

UN FONDANT RAPIDE ET EFFICACE POUR

REVETEMENTS OUVERTS

ir Guido Van Heystraeten* et **Raymond Diericx

* Centre de Recherches routières
boulevard de la Woluwe 42, B-1200 Bruxelles,
Belgique
TEL.: +32 2 766 03 00/FAX: +32 2 767 17 80
E-mail: g.vanheystraeten@brrc.be

**Solvay Benelux
chaussée de Vilvoorde 158, B-1120 Bruxelles,
Belgique
TEL.: +32 2 264 35 75/FAX: +32 2 264 24 57
E-mail: raymond.diericx@solvay.com

1 Résumé

L'usage de revêtements routiers poreux (enrobé drainant) ou à texture ouverte (SMA) se répand de plus en plus dans bon nombre de pays pour des raisons de sécurité (adhérence élevée, pas d'orniérage, moins d'éclaboussures) et de confort (faible bruit de roulement, moins de réflexion de lumière). Malheureusement, ces revêtements se comportent en période hivernale différemment des revêtements traditionnels fermés et ceci pour différentes raisons:

1. leur porosité emprisonne une humidité quasi permanente durant l'hiver, qui dans certaines situations peut conduire à une condensation solide à la surface du revêtement;
2. leur porosité ne permet pas le maintien en surface des sels de déneigement préventivement ou curativement épandus sur le revêtement,
3. leur conductivité thermique plus faible (caractère isolant) provoque dans certaines conditions climatiques un abaissement plus rapide et plus important de leur température de surface.

Il en résulte un emploi de quantités plus importantes de sels de déneigement classiques et des interventions plus précoces du service de salage. Dès lors, une recherche de sels de déneigement plus appropriés à cet usage s'avère nécessaire.

Une solution au problème semble exister par l'emploi d'un mélange de 1/3 de paillettes de chlorure de calcium (CaCl_2) et de 2/3 de gros sel de sodium (NaCl) comportant des grains jusqu'à 5 mm.

La communication traite des observations faites en laboratoire et in situ avec ce nouveau mélange qui est sur le marché belge depuis 1995.

2 La Belgique: quelques renseignements concernant le pays, le réseau routier et le climat

2.1 Le pays

La Belgique est un petit pays (30 500 km²) à forte densité de population (10,2 millions d'habitants), situé au coeur de l'Europe. Le pays occupe une position privilégiée entre les Pays-Bas, la France, l'Allemagne et la Grande-bretagne et borde la Mer du Nord, la voie maritime la plus naviguée du globe. Bruxelles, capitale du pays, est aussi la capitale de l'Union européenne.

L'économie florissante du pays est largement orientée vers l'exportation (2/3 de la production est exporté). La prospérité présente et future de la Belgique dépend dans une large mesure des infrastructures de transport. Aussi, les réseaux autoroutier et ferroviaire du pays comptent parmi les plus denses au monde.

La Belgique est un état fédéral composé de trois régions: la Flandre au nord (5,9 millions d'habitants), Bruxelles au centre (0,95 million) et la Wallonie au sud (3,35 millions). Ces trois régions sont autonomes dans divers domaines, y compris la construction, la gestion et l'entretien des autoroutes et des routes principales sur leur territoire.

La Flandre est une région plate (0 à 100 m), tandis que la Wallonie comprend les Ardennes, un groupe de plateaux dont certains ont une altitude de 400 à 500 m avec un point maximum d'environ 700 m.

2.2 Le réseau routier

Le réseau routier comporte 1 700 km d'autoroutes, 13 000 km de routes régionales principales et 131 000 km de routes locales, ce qui donne un total de 145 000 km de routes revêtues. Le parc national représente 5,5 millions de véhicules dont 4,5 millions de voitures particulières parcourant chacune en moyenne 15 000 km par an. Le trafic nocturne est également important, en particulier celui des véhicules commerciaux.

Le transport routier représente 71 % du transport total de marchandises. L'importance économique de la route est dès lors indéniable, même en hiver. Par conséquent, une des tâches des autorités routières consiste à assurer la viabilité permanente des réseaux routiers, notamment par l'organisation d'un service hivernal complet. La saison hivernale s'étend de novembre à mars.

2.3 Le climat

Le pays possède un climat maritime tempéré caractérisé par un nombre relativement élevé de jours de pluie (un sur trois), ce qui donne des précipitations annuelles de 700 mm (en Flandre) à 1500 mm (en certains points des Ardennes). Le nombre de jours de neige varie considérablement d'un point à un autre du territoire: de 14 jours par an à la côte à 63 jours par an sur les plateaux des Ardennes. Le nombre de jours de gel à Bruxelles reste acceptable : 59 par an. Ce qui caractérise les hivers, du moins en Flandre et à Bruxelles, c'est l'existence de nombreux cycles journaliers de gel et de dégel. Plus on se dirige vers les Ardennes et plus la température descend et le nombre de jours de gel augmente pour atteindre une moyenne de 115 par an.

La Belgique connaît donc une grande disparité de "climats" auxquels sont confrontés les gestionnaires routiers. En fait, le premier éperon en fort dénivelé que rencontrent les vents chargés d'humidité, en provenance du N-N-Ouest (Mer du Nord coincée entre la Grande-Bretagne et la Scandinavie) est le plateau Ardennais. La montée en altitude est brutale, l'on passe d'un niveau par rapport à la mer de + 47 m à +700 m en moins de 40 km. Il faut savoir que la perte en température est de l'ordre de 1°C par cent mètres d'élévation de terrain, et que, en fonction de la mosaïque (ou patchwork) de revêtements routiers que l'on peut rencontrer au sein d'un même district, l'on est en droit d'être perplexe devant cette complexité de situations. Les vents d'Est engendrent moins de perturbations, il fait alors très froid mais sec accompagné de températures de type "continentales" dont la fourchette s'étale de -10 à -20°C.

3 Le comportement hivernal de l'enrobé drainant

3.1 Qu'est-ce que l'enrobé drainant ?

Les enrobés drainants constituent un développement intéressant dans les matériaux bitumineux à chaud pour couches d'usure. Ils sont riches en pierres (80 à 85 %) et pauvres en fines (4 à 6 %) et en bitume (4 à 5 %). Les épaisseurs de couches se situent généralement entre 25 et 40 mm. La caractéristique principale de ce type de revêtement est sa forte teneur en vides (initialement 19 à 25 %), qui crée un réseau de canaux dans la masse de l'enrobé. Ce réseau joue à la fois le rôle de zone tampon capable d'absorber d'importantes quantités d'eau et de couche drainante permettant une évacuation de l'eau vers les accotements (figure 1). Par temps de pluie, cela procure une absence d'aquaplanage, une adhérence accrue et une réduction de la projection de gouttelettes à l'arrière des véhicules. Les enrobés drainants présentent aussi d'autres avantages, tels qu'une réduction du bruit de roulement, de la réflexion lumineuse et de la résistance au roulement. Sur support imperméable présentant une bonne portance, le matériau se comporte très bien sous l'action du trafic grâce à son squelette pierreux très résistant. Lors de la conception d'un revêtement en enrobé drainant, il faut tenir compte de la nécessité d'une évacuation efficace de l'eau ayant pénétré dans la couche vers les dispositifs de collecte latéraux ou les accotements. Le support doit absolument être imperméable pour éviter toute infiltration d'eau dans les couches de bases.

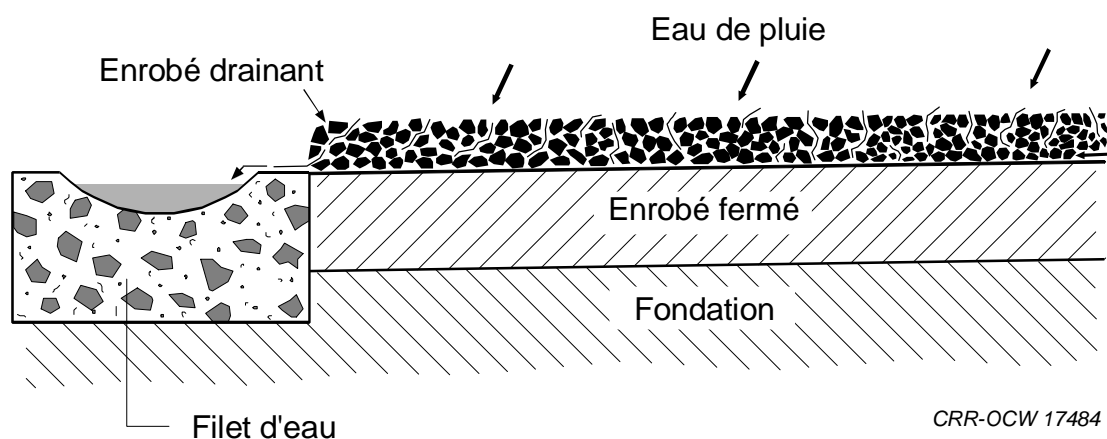


Figure 1 – Evacuation de l'eau à l'intérieur de la couche en enrobé drainant

Les premières expérimentations en Belgique remontent à 1979. Depuis lors, de nombreuses applications ont été réalisées sur des routes à faible trafic, des routes principales, des autoroutes, des routes urbaines, des revêtements de tunnels et même des pistes d'aérodromes.

L'usage d'enrobés drainants ou à texture ouverte (SMA) s'est répandu en Belgique pour des raisons de sécurité (adhérence élevée, pas d'orniérage, moins d'éclaboussures) et de confort (faible bruit de roulement, moins de réflexions lumineuses).

3.2 Comportement hivernal des enrobés drainants

Dans les conditions hivernales, les enrobés drainants (et dans une moindre mesure les revêtements à texture ouverte tels que les SMA) ne se comportent pas comme des revêtements denses traditionnels, pour trois raisons principales:

1. leur porosité emprisonne une humidité quasi permanente durant l'hiver, qui dans certaines situations peut conduire à une condensation solide à la surface du revêtement;
2. le sel de déneigement épandu préventivement descend relativement rapidement dans les nombreux pores et n'est donc actif que pendant une courte période. Si l'intensité du trafic est suffisante le sel remonte certes en surface de manière limitée sous l'effet de succion et de pompage des pneus des véhicules;
3. leur conductivité thermique plus faible (caractère isolant) provoque dans certaines conditions climatiques un abaissement plus rapide et plus important de leur température de surface. En Belgique, les inspecteurs de réseaux routiers aidés en cela par des relevés de cartographies thermiques concluent qu'une situation de passage sous la barre de 0°C du revêtement drainant se produit en moyenne une demi-heure avant qu'un enrobé dense ne passe sous ce même seuil de 0°C. Ces observations sont également valables au moment du retour à une température positive du revêtement et peuvent être fonction de la durée du gel ainsi que de son intensité (accumulation de froid dans le corps de la chaussée), dès lors un enrobé drainant pourrait repasser dans la zone au-delà du 0° C jusqu'à une heure après le retour à la normale de couches d'usures traditionnelles, donc doubler le temps de retour au "noir" (figure 2).

En cas de gel, il peut donc arriver qu'un revêtement en enrobé drainant soit verglacé tandis qu'un autre en enrobé dense ne le soit pas. Les zones de transition dense/drainant peuvent dès lors traîtreusement surprendre les usagers.

Par conséquent, il faut épandre des quantités plus importantes de sels de déneigement classiques et les interventions du service de salage doivent être plus précoces sur les enrobés drainants

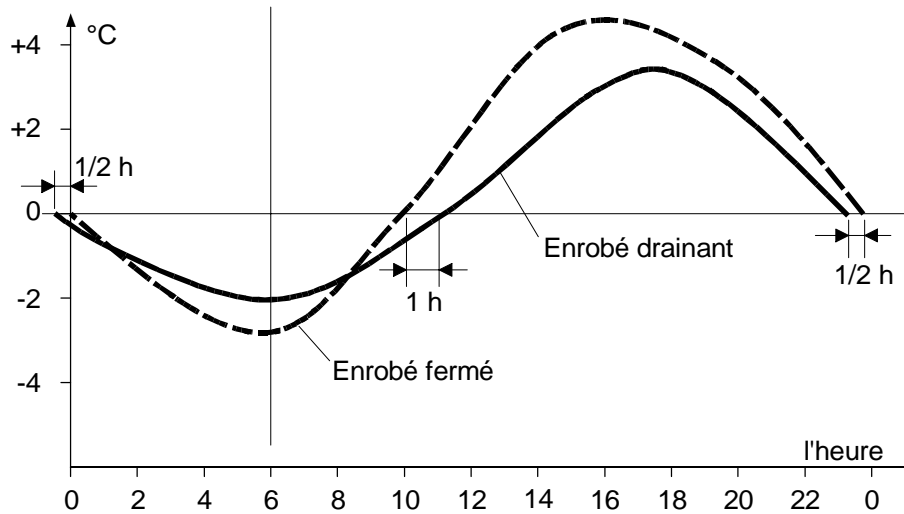


Figure 2 – Comportement hivernal d'un enrobé drainant v.a.v. d'un enrobé fermé

4 Les agents déverglaçants

Idéalement, l'agent déverglaçant devrait répondre aux sept critères suivants:

1. agir rapidement, même lorsqu'il est épandu en petites quantités;
2. être peu coûteux et facilement disponible;
3. être facile à stocker et à épandre;
4. présenter une garantie de conservation de plusieurs années;
5. entraîner le moins possible d'effets secondaires (p.e. corrosion);
6. être le moins nocif possible pour la faune et la flore;
7. laisser le moins possible de résidus après usage.

Outre le NaCl et le CaCl₂, de nombreux agents déverglaçants ont été testés en Belgique : KCl, MgCl₂, urée, phosphates, alcools, glycols, acétate de calcium et de magnésium, etc. Ils sont nettement inférieurs aux NaCl et CaCl₂ pour répondre à un ou plusieurs des critères énumérés ci-dessus et n'ont dès lors jamais été acceptés. Seuls des alcools et glycols sont utilisés en traitement préventif sur des pistes d'aéroports.

Des recherches ont démontré que dans certaines conditions atmosphériques (humidité relative et température de l'air, température du support et du déverglaçant) il apparaît que le CaCl₂ en paillettes soit le plus efficace suivi en cela par le NaCl. A quantité égale en poids de fondant, il apparaît que le CaCl₂ sous forme de paillettes (meilleures que les poudres et le liquide du même type) se comporte le mieux jusqu'à environ 30 minutes après l'épandage et est ensuite rattrapé dans cette action de fonte par le NaCl.

En Belgique, le choix entre ces deux fondants est souvent fonction de la température. Le NaCl n'est efficace que jusqu'à -7°C, tandis que le CaCl₂ le reste à des températures entre -7 et -15°C.

Par rapport au NaCl, les principaux inconvénients du CaCl₂ sont son prix plus élevé (en Belgique il est quatre fois plus cher que le NaCl), les précautions supplémentaires à prendre pour éviter la formation de blocs pendant le stockage et le danger de la formation de l'hexahydrate CaCl₂ · 6H₂O qui rend la route très glissante.

En Belgique, le NaCl et le CaCl₂ étaient initialement épandus à l'état sec, mais la pratique est graduellement passée à l'épandage de saumure (solution contenant 25 % de NaCl ou 33 % de CaCl₂) et depuis les années quatre-vingt-dix à la méthode du sel humidifié.

5 Les performances des agents déverglaçants sur enrobé drainant

5.1 Observations in situ

Sous nos latitudes, l'expérience prouve que dans 90 à 95 % des traitements hivernaux de l'enrobé drainant, les sels (NaCl) de granulométrie moyenne de 0 à 3 mm (en étalement continu) ou bien des sels produits sous vide (granulométrie de 0 à 1 mm) suffisent à éliminer des givres et certains types de verglas. Evidemment, c'est ici qu'interviennent le savoir-faire et l'expérience du gestionnaire routier. Les activités en actions préventives ou pré-curatives, liées à un accroissement du nombre de passages au sel (avec s'il le faut, une augmentation des quantités de NaCl épandu) permettent l'usage de déverglaçants d'usage courant.

Ces traitements mentionnés ci-avant concernent des épaisseurs de film de glace de quelques dizaines de microns seulement. La lutte contre des verglas de plusieurs millimètres d'épaisseur est abordée à l'aide d'autres moyens. Nous évoquons en cela des moyens mécaniques de type épandage à l'aide de bouillie (c-à-d. agent déverglaçant solide humidifié à l'aide d'une saumure de sel). D'autres moyens d'interventions sont indispensables pour l'élimination de béton de glace, pluie en surfusion ou neige tassée en surface. La présente communication s'attache à détailler une meilleure réponse aux désagréments causés par les conditions énoncées ci-avant.

5.2 Importance de la taille des grains

La taille des grains du fondant joue un rôle non négligeable dans la problématique de déverglaçage des enrobés drainants. Les spécialistes s'accordent à écrire que les sels fins disparaissent trop rapidement dans les cavités après leur épandage et ne sont donc pas suffisamment efficace aux endroits où l'on est en droit d'attendre leur effet. Une meilleure rémanence peut être obtenue grâce à un sel de granulométrie moyenne (3 à 5 mm).

5.3 L'action de fonte d'un mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂

L'affinage ainsi que la traduction en technique éprouvée depuis 1995 a fait évoluer l'épandage d'un mono-produit en un mélange de 2/3 de NaCl en grains de 3 à 5 mm en combinaison à 1/3 de paillettes de CaCl₂. Ces deux granulométries étant très proches, la ségrégation est ainsi évitée. La taille des grains doit être limitée à 5/6 mm, car au-delà de celle-ci, ce sel sous forme de cristal devient un réel projectile, surtout si la vitesse des véhicules devient importante.

Le sel NaCl réagit en réaction endothermique et puise donc dans l'humidité du proche environnement sa source de réactivité. L'enrobé drainant de par sa construction offre le réservoir d'eau idéal pour provoquer la réaction physique d'échauffement.

Les deux composants ont des propriétés physico-chimiques complémentaires. Le chlorure de calcium apporte son hygroscopicité, sa déliquescence et sa rapidité d'action tandis que le chlorure de sodium veille à la rémanence (durabilité d'action). En outre, dans des conditions extrêmes, le produit n'est pas sujet aux inconvénients de ses composants individuels, à savoir la surfusion du chlorure de sodium et la formation d'hexahydrate de chlorure de calcium. Le coût d'un tel mélange est environ trois fois supérieur à celui du NaCl.

Les paillettes de CaCl₂ sont donc le véritable accélérateur du processus de fonte tandis que le gros sel de sodium (NaCl) agit comme la réserve de fondant qui assure la lutte contre les dernières traces de glissance. Ceci est illustré à la [figure 3](#).

Il ressort de la figure 3 que le mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂ offre au moins un quart d'heure de plus de sécurité aux usagers avant qu'une chaussée ne soit totalement envahie par le verglas et donne donc plus de temps d'intervention. La lutte contre l'hiver routier se résume le plus souvent en une course contre le temps.

Les techniciens qui se "penchent" littéralement sur des drainants, font état que certaines situations climatiques engendrent la formation de cônes de glace au sommet des agrégats de l'enrobé drainant. Ces mêmes observateurs signalent que ce phénomène peut être combattu avec des résultats tangibles en combinant un traitement préventif approprié à un traitement curatif renforcé (quantités de déverglaçant adaptées) à l'aide du mélange 2/3 de NaCl en cristaux et 1/3 CaCl₂ paillettes. La présence de grains moyens de NaCl apporte une réserve en NaCl et donc cette rémanence qui génère l'indispensable chaleur de fonte en surface du revêtement.

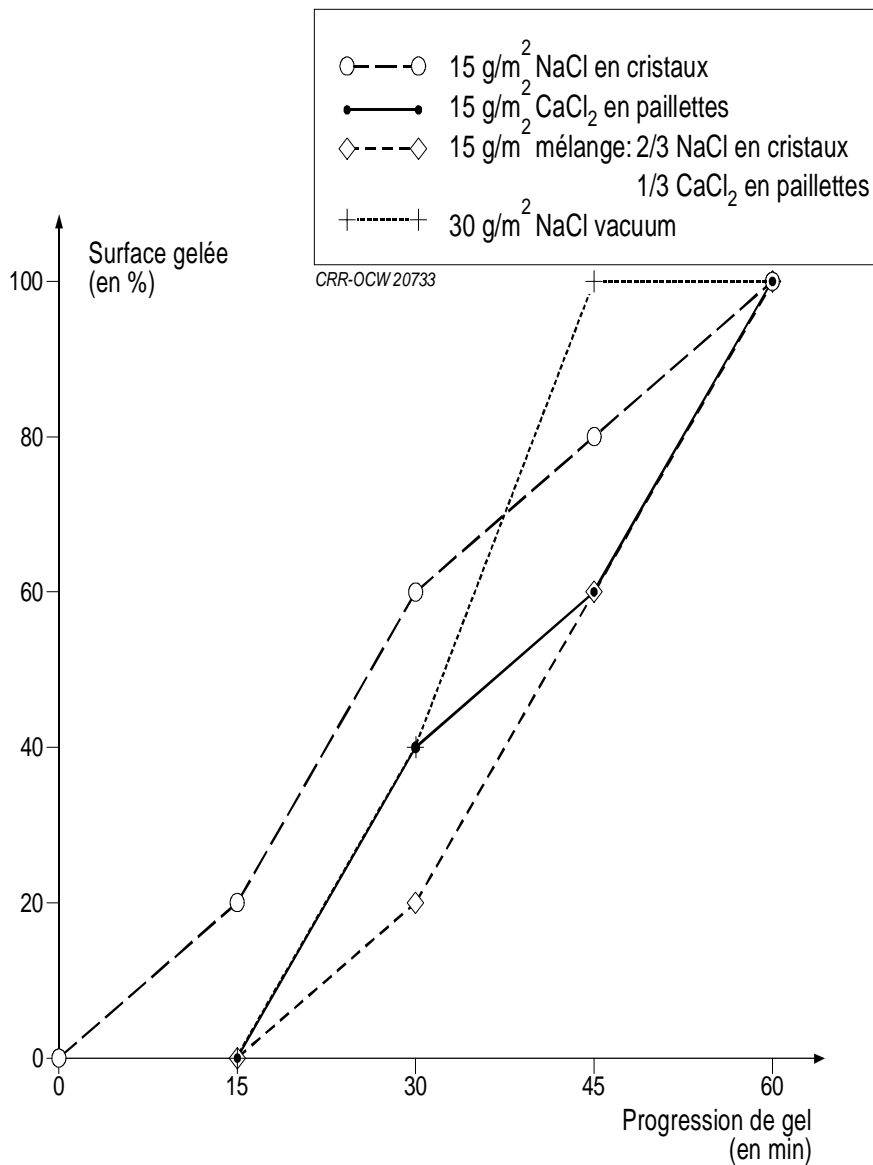


Figure 3 – L’action de fonte pour différents types d’agents déverglaçants

5.4 La rémanence du mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂

5.4.1 Comment mesurer la rémanence ?

Un revêtement routier de type dense voit sa rémanence facilement mesurée. Le SOBO est certes le matériel manuel le plus adapté à cette lecture. Le SOBO est inadapté aux enrobés drainants car le liquide utilisé pour la lecture électrique percole immédiatement par les pores ouverts du revêtement.

Une société belge a mis au point un test applicable aussi bien sur enrobés fermés que drainants. Le principe est basé sur le dosage de chlorures par titration à l’aide de AgNO₃ et ce en présence d’un indicateur, le chromate de potassium. Ces produits sont posés sur le revêtement par pulvérisation au pistolet.

Le point équivalent permettant de déterminer la teneur en chlorure (quantitativement et qualitativement) est mis en évidence par le virage de l’indicateur du jaune au rouge brique. Cette couleur rouge se forme lorsque l’excès de nitrate d’argent (présent après neutralisation des chlorures) réagit avec le chromate de potassium.

5.4.2 Observations

Nous avons comparé ainsi in situ du NaCl en cristaux avec le mélange 2/3 NaCl grains de 3 à 5 mm et 1/3 de paillettes de CaCl₂.

Ces agents déverglaçants sont très proches quant à leur teneur en chlorure (100 g de NaCl contiennent 60,7 g de chlorure et 100 g du "mélange 2/3-1/3" contiennent 61,7 g. de chlorure).

Nous précisons également que des comparaisons ont été effectuées sur chaussées circulées, en opposant les observations sur enrobés denses à celles réalisées sur des enrobés drainants.

Trois seuils de titrations ont été prédéfinis, ils le sont pour 15, 10 et 5 g/m² de chlorure. Ces différents paliers correspondent aux souhaits formulés par les inspecteurs du réseau routier.

La lecture colorimétrique montre clairement que 7 heures après l'épandage (conditions climatiques totalement identiques) 25 % de rémanence supplémentaire peut-être mise à l'actif du mélange 2/3 + 1/3, par rapport au NaCl traditionnel et qui plus est, que ce soit un enrobé dense ou drainant.

La différence en rémanence est d'avantage marquée au plus l'on s'écarte du moment du début d'épandage. Ce qui est donc bien l'objectif à atteindre par l'apport de ce concept 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂.

5.5 L'adhérence du mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂

Tout produit déverglaçant en action fait fondre les cristaux de glace qui dès lors génère une saumure plus ou moins concentrée, ce qui modifie l'adhérence des véhicules à la chaussée. Le degré de perte d'adhérence peut être mesuré à l'aide du pendule SRT en comparant la saumure au film d'eau pur. La [figure 4](#) donne la comparaison entre trois saumures :

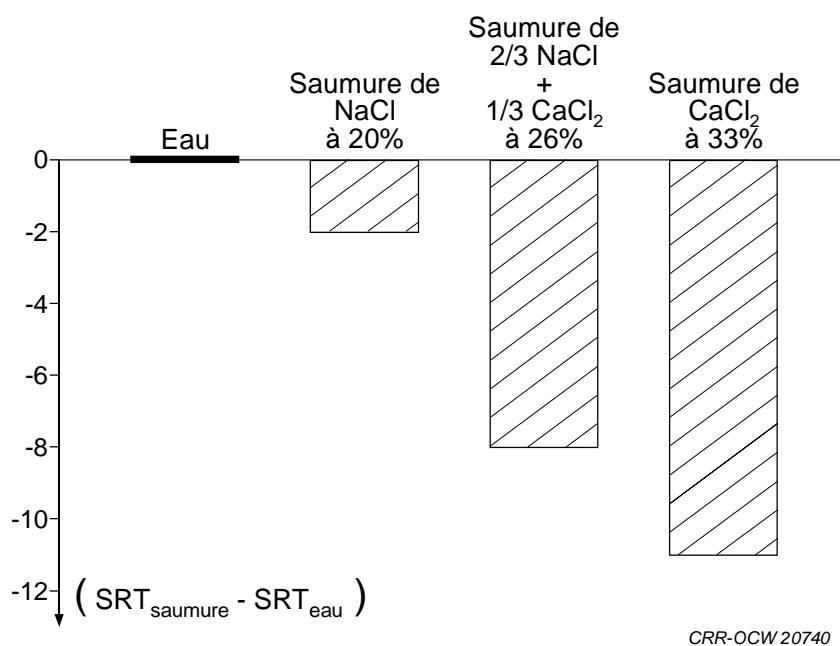


Figure 4 – Diminution du SRT due à la présence de saumure

On constate que la valeur obtenue avec le mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂ est comprise entre celle de la saumure de NaCl et celle de la saumure de CaCl₂, comme on pouvait s'y attendre.

6 Conclusions

La sensibilité de l'enrobé drainant au phénomène hivernal ponctuel a encouragé l'étude de divers agents déverglaçants disponibles sur le marché européen sur ce type d'enrobé.

Compte tenu de tous les résultats collectés, qu'ils soient de labo ou de terrain, on peut conclure que non seulement en performance de perforation de glace, en réserve de fondant donc une réserve latente d'énergie, en rémanence, mais aussi en limitation de perte d'adhérence, le mélange 2/3 NaCl + 1/3 CaCl₂ apporte actuellement la meilleure réponse aux interrogations hivernales que suscitent les enrobés drainants, sous un climat belge.

7 Références

7.1 De Belgique (du Centre de Recherches routières (CRR - BRRC) et autres)

- 1 Decoene, Y. (CRR). Comportement hivernal des enrobés drainants. Essais de simulation de verglas en laboratoire. Compte rendu de recherche CR29/87. Centre de Recherches routières, 87 p., Bruxelles, 1987
- 2 Staquet (MET), Viabilité hivernale : le point de vue du gestionnaire. Demi-journée d'études « Enrobés drainants », Centre de Recherches routières, Bruxelles, 25 octobre 1988
- 3 Van Heystraeten, G., Moraux, C. (BRRC). Ten years experience of porous asphalt in Belgium. Transportation Research Record, 1265, pp. 134-140, 1990
- 4 Van Heystraeten, G. (CRR). Le comportement hivernal des enrobés drainants en Belgique. Rapport du XIXe Congrès mondial de la route de l'AIPCR, Marrakech, 22-28 septembre 1991. Communications des Comités techniques (19.52.F), pp. 293-295, 1991
- 5 Framhout, J.-P. (Solvay Belgium), Van Heystraeten, G., De Wit, M. (CRR). Mesure du sel résiduel sur route par le SOBO 20. IXe Congrès International AIPCR sur la viabilité hivernale. Seefeld (Autriche). 21-25 mars 1994. Rapport technique, volume 2, pp. 617-624, 1994
- 6 Descornet, G. (CRR), La viabilité hivernale des enrobés drainants. Bulletin CRR n° 26, 1-9, Bruxelles, 1996
- 7 Erpicum, M. (Université de Liège). Les stations météorologiques : Leur utilisation à partir des terminaux locaux. Liège, 1998.
- 8 Van Heystraeten, G. (BRRC). An overview of winter road maintenance practice in Belgium. Word's End Winter Road Congress. First Southamerican Winter Provia. Tierra del Fuego (Argentina). August 7-11, 2000

7.2 De pays étrangers

- 1 Noort, M. (Pays-Bas). Gladheidsbestrijding op zeer open asfaltbeton - Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1991
- 2 Setra (France). Note d'information n° 67, avril 1991
- 3 Livet, J. (France). Evaluation des effets d'un nouveau revêtement sur l'exploitation hivernale d'un réseau routier - Les bétons bitumineux drainants - LCPC Nancy, 1994
- 4 Kuppens, E., Nardelli, L., Mahmoud, A. (Pays-Bas). Laboratoriumresultaten ijzelonderzoek ZOAB 1997 - Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- 5 Burtwell, Marilyn. (Transport Research Laboratory, United Kingdom). Influence of climatic conditions on rock salt. SIRWEC Conference. March 2000. Davos (Suisse).