante. La poussière fine générée a un impact sur la qualité de l'air.

2.3 - ASPECTS ÉCONOMIQUES

Les coûts du sel et des abrasifs peuvent varier suivant la demande et les stocks. Jusqu'à présent, les abrasifs étaient moins chers que le sel (2 à 3 fois moins chers, hors transport), avec une différence de prix qui tend à se réduire ces dernières années. Dans tous les cas il est nécessaire d'avoir une approche de coût global qui peut se révéler plus important si l'on inclut :

- les dosages plus conséquents en abrasifs, ce qui implique davantage de mouvements de matériels et donc des coûts supplémentaires ;
- le coût lié au balayage et recyclage/traitement.

À linéaire équivalent, l'abrasif coûte donc plus cher que le sel à l'application. Cette différence de coût peut être compensée par une fréquence de passage réduite sur la durée avec l'utilisation d'abrasif. Cette approche doit prendre en compte les types de phénomènes météo-routiers traités.

2.4 - EFFICACITÉ GLOBALE

L'efficacité globale se veut être la résultante d'enjeux techniques, environnementaux et économiques.

L'utilisation des abrasifs est adaptée à :

- des routes de faible niveau de service et/ou trafic ;
- un enneigement, un phénomène de verglas de longue durée ;
- des routes de montagne où le sel atteint ses limites d'action ;
- un environnement vulnérable et sensible au sel NaCl.

Dans le cas où une ou plusieurs conditions énoncées ci-dessus sont vérifiées, l'utilisation d'abrasifs peut constituer de surcroît un gain économique.

Tableau 3 : Tableau récapitulatif avec comparaison sel (NaCl) et abrasifs

		Sel (NaCl)	Abrasifs	Observations
Aspect technique	Niveau de service offert à l'usager	Bon	Moyen	Maintien de la couche de neige ou verglas sur la chaussée
	Acceptabilité des usagers	Bonne	Moyenne	Le sel est perçu comme un polluant, l'utilisation d'abrasifs est perçue comme une dégradation du niveau de service.
	Verglas	Efficace	Peu efficace	Les abrasifs ne s'enchâssent pas sur les surfaces glacées
	Neige	Efficace	Efficace	Les abrasifs sont efficaces pour des niveaux de service réduits
Aspect environnemental	Energie nécessaire à la production	Moyenne	Importante	À nuancer selon l'origine des matériaux utilisés
	Energie nécessaire au transport	Selon la proximité des sites de production et les modes de transport		
	Energie nécessaire à l'application	Moyenne	Importante	Dosages d'abrasifs plus importants.
	Impacts sur les eaux	Forts	Potentiels	Selon la vulnérabilité du milieu. Nécessité de quantifier l'impact de la dispersion des polluants captés par les abrasifs.
	Impacts sur les sols	Moyens	Faibles	À condition de ne pas modifier la structure des sols.
	Impacts sur l'air	Faibles	Potentiels	Suivant l'émission de poussière en zone urbaine.
	Impacts sur la faune	Selon la sensibilité des espèces	Faibles	À déterminer si accumulation en cours d'eau.
	Impacts sur la flore	Selon la sensibilité des espèces	Faibles	Lié aux impacts sur les sols.
	Possibilité de réutilisation	Nulle	Partielle	Après vérification de la conformité et adaptations techniques.
Aspect économique	Prix	€€	€	À nuancer suivant l'évolution des prix des ressources.
	Coût du transport	Selon la proximité des sites de production et les modes de transport		
	Application	Suivant le dosage et la fréquence de passage		

2.5 - ZOOM SUR LES STATIONS DE SPORTS D'HIVER

Les stations de sport d'hiver cherchent à diversifier leurs activités. Elles doivent prendre en compte le réchauffement climatique, présenter de l'intérêt en toute saison et s'inscrivent de plus en plus dans des démarches de préservation de l'environnement.

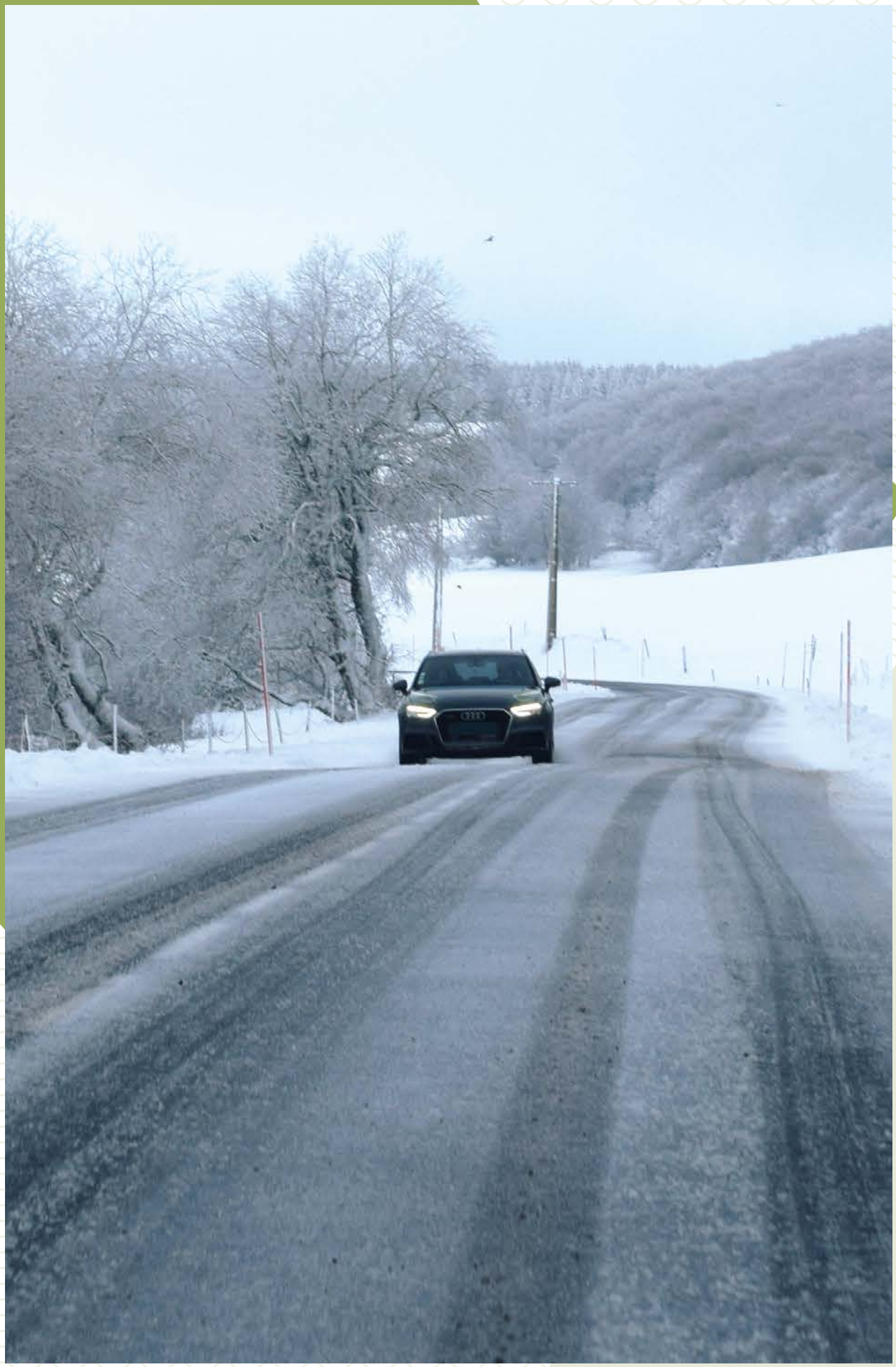
Historiquement, dans les années 1960-1970, des stations de ski sans voitures ont été créées, l'objectif étant de profiter pleinement de la montagne sans nuisances. L'idée de préserver et de maintenir un environnement où la neige serait présente jusque sur les chaussées et les trottoirs (« stations blanches ») intéresse de plus en plus de sites.

L'accès aux stations nécessite généralement des équipements spécifiques, ce qui fait que les gestionnaires de ces stations peuvent repenser leur stratégie de viabilité hivernale :

- uniquement racler la neige et/ou la balayer, l'évacuer et la stocker (et potentiellement pouvoir l'utiliser pour les pistes et limiter l'utilisation des canons) ;
- uniquement racler la neige et épandre des abrasifs en certains points singuliers ou plus largement ;
- faire des traitements différenciés en n'épandant des fondants qu'en certains points singuliers (fortes rampes, par exemple) ;
- pour les trottoirs, différencier les interventions en fonction de leur exposition, de leur pente, du trafic piéton.

Des labels existent pour les stations qui ont des démarches plus respectueuses de l'environnement mais n'intègrent pas ces considérations.

L'utilisation de matériaux alternatifs peut s'envisager dans la mesure où les considérations du chapitre 4 sont respectées.



CHAPITRE 3

Utilisation opérationnelle

3. UTILISATION OPÉRATIONNELLE

3.1 - CARACTÉRISTIQUES DÉFINISSANT LES ABRASIFS

Les abrasifs doivent répondre à certains critères, notamment :

- être relativement durs afin d'éviter l'écrasement par le trafic (résistance à la fragmentation) ;
- être relativement résistants à l'usure afin de ne pas produire trop de particules fines ;
- avoir une forme qui permette « l'enchâssement » dans la neige ou le verglas (coefficient d'aplatissement et angularité) ;
- ne pas être préjudiciables à l'environnement.

Les matériaux utilisés sont généralement de granulométrie entre dimension minimum d ≥ 1 mm et dimension maximum D <15 mm.

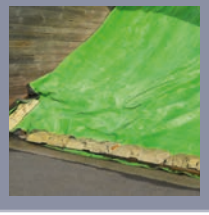
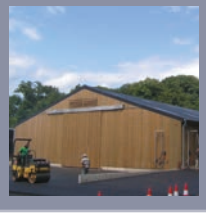
Les caractéristiques détaillées sont présentées au chapitre 4.

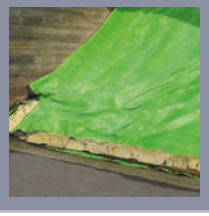
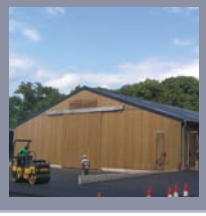
3.2 - STOCKAGE

Les contraintes de stockage des abrasifs sont moindres que celles du sel en grain. Cependant, un risque de gel d'une partie du stock existe par augmentation de la teneur en eau couplée à une température fortement négative.

Les abrasifs balayés (issus d'épandages précédents) ne doivent pas être mélangés avec le stock existant jusqu'à la vérification environnementale de la conformité pour une réutilisation (chapitre 4). Ils sont ensuite stockés selon les mêmes modalités que pour l'ensemble des abrasifs.

Tableau 4 : Modalités de stockage

Typologie	Plein air	Protection par bâche	Sacs	Bacs	Big-bags	Hangar	Abris couverts	Silos à déchargement gravitaire
Photos éventuelles								
Stockabilité	Toutes capacités fonction de l'emplacement disponible	Toutes capacités fonction de l'emplacement disponible	Petite capacité de stockage (10 à 25 kg) Livraison par palette de 1 tonne	Petite capacité de stockage de 100 kg à 1 tonnes	Capacité de stockage moyenne (500 kg à 1500 kg)	Moyenne à grande capacité de stockage	Toutes capacités fonction de l'emplacement disponible	Petite à moyenne capacité de stockage (25 à 500 m3)
	Extension possible	Extension possible	Fonction de la capacité du lieu d'entreposage des sacs.	Extension impossible ou démultiplication des bacs	Fonction de la capacité du lieu d'entreposage des big-bags.	Extension difficile	Extension possible	Extension impossible
Prix investissement	0 à +	+	0	+	0	+++	++	+++ + prix produit majoré du coût lié à la livraison pulsée
Prix maintenance	Sans objet	Équivalent au coût de l'investissement. Remplacement quasi-annuel	Sans objet	Très faible - remplacement du bac	Sans objet	Faible	Faible	Faible
Usage et manipulation	Nécessite des matériels de chargement. Nécessite de dégager la neige pour l'utiliser.	Nécessite des matériels de chargement - Chargement délicat lors d'épisode neigeux (au préalable, dégager la neige de la bâche).	Dédié plutôt aux épandages manuels ou au chargement des petites épandeuses. Facilité de déplacement du stock.	Usage urbain généralement, mise à disposition des riverains. Chargement régulier des bacs en cours d'hiver.	Nécessite des matériels de chargement. Facilité de déplacement du stock.	Nécessite des matériels de chargement.	Nécessite des matériels de chargement	Pas de nécessité de matériel de chargement. Nécessité de prévoir un stockage annexe pour le dépotage éventuel.

Typologie	Plein air	Protection par bâche	Sacs	Bacs	Big-bags	Hangar	Abris couverts	Silos à déchargement gravitaire
Photos éventuelles								
Conservation	Le gel du stock par pénétration d'eau et température négative est possible.	Peut éviter le gel du stock par pénétration d'eau.	Pas de gel du stock.	Pas de gel du stock si couvert.	Le gel du stock par pénétration d'eau et température négative est possible si entreposé en extérieur.	Réduit la possibilité de vol. Pas de gel du stock en l'absence de pénétration d'eau.	Pas de gel du stock en l'absence de pénétration d'eau.	Réduit la possibilité de vol. Pas de gel du stock en l'absence de pénétration d'eau.
Entretien / maintenance	Inspection régulière de la plate-forme	Inspection régulière du bon état général de la bâche	Vérification de l'état des sacs	Inspection régulière	Vérification de l'état des big-bags	Inspection annuelle de l'ensemble de la structure	Inspection annuelle de l'ensemble de la structure	Inspection annuelle de l'ensemble de la structure
Contraintes / Pathologies	Sans objet	Dégradation courante de la bâche (durée de vie constatée : environ 1 an) Nécessite la mise en place de consignes précises sur le repositionnement de la bâche à chaque utilisation.	Sacs percés et/ou éventrés	Dégradation liée aux chocs	Big-Bag percés et/ou éventrés	Dégradation des ouvertures par chocs, des murs par pression, …	Dégradations par choc maçonnerie et couverture	Dégradation de la structure porteuse par chocs et corrosion

3.3 - ÉQUIPEMENTS ET MATÉRIELS

La norme NF EN 15597-1 [20] **stipule que les épandeuses de produits solides répondant à ses spécifications sont à même d'épandre du sel et/ou des abrasifs**. Le même matériel peut donc être utilisé en salage et en épandage d'abrasifs. Il existe aussi des épandeuses à double trémie et double système d'extraction qui permettent d'épandre une combinaison de sel et d'abrasif. Les boîtiers de commandes électroniques possèdent des menus différents permettant l'épandage des différents types de matériaux en fonction de leur densité et des dosages qui leur sont propres.

L'emploi de matériaux abrasifs avec des saleuses conventionnelles nécessite une bonne surveillance de celles-ci. Certains composants, comme les ailettes des disques ou encore la vis de distribution, vont s'user plus rapidement.

Il est possible d'utiliser des machines affectées à l'épandage d'abrasifs qui peuvent être :

- renforcées avec le montage d'une vis en tungstène et la mise en place de grilles fines ;
- machines à tapis réhabilitées ; les tapis en caoutchouc souffrent moins de l'usure que les vis métalliques.

Quelle que soit la technique utilisée (salage, épandage d'abrasifs, épandage de mélange abrasifs et fondants), un réglage préalable est nécessaire pour garantir un bon dosage. Un contrôle est à réaliser régulièrement et à chaque changement de technique ou de granulométrie.

Une attention particulière devra être apportée, au moment de l'acquisition d'un matériel destiné à l'épandage d'abrasifs, au fait que les dosages (ci-dessous) sont deux à cinq fois supérieurs à ceux du sel. Leur autonomie sera donc réduite d'autant.

Illustration 7 : Saleuse conventionnelle en épandage de pouzzolane lors d'essais de contrôle du dosage

3.4 - MISE EN ŒUVRE

3.4.1 - PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES

Les précautions de manipulation et de manutention sont celles propres au matériau utilisé.

Lors de l'épandage, les risques majeurs sont les dommages par projection :

- stopper l'épandage au croisement de véhicules ;
- réduire la largeur d'épandage et la vitesse en milieu urbain ou à proximité de véhicules en stationnement.

Les dégâts par projection sont plus importants avec des abrasifs de forte granulométrie.

3.4.2 - PÉRIODICITÉ DES TRAITEMENTS

L'épandage est réalisé uniquement en curatif, une fois que le verglas est constaté ou que la chute de neige s'est arrêtée.

Épandre de l'abrasif en cours de chute de neige n'est pas recommandé du fait de son recouvrement immédiat et du raclage en cours.

Illustration 8 : Principe de traitement à l'abrasif dans le temps

Ce sont l'évolution météorologique (la fonte partielle ou totale du phénomène traité) et l'impact du trafic (enfouissement ou évacuation de l'abrasif) qui conditionnent la fréquence des traitements.

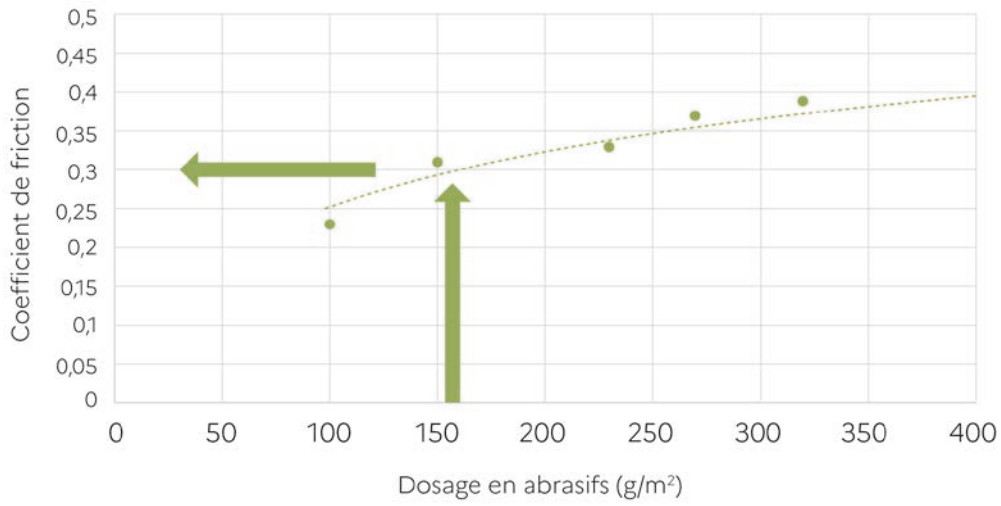
La décision d'un nouvel épandage nécessite donc un patrouillage pour évaluer les quantités et la tenue des abrasifs. Dans certains cas, l'expérience terrain permet d'établir une fréquence de traitement avec périodicité définie à intégrer dans les documents opérationnels (passage systématique tous les 1, 2 ou 3 jours).

Le chapitre suivant (3.4.3) propose une méthode d'estimation visuelle de dosage d'abrasifs.

3.4.3 - DOSAGES

Le gain d'adhérence est proportionnel à la quantité d'abrasifs épandue mais jusqu'à un certain point. Les pays nordiques ou encore le Japon estiment qu'un niveau d'adhérence de 0,3 est suffisant et correspond à des dosages de l'ordre de 150 g/m² (Illustration 8) [13].

Illustration 9 : Niveau d'adhérence (coefficient de friction) en fonction du dosage en abrasifs [13]



Préconisations de dosages :

Les dosages préconisés dans le tableau ci-dessous sont issus d'une bibliographie internationale et des pratiques françaises recensées.

Tableau 5 : Dosages suivant les phénomènes à traiter sur chaussée

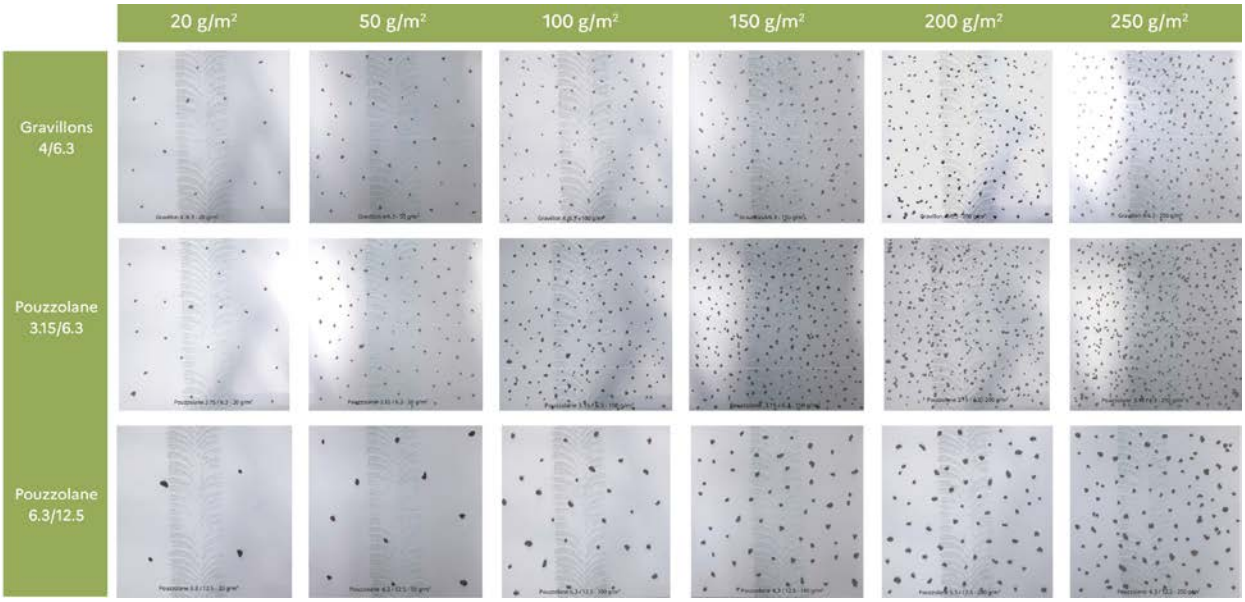
Verglas	Neige verglacée ou glace	Neige
20 à 50 g/m² d'abrasifs fins à moyen	50 à 100 g/m² d'abrasifs fins à moyens	50 à 200 g/m² d'abrasifs moyens à gros

Détail des granulométries :

- abrasifs fins à moyen d ≥ 1 mm et D <6,3 mm ;
- abrasifs moyens à gros d ≥ 1 mm et D <15 mm.

L'étalon visuel ci-dessous permet de réaliser un contrôle visuel du dosage présent sur le contaminant.

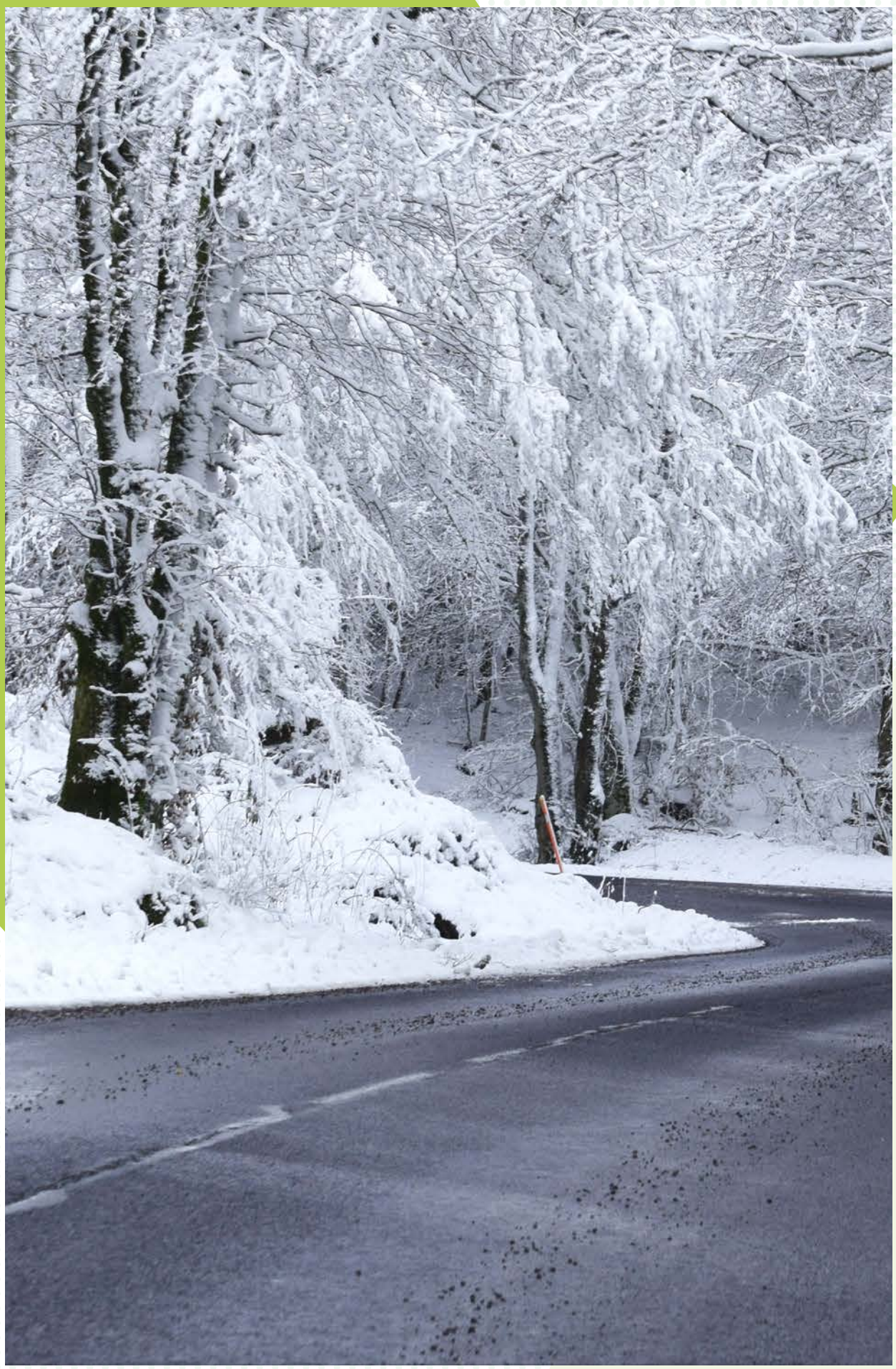
Illustration 10 : Étalon visuel du dosage suivant la granulométrie des matériaux utilisés



3.4.4 - BALAYAGE ET RECYCLAGE

Une fois la neige et/ou le verglas fondu(e)s, une certaine quantité d'abrasifs se retrouve sur la chaussée et les accotements engendrant un risque pour les usagers : dégâts sur les véhicules par projection, perte d'adhérence (chapitre 5). En milieu urbain cette accumulation est d'autant plus problématique vis-à-vis du colmatage des bouches et réseaux d'assainissement.

Des opérations de balayage sont donc nécessaires avec les contraintes que cela impose (coûts, chantier mobile et vitesse lente des balayeuses). Les abrasifs ainsi collectés peuvent être réutilisés en fonction de leurs caractéristiques et après évaluation environnementale (chapitre 4).



CHAPITRE 4

Caractéristiques des matériaux

4. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX

Les abrasifs doivent respecter certaines caractéristiques physiques et mécaniques. Les valeurs retenues dans ce chapitre sont des recommandations, il n'existe aucun corpus normatif et réglementaire sur le sujet.

Pour les abrasifs alternatifs, l'évaluation environnementale relève de la réglementation (code de l'environnement) et est nécessaire pour toute valorisation de déchet.

Si l'utilisation d'abrasifs est destinée à la préservation d'un milieu particulier, il convient alors de vérifier des paramètres chimiques en lien avec ce milieu (ex. : teneur en sulfates sur des zones bétonnées, teneur en chlorures sur les milieux naturels sensibles, etc.) et physiques (ex. : proportion de fines).

Les caractéristiques des matériaux utilisés diffèrent également selon l'usage :

- **voirie routière et piste cyclable** : en raison de la typologie du trafic, les abrasifs doivent permettre de redonner de l'adhérence à la chaussée et présenter certaines caractéristiques (forme, dureté, résistance à l'usure, résistance mécanique). De par leur usage, une caractérisation environnementale en complément est nécessaire pour les matériaux alternatifs ;
- **voirie piétonnière** : les caractéristiques physiques et mécaniques ne sont pas nécessairement à vérifier avant utilisation ; celles-ci ont une faible plus-value dans l'apport d'adhérence pour un trafic piétonnier. La caractérisation environnementale reste cependant nécessaire.

Tableau 6 : Caractéristiques à rechercher en fonction de l'usage et du type d'abrasif utilisé

Usages	Caractéristiques recherchées	Caractéristiques physiques et mécaniques	Évaluation environnementale nécessaire
Voirie routière/pistes cyclables	Abrasif naturel	X	
	Abrasif alternatif	X	X
Voirie piétonnière	Abrasif naturel		
	Abrasif alternatif		X

4.1 - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES MATÉRIAUX ABRASIFS POUR LA VOIRIE ROUTIÈRE

La fourniture d'une fiche technique produit (FTP) conforme à la norme NF EN 18-545 [29] permettra d'évaluer les caractéristiques des abrasifs proposés. Les paragraphes suivants fixent des valeurs conseillées pour les principales caractéristiques géométriques et physiques.

4.1.1 - GRANULARITÉ

Une proportion trop élevée de fines est susceptible d'entraîner une baisse du niveau d'adhérence de la chaussée, de même que des grains plus gros augmentent le risque de dommage par projection sur les véhicules.

Concernant leur usage, les abrasifs dits fins sont conseillés sur les phénomènes verglaçants tandis que les plus gros sont préférables pour les phénomènes neigeux, la couche de neige étant plus tendre et favorisant l'enfoncement de ces derniers.

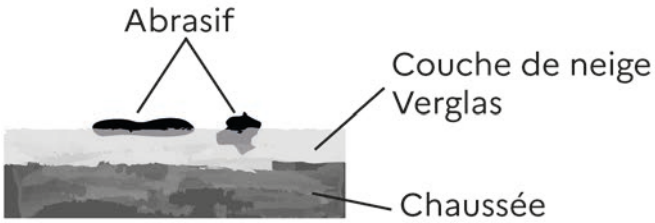
→ Valeurs conseillées [21] :

- des abrasifs fins à moyen d ≥ 1 mm et D <6,3 mm ;
- des abrasifs moyens à gros d ≥ 1 mm et D <15 mm avec une proportion de fines (≤ 0,063 mm) inférieure à 5 %.

4.1.2 - FORME DES ABRASIFS

Plus les abrasifs sont plats, moins leur enchâssement dans la couche de neige sera profond. De plus la partie émergée plate risque de favoriser la glissance.

Illustration 11 : Forme des abrasifs



Le coefficient d'aplatissement global *Fl* permet de déterminer la proportion de granulats plats ou allongés [22]. La fonction même des abrasifs nécessite un faible coefficient d'aplatissement;

→ Valeur conseillée : Fl ≤ 35.

4.1.3 - ANGULARITÉ

Des arêtes anguleuses permettent un meilleur enchâssement dans la chaussée enneigée/verglacée. Ces arêtes ne doivent cependant pas être tranchantes pour éviter d'endommager les pneumatiques et il convient également d'éviter la présence d'éléments roulés susceptibles d'être évacués par le trafic.

Cette forme leur confère également une certaine maniabilité car les granulats anguleux ont un coefficient d'écoulement plus élevé que les matériaux arrondis.

Cette caractéristique est estimée au travers du coefficient d'écoulement, exprimé en secondes, E_{CS} pour les sables et E_{CG} pour les granulats [23].

Cet essai est réalisé uniquement sur les matériaux alluvionnaires ou alternatifs. Les matériaux naturels issus de roche massive ne sont pas concernés par cet essai.

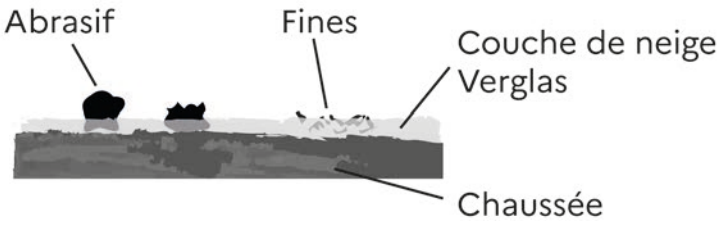
→ Valeurs conseillées : E_{CS}> 30 s et E_{CG}> 95 s, soit une angularité Ang 3.

4.1.4 - RÉSISTANCE MÉCANIQUE

Résistance à la fragmentation

Les abrasifs affleurants dans la couche de neige/verglas sont soumis à des chocs lors du passage des pneumatiques. Sous ces chocs répétés, le granulat peut se fragmenter. Cette fragmentation est d'autant plus importante en cas de chaînes à neige ou de pneus équipés de crampons métalliques. Elle se produit d'autant plus facilement que le granulat est moins fixé dans la couche de neige/verglas.

Illustration 12 : Fragmentation des abrasifs en surface



La résistance des granulats à la fragmentation sous l'effet du trafic routier est mesurée par l'essai Los Angeles qui consiste à déterminer le pourcentage de fines produites par les chocs de boulets normalisés sur un échantillon de matériaux [24].

→ Valeur conseillée : coefficient Los Angeles ≤ 50.

Résistance à l'usure

La diminution de l'angularité et l'arrachement de très petites particules à la surface sous l'effet des pneumatiques correspondent à l'usure des abrasifs. Si ce phénomène est lent et susceptible d'être peu rencontré sur des périodes d'enneigement de courtes durées, l'émoussage des arêtes est néanmoins susceptible d'apparaître sur des matériaux tendres et altérables. Cet effet est combiné à l'action de l'eau, lors des phases de gel-dégel, qui pénètre dans les plans de discontinuités, zones de faiblesse des granulats, le tout affaiblissant la résistance à l'attrition.

La résistance à l'usure entre les pneumatiques et les abrasifs est donc estimée par l'essai Micro-Deval (MDE) [25]. Son principe est de déterminer le pourcentage de fines créées lors de cycles de rotation du matériau en présence de billes d'acier et d'eau.

→ Valeur conseillée : coefficient MDE ≤ 50.

Tableau 7 : Tableau récapitulatif

Caractéristiques	Valeurs conseillées	Normes
Fourniture d'une FTP conforme à l'Annexe À de la norme NF P 18-545		
Granularité	→ Abrasifs fins à moyen d ≥ 1 mm et D <6.3 mm → Abrasifs moyens à gros d ≥ 1 mm et D <15 mm Avec une proportion de fines (≤ 0,063 mm) inférieure à 5 %.	NF EN 933-1
Coefficient d'aplatissement FI	FI ≤ 35	NF EN 933-3
Coefficients d'écoulement	E_{CS}> 30 s E_{CG}> 95 s	NF EN 933-6 (ne concerne pas les matériaux naturels issus de roche massive)
Coefficient Los Angeles	LOS ≤ 50	NF EN 1097-2
Coefficient MDE	≤ 50	EN 1097-1

4.2 - CRITÈRES SPÉCIFIQUES AUX MATÉRIAUX ALTERNATIFS ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Les matériaux alternatifs susceptibles d'être utilisés comme abrasifs ne doivent pas avoir été élaborés à partir de déchets dangereux[1] ou contenant une substance radioactive[2].

4.2.1 - LIMITATIONS D'USAGE

L'objectif de l'évaluation environnementale est de démontrer que les émissions de matériaux alternatifs sont compatibles avec le respect des objectifs de qualité des eaux selon les usages auxquels ils sont destinés. Les abrasifs alternatifs relèvent d'un usage de type 3 (usage routier d'ouvrage non revêtu, non recouvert) auquel sont associées des valeurs seuils à respecter [1].

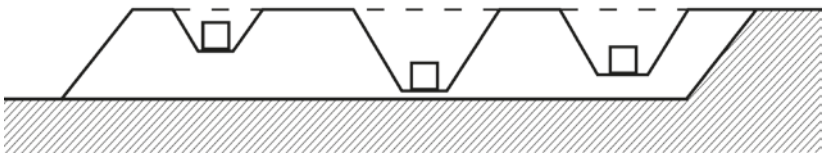
4.2.2 - MÉTHODE À SUIVRE

4.2.2.1 - Échantillonnage – Prélèvement sur stock

Pour minimiser l'effet de la ségrégation du stock, des prélèvements de taille sensiblement égale doivent être effectués en différents points à différentes hauteurs ou profondeurs sur l'ensemble du stock.

L'emplacement et le nombre de prélèvements doivent tenir compte de la manière dont le stock est construit, de sa forme et de la possibilité de ségrégation interne. Le prélèvement doit être fait à l'aide d'une pelle à main, d'une pelle mécanique ou d'une benne au point le plus profond de chaque trou réalisé par un engin.

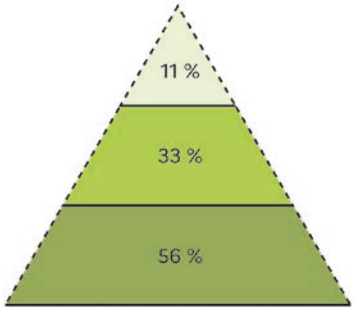
Illustration 13 : Échantillonnage sur stocks plats



Sur un stock en forme de toit dont la base est plus longue dans un sens que dans l'autre et où il n'est pas observé de figure régulière de ségrégation, les quantités prélevées correspondent à ce qu'indique l'illustration ci-dessous. Il convient de prélever dans le stock 5 fois plus d'échantillons sur le tiers inférieur et 3 fois plus d'échantillons sur le tiers médian que sur le tiers du haut, soit dans ce cas au moins 18 prélèvements (10 en partie basse, 6 au centre, 2 en partie haute) de 2,5 kg environ.

Ces prélèvements mélangés constituent l'échantillon global (45 kg) qui va être réduit pour transmission au laboratoire.

Illustration 14 : Échantillonnage sur stocks en forme de toit



1 Est considéré comme dangereux tout déchet présentant au moins une des propriétés de danger définies à l'annexe III de la directive 2008/98/CE relative aux déchets et abrogeant certaines directives. La liste des déchets, établie par la décision 2000/532/CE modifiée, identifie les déchets dangereux à l'aide d'un astérisque. La communication 2018/C124/01 relative aux recommandations techniques concernant la classification des déchets fournit des précisions et des orientations concernant l'interprétation et l'application correctes de la législation européenne en matière de classification des déchets, c'est-à-dire sur la mise en évidence des propriétés dangereuses, l'évaluation de la dangerosité d'un déchet et, enfin, la classification de ce déchet comme déchet dangereux ou non dangereux.

2 Au sens de la directive 2013/59/Euratom, est une substance radioactive toute substance qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

Dans le cas de stocks importants, une chargeuse est utilisée pour découvrir une surface d'échantillonnage à l'intérieur du stock. Un certain nombre de godets (pas moins de 3) est prélevé sur cette surface pour être mélangé et former un tas en vue de l'échantillonnage.

Une pelle est utilisée pour prélever un certain nombre d'échantillons en des emplacements choisis au hasard dans le tas.

4.2.2.2 - Réduction de l'échantillon global – Constitution de l'échantillon pour laboratoire

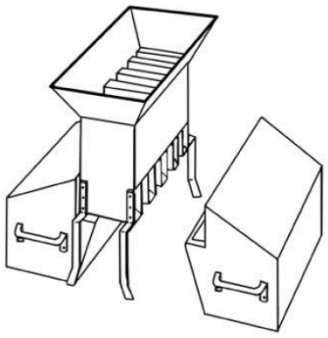
L'échantillon global (> 45 kg) issu des prélèvements unitaires doit être réduit pour transmission au laboratoire afin de fournir à ce dernier la quantité adaptée à la réalisation des essais voulus (détermination de la famille d'appartenance des matériaux produits et réalisation des essais environnementaux), quantité qui est généralement définie dans la norme d'essai correspondante, par exemple :

- essai de lixiviation – NF EN 12457-2 [26] ou NF EN 12457-4 [27] : minimum 2 kg ;
- analyse des composés organiques : minimum 0,5 kg.

Après homogénéisation à la pelle de l'échantillon global, plusieurs méthodes de réduction de l'échantillon global sont possibles :

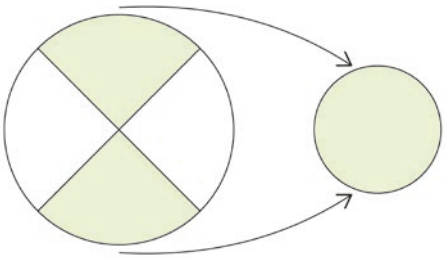
- la plus utilisée et la plus fiable en laboratoire est l'emploi d'un diviseur à couloir : l'échantillon global est inséré en haut du diviseur et séparé en deux fractions égales en passant dans les couloirs ;
  L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un échantillon de quantité adaptée selon les essais à réaliser (cf. ci-dessus) pour envoi au laboratoire pratiquant les essais environnementaux.

Illustration 15 : Diviseur à couloir



- par quartage, généralement sur site à proximité du stock échantillonné : faire un tas avec les échantillons (le tas est mélangé au moins 3 fois), couper en 4 quarts, regrouper 2 quarts opposés et recommencer jusqu'à obtention d'un échantillon de quantité adaptée selon les essais à réaliser (cf. ci-dessus) pour envoi au laboratoire pratiquant les essais environnementaux.

Illustration 16 : Quartage



Placer l'échantillon final dans le flaconnage fourni par le laboratoire en charge des analyses et dans les conditions prescrites par ce laboratoire.

4.2.2.3 - Valeurs limites à respecter

4.2.2.3.1 Cas général

Les seuils à respecter pour un usage en abrasif sont :

Tableau 8 : Valeurs limites en lixiviation permettant de justifier l'utilisation comme abrasif [1]

Paramètres	Quantité relarguée cumulée à L/S = 10l/kg (essai de lixiviation NF EN 12 457-2 [26] ou NF EN 12 457-4 [27])
	Valeurs limites à respecter (mg/kg de matière sèche à L/S=10 l/kg)
As	0,60
Ba	25,00
Cd	0,05
Cr total	0,60
Cu	3,00
Hg	0,01
Mo	0,60
Ni	0,50
Pb	0,60
Sb	0,08
Se	0,10
Zn	5,00
Fluorures	30,00
Chlorures *	5 000
Sulfates *	5 000
Fraction soluble *	10 000
* Pour être jugé conforme, il convient de respecter soit les valeurs associées aux chlorures et sulfates, soit la conformité à la valeur associée à la fraction soluble	

Tableau 9 : Valeurs limites à ne pas dépasser en contenu total pour utilisation comme abrasif [1]

Paramètres	Ensembles des valeurs à respecter (mg / kg matière sèche)
COT (*), (**), (***) (Carbone Organique Total)	30 000
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)	6
Benzène	2.5
PCB	1
Hydrocarbures totaux (HcT C10 à C40)	500
HAP	50
Dioxines et furanes (****)	10 ng I-TEQ$_{QMS2005}$ / kg matière sèche

(*) Si la teneur en COT est déterminée selon la norme NF EN 15936, il est possible de retrancher à la valeur obtenue la teneur en carbone élémentaire mesurée selon la norme DIN 19539.

(**) Si la teneur en COT, éventuellement corrigée selon (*), est supérieure à 30000 mg/kg MS mais inférieure à 60000 mg/kg MS, l'échantillon peut être déclaré conforme au regard de ce paramètre si la valeur limite de 500 mg/kg MS est respectée sur éluat (NF EN 12457-2 ou 4).

(***) Les valeurs limites associées au carbone organique total (COT), aux hydrocarbures totaux (HC) et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) peuvent être adaptés pour tenir compte de composés organiques dont la présence ne peut être évitée du fait de la technique constructive retenue (liants hydrocarbonés par exemple), sous réserve de justifier l'absence d'impact environnemental et sanitaire lié à la présence de ces composés aux teneurs observées.

(****) Uniquement pour les matériaux alternatif et routier élaborés, en tout ou partie, à partir de déchets issus d'un traitement thermique

4.2.2.3.2 Guides d'application pour les matériaux les plus fréquemment utilisés

Pour les matériaux les plus fréquemment utilisés en technique routière, il existe des guides d'application qui simplifient la démarche d'évaluation environnementale. Les essais chimiques et les seuils retenus dans ces guides remplacent ceux du guide « père » de 2011 [1]. Les prescriptions et exigences environnementales des guides d'application mentionnés ci-dessous sont donc suffisantes.

Parmi les matériaux utilisables, les guides déjà parus concernent :

- les laitiers sidérurgiques [14] ;
- les matériaux de déconstruction issus du BTP [15] ;
- les sables de fonderie [16] ;
- les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé [17].

Remarque : de par leurs caractéristiques chimiques, les **mâchefers d'incinération** de déchets non dangereux sont **exclus** pour une utilisation en abrasif.

CHAPITRE 5

Considérations juridiques et pratiques

5. CONSIDÉRATIONS JURIDIQUES ET PRATIQUES

5.1 - ASPECTS JURIDIQUES

5.1.1 - DÉFAUT D'ENTRETIEN NORMAL

En matière juridique, l'épandage et la présence d'abrasif peuvent générer deux types de problèmes :

- des dégâts sur les véhicules par projection lors de l'épandage ou après que le contaminant ait disparu ;
- une perte d'adhérence des pneumatiques sur des abrasifs résiduels après disparition du phénomène verglaçant ou neigeux.

Un défaut d'entretien normal (DEN) pourrait être avancé dans de telles situations.

Responsabilités en cas de poursuites pour « défaut d'entretien normal » (DEN) :

Hors agglomération, le gestionnaire de voirie est responsable de l'entretien des voies de son domaine. Exemples : l'État pour les routes nationales, le département pour les routes départementales, la métropole pour les voies métropolitaines, la commune pour les voies communales.

Qu'est-ce que le « défaut d'entretien normal » DEN ?

Selon la jurisprudence administrative, c'est le fait, pour le gestionnaire, de ne pas avoir, compte tenu des moyens dont il disposait, supprimé ou signalé un danger, excédant ceux auxquels les usagers doivent s'attendre à rencontrer et contre lesquels il leur appartient de se prémunir par des précautions adéquates.

L'usager victime d'un accident doit alors apporter la preuve de la réalité de son préjudice et de l'existence d'un lien de causalité entre l'ouvrage et le dommage.

Il s'agit d'une responsabilité pour faute présumée avec renversement de la charge de la preuve au gestionnaire qui doit prouver qu'il a normalement entretenu son ouvrage.

(Guide Cerema : Analyse de la jurisprudence, accidents en présence de verglas ou de neige, 2016)

En agglomération, le maire exerce les pouvoirs de police sur les voies à l'intérieur de l'agglomération (hors routes à grande circulation fixées par décret en Conseil d'État). Ce qui lui confère le soin de pourvoir au déneigement et balayage de ces voies afin d'assurer « la sûreté et la commodité de passage dans les rues, quais, places et les voies publiques, ce qui comprend le nettoiement […] » (article L. 2012-2 du Code général des collectivités territoriales).

Recommandations :

L'abrasif peut donc être considéré comme « déchet » à nettoyer lorsqu'il est présent sur la chaussée en l'absence de neige ou verglas. En cas de superposition des pouvoirs de police, des conventions peuvent être établies pour clarifier les rôles de chacun.

Il conviendra alors au minimum de signaler par l'implantation d'une signalisation adéquate (panneau AK4, AK14, AK22 éventuellement complétée par un panonceau KM9[3]) la présence de matériaux résiduels afin que l'usager puisse adapter sa conduite, associée à une réduction de vitesse (panneau B14), avant élimination totale des matériaux sur la voirie.

3 *Instruction interministérielle sur la signalisation routière (IISR), livre I, 8e partie.*

5.1.2 - RÉGLEMENTATION SUR L'USAGE DES MATÉRIAUX

Il n'existe pas de législation spécifique propre aux produits utilisés en viabilité hivernale autre que le droit général applicable. Il convient alors de respecter les réglementations propres aux matériaux ciblés en se référant à leur autorisation d'extraction et d'usages.

5.2 - AUTRES PRATIQUES

Certaines approches ont été développées en France et à l'étranger, comme les mélanges fondants et abrasifs, le mouillage à la saumure ou le chauffage des abrasifs. Ces pratiques, décrites succinctement ci-dessous, cherchent à améliorer certaines caractéristiques des abrasifs comme leur ancrage dans le contaminant, garantissant une meilleure tenue dans le temps, ou encore leur conservation en stock.

5.2.1 - MÉLANGE SEL EN GRAIN/ABRASIFS

Certains exploitants utilisent ces mélanges nécessitant des manipulations relativement importantes. Le mixage des produits est réalisé la plupart du temps dans la trémie ou sur le stock d'abrasifs avec des proportions sel/abrasifs allant de 25/75 à 33/66 ou 50/50.

Objectifs :

- favoriser l'incrustation du matériau dans la couche de neige ou glace ;
- assurer du grip en attendant la fonte ;
- permettre un meilleur brassage de la neige avec le trafic et donc accélérer la fonte.

La pertinence de ce traitement est contestable :

- les quantités d'abrasifs à répandre pour obtenir un minimum d'adhérence se chiffrent en centaines de grammes par mètre carré (à comparer à 10 à 30 g de NaCl). Par exemple, dans le cas où il s'agit de 50 % de sable et 50 % de fondant routier, un doute important peut-être émis quant à la pertinence d'un tel traitement. En épandant 100 g/m² à 1/3 : 70 g/m² d'abrasifs et 30 g/m² de sel. La quantité d'abrasif semble peu importante pour un gain d'adhérence et celle du sel est surdosée, une grande partie est inutile. Ce point est également soumis à l'hétérogénéité du mélange ;
- le mélange pour assurer du grip en attendant la fonte n'est généralement pas pris en compte dans la formalisation des niveaux de service ;
- le sel en grain ne favorise pas l'incrustation de l'abrasif et peut créer une fonte trop importante faisant perdre les propriétés abrasives en surface de contaminant.

Des épandeuses à double trémie existent pour faciliter la justesse des mélanges lorsque ceux-ci sont souhaités.

5.2.2 - MOUILLAGE DES ABRASIFS AVEC DES SAUMURES

Plusieurs études [18] ont montré l'intérêt d'un mouillage de l'abrasif avec de la saumure soit au niveau du stock soit au niveau de l'épandeuse. L'abrasif ainsi humidifié s'ancrerait très rapidement à la surface à traiter et de manière plus durable.

Objectifs :

- économiques et écologiques :
  - amélioration de la rétention des matériaux ;
  - meilleure performance des traitements.
- éviter le gel du stock si mouillage du stock ;
- conservation des matériaux d'origine organique.

5.2.3 - ABRASIFS CHAUDS ET MIX ABRASIFS/EAU CHAUDE

Certains pays nordiques ont développé des techniques différentes de l'épandage traditionnel avec l'utilisation de matériel spécifique :

- la première approche est de chauffer l'abrasif soit au niveau du stock soit dans la trémie, afin d'épandre un matériau qui va créer une fusion partielle de la glace ou de la neige au niveau du granulat et ancrer celui-ci sur le phénomène hivernal lorsqu'il y aura regel ;
- la seconde approche est d'humidifier avec de l'eau chaude l'abrasif au moment de son épandage. Cette pellicule d'eau va rapidement geler au contact du phénomène présent sur la route et ancrer le matériau abrasif. Elle présente également l'avantage d'éviter le rebond des abrasifs.

De la même manière que le mouillage avec des saumures, ces techniques donnent satisfaction car elles permettent une tenue prolongée des abrasifs sur le contaminant.

Le bilan énergétique d'une telle méthode reste à faire pour conforter cette approche.

Illustration 17 : Épandeuse d'abrasifs chauffés à l'eau chaude (© Aebi Schmidt Group - 2024)

CHAPITRE 6

Conclusion

L'utilisation d'abrasifs, ou le sablage, est une technique historique pour donner de l'adhérence sur les routes soumises aux phénomènes hivernaux. Elle trouve tout son intérêt dans les territoires où les phénomènes neigeux sont courants, les températures basses pendant de longues périodes et où les niveaux de service sont peu élevés comme les routes rurales de montagne ou encore les stations de sports d'hiver avec des voiries dites « blanches ». Elle peut également être réservée à des traitements localisés pour des besoins spécifiques comme le déblocage de poids lourds, des accès piétonniers ou une volonté de ne pas utiliser de fondants routiers.

Sur ce dernier point, aucun produit n'est anodin vis-à-vis de l'environnement. Les impacts des fondants routiers, notamment le chlorure de sodium (sel), sont intrinsèquement liés à la migration ionique dans les sols et nappes phréatiques. Les abrasifs sont quant à eux des matériaux solides et non solubles. Certaines études pointent cependant que les émissions de carbone du cycle de vie des abrasifs sont plus importantes que pour le sel, principalement en raison des dosages plus conséquents à mettre en œuvre. Il convient également d'avertir sur l'émission de poussières en zone urbaine, la dispersion des polluants captés ou encore le comblement des eaux superficielles à proximité immédiate des chaussées. Cette comparaison entre fondant et abrasif ouvre un champ d'utilisation de ces derniers dans les secteurs à fort enjeu de préservation de la ressource en eau.

Choisir d'utiliser des abrasifs nécessite de garder à l'esprit que le traitement est uniquement curatif. Le bon dosage consiste à maintenir une quantité de matériaux utile en surface des couches de neige ou de verglas, en complétant si besoin en fonction des phénomènes météo-routiers. D'autres facteurs sont à prendre en considération comme les modalités de stockage et d'épandage, le dimensionnement des circuits au regard des dosages à mettre en œuvre. Après la fonte du verglas ou de la neige, la présence des matériaux résiduels risque d'induire une glissance qu'il convient à tout le moins de signaler à l'usager avant de balayer.

La valorisation de matériaux alternatifs, le recyclage et la réutilisation d'abrasifs déjà utilisés sont autant de pratiques qui peuvent se développer et permettre de réduire l'impact environnemental. Ce guide propose donc, outre une caractérisation physique des abrasifs pour leur bon fonctionnement, une caractérisation environnementale pour les matériaux alternatifs utilisés comme abrasifs à partir d'une méthodologie et d'essais basés sur une doctrine déjà en place depuis de nombreuses années pour les techniques routières.

Des techniques où les abrasifs sont utilisés en mélange sont abordées succinctement dans ce guide. Si la pertinence du mélange avec du sel en grain semble peu pertinente, certaines techniques issues des pays nordiques comme le mouillage à la saumure ou à l'eau chaude montrent de beaux résultats permettant l'enchâssement des grains d'abrasifs dans des couches verglacées et redonnant ainsi une adhérence acceptable pour les véhicules.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

[1] Setra. *Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière - Évaluation environnementale*. 2011, 32 p, ISBN 978-2-11-099173-7

[2] Cerema. *Viabilité hivernale - Les abrasifs en viabilité hivernale.* Fiches pratiques aide-mémoire. Fiches séries III n°9, Août 2020

[3] ONR. *Dictionnaire de l'entretien routier : viabilité hivernale*. Thème 4, Setra, 1998, 232 p.

[4] Setra. *Guide méthodologique - Viabilité Hivernale - Approche globale*. 2009, 36 p, ISBN 978-2-11-094658-4

[5] Setra. *Anticipation des risques routiers hivernaux - Éléments de réflexion*. 2006, 46 p, ISBN 2-11-095821-9

[6] Cerema. *Viabilité hivernale - Définir une stratégie de traitement des routes*. Collection : Les références, 2022, 100 p, ISBN 978-2-37180-575-0

[7] Certu. *Viabilité hivernale en milieu urbain*. Série de fiches « Savoirs de base en sécurité routière », fiche n°18, 2009

[8] Goetzfried, F. *Global warming potential of de-icers*. PIARC XVth International Winter Road Congress, Gdansk (Poland), Février 2018

[9] FEDEREC. *Évaluation environnementale du recyclage en France selon la méthodologie de l'analyse de cycle de vie - Rapport final*. 99/175 p., ADEME, 2017

[10] Bauer, H., *et al. Endbericht für das Projekt, « AQUELLA »* Wien, Vienna University of Technology, Vienna, 2006

[11] EU Project LIFE04 ENV/AT/000006. *KAPA GS - Klagenfurt's Anti-PM 10 Action Programme in co-operation with Graz and the South-Tyrol, 2004 - 2007.* https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2708

[12] Gartiser, S., Reuther, R., Gensch, C.O. *Machbarkeitsstudie zur Formulierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Strassen und Wege, in Anlehnung an DIN EN ISO 14024*, Umweltbundesamt, Forschungsbericht 000404, UBA-Text 09/03, Berlin 2003

[13] Consultation auprès de plusieurs pays PIARC, réponse norvégienne

[14] Setra. *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les laitiers sidérurgiques*. 2012, 50 p, ISBN 978-2-11-129881-1

[15] Cerema. *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les matériaux de déconstruction issus du BTP*. 2016, 39 p, ISBN 978-2-37180-091-5

[16] Cerema. *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les sables de fonderie*. 2019, 39 p, ISBN 978-2-37180-383-1

[17] Cerema. *Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les cendres de centrale thermique au charbon pulvérisé*. 2019, 43 p, ISBN 978-2-37180-384-8

[18] O'Keefe and Shi (2005), Williams (2003), McCormick Rankin Corp et Ecoplans Limited (2004) Hossain *et al.* [HOS, 97]

[19] Setra. *L'impact des fondants routiers sur l'environnement - État des connaissances et pistes d'actions*. Note d'information, 2011, 25 p

NORMES

[20] NF EN 15597-*1 - Équipement de viabilité hivernale - Épandeuses*
Partie 1 : prescriptions générales et définitions. Mars 2020

[21] NF EN 933-*1 - Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats*
Partie 1 : détermination de la granularité - Analyse granulométrique par tamisage. Mai 2012

[22] NF EN 933-*3 - Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats*
Partie 3 : détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement. Mars 2012

[23] NF EN 933-*6 - Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats*
Partie 6 : évaluation des caractéristiques de surface - Coefficient d'écoulement des granulats.
Décembre 2022

[24] NF EN 1097-*2 - Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats*
Partie 2 : méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation. Avril 2020

[25] NF EN 1097-*1 - Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats*
Partie 1 : détermination de la résistance à l'usure (micro-Deval). Décembre 2023

[26] NF EN 933-*11 - Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats*
Partie 11 : essai de classification des constituants de gravillons recyclés. Juillet 2009

[27] NF EN 12457-*2 - Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues*
Partie 2 : essai en bâchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité). Décembre 2002

[28] NF EN 12457-*4 - Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues*
Partie 4 : essai en bâchée unique avec un rapport liquide/solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 10 mm (sans ou avec réduction de la granularité). Décembre 2002

[29] NF P 18-*454 Granulats - Éléments de définition, conformité et codification*. Octobre 2021

Traduction

TRADUCTION

USE OF ABRASIVES FOR WINTER SERVICE

Criteria for choice and uses

There are various methods for ensuring that roads remain viable in snowy or icy conditions. The use of abrasives is an oldest method. It has recently attracted renewed interest for environmental reasons. While often taking the form of granules, sand, gravel or pozzolana can also be used. In all cases, the aim is to increase the tyre's grip on the road. Professional standards regarding conditions of use are not always clearly established in France. That is why this book is based on experience feedback, particularly from different countries. With an operational focus, it suggests criteria for deciding whether or not to use abrasives, covering safety, environmental, cost and regulatory aspects of road management.

USO DE ABRASIVOS EN LA VIALIDAD INVERNAL

Criterios de selección y usos

Existen varios métodos para garantizar que las carreteras sigan siendo viables en condiciones de nieve o hielo. El uso de abrasivos, el procedimiento más antiguo, ha recobrado interés por razones medioambientales. Estos suelen adoptar forma de granulados, pero también es posible utilizar arena, grava y puzolana. En todos los casos, el objetivo es aumentar la adherencia de los neumáticos a la carretera. No se han fijado por reglamento las reglas del oficio relativas a sus condiciones de uso. Por eso este volumen se basa en la experiencia adquirida, sobre todo en otros países. Con un enfoque operativo, sugiere criterios para decidir si utilizar o no abrasivos, para lo cual abarca aspectos relacionados con la seguridad, el medio ambiente, los costes y la normativa específica en cuanto a la explotación de las carreteras.

© 2024 - Cerema

LE CEREMA, L'EXPERTISE PUBLIQUE POUR LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Le Cerema, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, est un établissement public qui apporte son concours à l'État et aux collectivités territoriales pour l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques au service de la transition écologique, de l'adaptation au changement climatique et de la cohésion des territoires. Il porte des missions de recherche & innovation et appuie le transfert d'innovations dans les territoires et auprès des acteurs privés.

Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & Ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral. Présent partout en métropole et dans les Outre-mer par ses 26 implantations, il développe une expertise de référence au contact de ses partenaires européens et contribue à diffuser le savoir-faire français à l'international.

Le Cerema capitalise les connaissances et savoir-faire dans ses domaines d'activité. Éditeur, il mène sa mission de centre de ressources en ingénierie par la mise à disposition de près de 3 000 références à retrouver sur www.cerema.fr rubrique nos publications.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L.122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et L.335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encres végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication
Mise en page : Pôle éditions et valorisation des connaissances
Impression : Dupliprint, 733 rue Saint-Léonard 53100 Mayenne
Achevé d'imprimer : Août 2024
Dépôt légal : Juillet 2024
ISBN : 978-2-37180-674-0 (pdf) - 978-2-37180-675-7 (papier) - ISSN : 2276-0164

Éditions du Cerema
Cité des mobilités
25, avenue François Mitterrand CS 92803 - 69674 Bron Cedex - France
www.cerema.fr

RECOURS AUX ABRASIFS EN VIABILITÉ HIVERNALE

Critères de choix et usages

Il existe différentes méthodes pour assurer la viabilité des routes par temps de neige ou de verglas. Le recours aux abrasifs, procédé le plus ancien, a retrouvé un regain d'intérêt pour des raisons environnementales. Ils prennent le plus souvent la forme de granulats mais des sables, des gravillons, de pouzzolane peuvent également être utilisés. Dans tous les cas, l'objectif est d'augmenter l'adhérence des pneus sur la chaussée. Les règles de l'art concernant les conditions d'utilisation ne sont pas établies réglementairement en France. C'est pourquoi cet ouvrage s'appuie sur des retours d'expériences notamment à l'international. Avec une visée opérationnelle, il propose des critères de choix pour décider d'utiliser ou non des abrasifs en abordant les aspects liés à la sécurité, l'environnement, le coût et la réglementation inhérente à l'exploitation de la route. .

Infrastructures de transport

EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE I BÂTIMENT I MOBILITÉS I INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT I ENVIRONNEMENT & RISQUES I MER & LITTORAL

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

www.cerema.fr

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Cerema Territoires et ville : 2 rue Antoine Charial - CS 33927 - F-69426 Lyon Cedex 03 - Tél. +33(0)4 72 74 58 00
Siège social : Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30

Gratuit
ISSN : 2276-0164
ISBN : 978-2-37180-674-0
9 782371 806740