

AUTEURS

Anne Dony
Enseignant-chercheur
Ecole spéciale des Travaux publics,
du bâtiment et de l'industrie (ESTP)

Johan Colin
Enseignant-chercheur
ESTP

Charley Tougard
Chef de projet
Enrobés bitumineux
Lhoist France

Didier Lesueur
Responsable
Département matériaux
Lhoist R&D

Remerciements

Les auteurs remercient l'ESTP et en particulier les étudiants Sabine Chambon, Mathilde Wattin, Vincent Rasoanarivo et Marilyn Tasso pour leur participation active dans le cadre de 2 projets industriels et de recherche ainsi que Margareta Walferdein, technicienne du laboratoire Matériaux.



Les dégâts hivernaux observés sur les routes après les hivers rigoureux peuvent se manifester par la formation de nids-de-poule. La présence de chaux hydratée dans les enrobés bitumineux est une solution prometteuse visant à limiter l'occurrence de ces phénomènes

Résistance aux dégâts hivernaux des enrobés bitumineux contenant de la chaux hydratée

La tenue des enrobés bitumineux en période hivernale est un sujet d'actualité que les hivers rigoureux de ces dernières années ont mis en lumière avec de nombreux dégâts sur les chaussées. Ces dégradations irréversibles sont accentuées par la répétition de cycles de gel-dégel en présence d'eau et de sels de déverglaçage. Dans ce contexte, une collaboration a été lancée entre l'Ecole spéciale des Travaux publics, du bâtiment et de l'industrie (ESTP) et Lhoist. Elle consiste à étudier, à l'échelle du laboratoire, l'effet de la présence d'eau, de cycles de gel-dégel et de sels de déverglaçage sur des enrobés bitumineux semi-grenus; les essais portent sur trois granulats de nature différente, avec et sans chaux hydratée. La chaux hydratée apparaît comme une solution prometteuse pour augmenter significativement la tenue hivernale des enrobés.

Introduction

Les hivers rigoureux de ces dernières années ont provoqué de nombreux dommages sur les chaussées dont, notamment, des apparitions prématurées de nids-de-poule sur les revêtements bitumineux. Le type d'enrobé, le choix des granulats, du liant et des additifs éventuels, sont autant de facteurs qui jouent sur la tenue des enrobés en période hivernale [1]. Les dégâts irréversibles sont généralement accentués par la répétition de cycles de gel-dégel en présence d'eau et de sels de déverglaçage pouvant entraîner la ruine des enrobés. Cette dégradation est renforcée par le phénomène d'expansion de l'eau qui, lorsqu'elle gèle, désolidarise les liaisons

entre les granulats et le bitume, comme démontré dans l'étude de C. Mauduit *et al.* [2]. En revanche, le rôle des sels de déverglaçage reste peu abordé.

Certains additifs ont été proposés pour améliorer la résistance des enrobés à ce type de détérioration. Par exemple, P. Hao et Y. Hachiya [3] ont testé différents composés, liquides ou pulvérulents et démontré que la chaux hydratée fait partie des additifs les plus efficaces. De même P. Sebaaly [4] établit que l'utilisation de chaux hydratée améliore la résistance des enrobés aux cycles gel-dégel, conduisant ainsi à une longévité augmentée de plus de 38 %. D'autres études, également américaines, confirment ces résultats [5].

L'utilisation de chaux hydratée dans les enrobés bitumineux est une pratique éprouvée qui remonte à leur apparition au début du XX^e siècle. L'usage s'est réellement développé à la fin des années 1970 aux Etats-Unis en réponse à l'apparition généralisée et prématurée de dégâts liés au désenrobage, en partie dus à une baisse de qualité des bitumes survenue après la crise pétrolière de 1973 [6]. Actuellement, environ 10 % des enrobés bitumineux aux Etats-Unis contiennent de la chaux hydratée. En Europe, l'usage est croissant, principalement (mais pas uniquement) en couche de roulement, et les Pays-Bas possèdent la plus grande expérience puisque les enrobés drainants, qui recouvrent 70 % de leur réseau autoroutier, y contiennent

Dossier Viabilité hivernale

systématiquement 2 % de chaux hydratée associée à un bitume 70/100 non-modifié depuis les années 1990 [7]. D'autres pays, tels que l'Angleterre, l'Autriche, la France et la Suisse, commencent à y recourir à plus grande échelle.

Dans ce contexte, les effets de la chaux hydratée sur les enrobés ont fait l'objet de nombreuses études et il est acquis qu'elle contribue à améliorer non seulement la tenue à l'eau des matériaux bitumineux, mais aussi leur résistance au vieillissement et certaines propriétés mécaniques comme la résistance à l'orniérage, voire à la fatigue [7 à 9]. Ce rôle multifonctionnel augmente la durabilité des matériaux bitumineux utilisés en couche de roulement d'environ 25 %, selon les retours d'expériences des maîtres d'ouvrage.

Cette étude aborde l'intérêt que pourrait apporter la chaux hydratée à l'augmentation de la résistance aux dégâts hivernaux des enrobés bitumineux. A cet effet, le travail s'est centré sur l'impact des phénomènes de gel-dégel dans les enrobés bitumineux en se focalisant principalement sur la nature des granulats et l'effet bénéfique ou non de chaux hydratée dans les enrobés, en présence ou non de sels de déverglacement.

Démarche expérimentale

Sélection des matériaux

Trois granulats 0/10 provenant de carrières françaises, ont été sélectionnés pour leurs différentes qualités d'adhésivité vis-à-vis du bitume.

Cette dernière a été qualifiée de bonne ou médiocre selon qu'ils sont utilisés dans la production d'enrobés, respectivement tels quels ou en présence systématique de dope d'adhésivité :

- matériau G1 (reconnu d'adhésivité médiocre), issu d'une roche massive rhyolitique;
- matériau G2 (reconnu d'adhésivité médiocre), issu d'une gravière;
- matériau G3 de référence (bonne adhésivité), issu d'une roche massive microdioritique.

Le liant bitumineux choisi est un bitume pur Total 35/50 utilisé couramment dans la fabrication d'enrobés bitumineux. Au filler calcaire d'ajout est substituée partiellement de la chaux hydratée, dans certains cas et selon les proportions décrites ci-dessous (tableau 1).

La chaux hydratée fournie par Lhoist est de type CL 90 S selon la norme NF EN 459-1 [8] (CL pour chaux calcique, 90, pour 90 % de CaO + MgO, S pour hydratée) provenant de l'usine de Dugny.

Les sels de déverglacement, fournis par la mairie de Paris, sont des chlorures de sodium (NaCl) de classe A utilisés sur chaussées.

Les enrobés testés (tableau 1) sont des formules de type AC 10 surf 35/50 selon la norme NF EN 13108-1 [9] correspondant à l'ancienne nomenclature BBSG 0/10 (béton bitumineux semi grenu). Ils ont été fabriqués en laboratoire dans un malaxeur BBMax25 (MLPC) selon la norme NF EN 12697-35 [10].

Méthodes expérimentales

Plusieurs essais ont été réalisés sur les matériaux retenus.

Tout d'abord, l'essai d'adhésivité passive selon la norme XP T 66-043 [11] a permis de clarifier le caractère bon ou médiocre de l'adhésivité des granulats. Cet essai se réalise classiquement sur 100 g de granulats 6/10 préalablement séchés puis enrobés avec 5 g de bitume 35/50. Le mélange est recouvert d'environ 300 ml d'eau préalablement chauffée à 60 °C et placé pendant 16 h dans une étuve à 60 °C. On note alors (visuellement) le pourcentage de la surface du granulats restant couverte par le bitume. Le résultat en % représente la moyenne de 5 observations visuelles de 5 opérateurs différents.

Egalement, le mode opératoire a été modifié une première fois de manière à évaluer l'impact de sels de déverglacement sur l'adhésivité. A cet effet, l'essai est réalisé dans une saumure à 2 % de sels au lieu d'eau pure comme dans la norme [11]. La teneur de 2 % a été choisie car elle est reconnue comme étant la plus sévère, selon une étude canadienne [12]. Une seconde modification, consistant à ajouter 20 % massique de filler ou de chaux hydratée au bitume avant essai, a permis d'évaluer l'intérêt potentiel de la chaux hydratée pour améliorer l'adhésivité passive.

Ensuite, des essais correspondant à différentes variantes autour de l'essai Duriez (NF EN 12697-12 méthode B [13]) ont permis d'évaluer la tenue à l'eau et/ou aux cycles de gel-dégel des enrobés. Dans tous les cas, les éprouvettes ont été préparées selon la procédure Duriez standard (compactage statique d'échantillons de 1 kg sous une charge de 60 kN appliquée pendant 300 s - NF EN 12697-12 [13]). Les éprouvettes ont ensuite été saturées en eau à des taux de 55 % à 80 % en application de la procédure Lottman correspondant à l'essai de gel-dégel américain (Essai AASHTO T-283 [14]). Leur résistance en compression à 20 °C et 1 mm/min a été systématiquement mesurée sans conditionnement (C) et après l'un ou l'autre des conditionnements suivants (i), permettant de quantifier l'endommagement induit à l'aide du rapport i/C :

- conditionnement Duriez standard de 7 j dans un bain à 18 °C (NF EN 12697-12 méthode B [13]);
- conditionnement *ITSR* (*Indirect Tensile Strength Ratio*) standard de 3 j à 40 °C (correspondant à l'équivalent européen de l'essai Duriez, décrit dans la norme NF EN 12697-12 méthode A [13]);

		G1	G1 + chaux hydratée	G2	G2 + chaux hydratée	G3	G3 + chaux hydratée
% passant à	12,5 mm	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9
	10 mm	95,2	95,2	91,1	91,1	93,3	93,3
	6,3 mm	60,6	60,6	56,3	56,3	58,0	58,0
	4 mm	50,1	50,1	47,6	47,6	47,5	47,5
	2 mm	33,2	33,2	28,7	28,7	35,1	35,1
	1 mm	21,7	21,7	24,2	24,2	23,9	23,9
	63 mm	7,3	7,3	6,4	6,4	6,6	6,6
% filler calcaire		2	1	3	2	2	1
% chaux hydratée		0	1	0	1	0	1
Teneur en liant (ppc)		6,0	6,0	5,8	5,8	5,3	5,3
Teneur en vides moyenne ^(*) (%)		15,9	15,1	12,0	10,8	10,8	10,8

(*) déterminée par mesures géométriques

ESTP

Tableau 1
Formules des enrobés utilisés pour l'étude
Mix designs of asphalt used for the study

- conditionnement *ITSR* sévéré de 7 j à 40 °C;
- 1, 3 ou 5 cycles de gel-dégel selon une procédure proche de celle préconisée par l'essai Lottman (16 h à -18 °C suivies de 24 h à 60 °C) [14]), consistant à faire subir un ou plusieurs cycles de 20 h à -18 °C suivis de 52 h à 40 °C (soit 72 h ou 3 jours d'essai par cycle).

Dans tous les cas, une durée de 3 h de retour à la température d'essai est appliquée pour les conditionnements à plus de 20 °C. Pour comparer la conservation à 60 °C (procédure Lottman) à celle à 40 °C, un conditionnement de 3 j à 60 °C a également été testé sur l'enrobé à base de granulats G1; les résultats se sont avérés très proches de ceux obtenus à 40 °C et ce protocole n'a donc pas été approfondi. Enfin, les conditionnements Duriez et *ITSR* ont également été réalisés dans un bain contenant 2 % de sels de déverglaçage.

Résultats

Adhésivité passive

Les résultats obtenus avec l'eau pure et l'eau avec sels de déverglaçage sont donnés sur la figure 1.

On observe une différence importante entre le matériau de référence G3 et les matériaux G1 et G2 confirmant que G1 et *a fortiori* G2 ont une moins bonne adhésivité que G3. On note aussi un désenrobage plus important dans l'eau salée que dans l'eau pure. Également, la présence d'eau salée favorise la mise en solution de certains composés du bitume dans le cas des granulats G1 et G2. Les résultats d'adhésivité avec chaux hydratée et fillers sont présentés dans le tableau 2.

L'effet néfaste des sels de déverglaçage par rapport à de l'eau pure est confirmé. Le matériau G3 est toujours le mieux enrobé quelles que soient les conditions d'essais, confirmant sa bonne adhésivité. La chaux hydratée a un effet bénéfique sur les matériaux G1 et G3 notamment avec les sels de déverglaçage mais pas sur G2 au dosage testé. On notera également que l'enrobage avec le bitume additionné de chaux hydratée est plus difficile à réaliser que celui avec le bitume additionné de filler à cause de l'effet rigidifiant plus fort de la chaux hydratée [7].

	G1 + filler G1	G1 + chaux hydratée	G2 + filler G2	G2 + chaux hydratée	G3 + filler calcaire	G3 + chaux hydratée
Eau	65 %	70 %	< 20 %	40 %	> 80 %	> 80 %
Eau + sel	50 %	70 %	< 20 %	< 20 %	> 80 %	> 80 %

Tableau 2
Résultats d'adhésivité passive avec mastics des matériaux G1, G2 et G3 en présence ou non de chaux hydratée (dosage du sel : 2 % en masse dans l'eau)
Results for passive skid resistance with mastics of materials G1, G2 and G3 in presence or not in presence of hydrated lime (proportion of salt: 2 % in weight in water)







	G1 6/10 rhyolite	G2 6/10 gravière	G3 6/10 microdiorite
Eau pure			
Adhésivité	77 %	50 %	100 %
Remarques	Très légères traces de bitume dans l'eau et présence de bitume collé au fond du bécber	Eau plutôt claire, bitume collé au fond du bécber.	Eau claire
Eau salée			
Adhésivité	50 %	< 50 %	90 %
Remarques	Légères traces de bitume dans l'eau	Eau colorée par le bitume	Eau claire

Figure 1
Résultats d'adhésivité passive des matériaux G1, G2 et G3 en présence d'eau pure ou additionnée de sel
Results for passive skid resistance of materials G1, G2 and G3 in presence of pure water and water with salt additive

Tenue à l'eau des enrobés

Comparaison entre les conditionnements Duriez et *ITSR*, avec ou sans sels de déverglaçage

Les résultats des essais sont repris dans le tableau 3.

		18 °C / 7 j Duriez	40 °C / 3 j <i>ITSR</i>
G1	i/C (eau pure)	0,91	0,51
	i/C (eau salée)	0,94	0,50
G3	i/C (eau pure)	0,96	0,74
	i/C (eau salée)	0,95	0,70

Nota : suite à une erreur expérimentale, les écrasements ont été effectués à 0,15 mm/min au lieu de 1 mm/min. Cela n'affecte pas les valeurs des rapports i/C.

Tableau 3
Rapports i/C après conditionnement Duriez (7 j à 18 °C) ainsi que *ITSR* (3 j à 40 °C) pour les matériaux G1 et G3 sans chaux hydratée
i/C ratios after Duriez conditioning (7 days at 18 °C) as well as *ITSR* (3 days at 40 °C) for materials G1 and G3 without hydrated lime

Il apparaît que les rapports i/C sont identiques en présence de sels ou non, montrant que les effets délétères des sels révélés par l'essai d'adhésivité passive, ne sont pas observés avec les protocoles sur enrobé.

Le matériau G1 semble aussi bon que le matériau G3 avec le protocole Duriez, alors que leurs résultats respectifs d'adhésivité passive laissent anticiper le contraire. Ajoutons que sur chantier, le matériau G1 est systématiquement utilisé en présence de dope d'adhésivité, et l'essai Duriez semble donc être non pertinent ici. En revanche, les essais avec le conditionnement *ITSR* mettent bien en évidence la différence de comportement entre G1 et G3, en accord avec les résultats d'adhésivité passive.

Comparaison entre les conditionnements 3 j (ITSR) et 7 j à 40 °C

Les résultats des essais réalisés avec des temps de conditionnement de 3 ou 7 jours à 40 °C sont résumés sur la figure 2 sur les trois matériaux étudiés, avec et sans chaux hydratée.

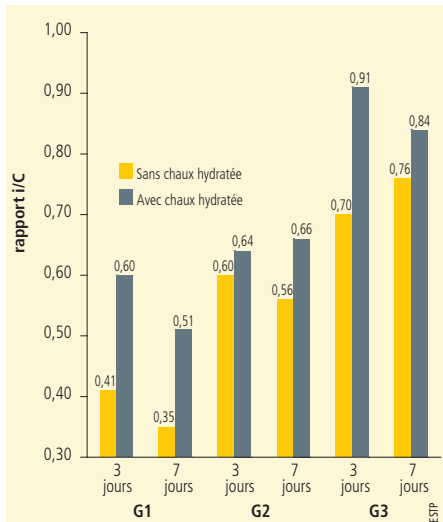


Figure 2
Comparatif des rapports i/C après conditionnement 3 et 7 jours à 40 °C pour les matériaux G1, G2 et G3 avec et sans chaux hydratée
Comparison of i/C ratios after conditioning (7 days at 40°C) for materials G1, G2 and G3 with and without hydrated lime

Les différences d'adhésivité entre les matériaux G3 et les matériaux G1 ou G2 sans chaux hydratée sont confirmées par des rapports i/C supérieurs à 70 % pour G3 et inférieurs à 60 % pour les deux autres.

Les enrobés avec G1 et G2 sans chaux hydratée subissent une perte d'adhésivité de respectivement 14 % et < 7 % entre 3 et 7 jours. L'ajout de chaux hydratée améliore leur adhésivité de plus de 30 % et 6-15 % respectivement, à 3 comme à 7 jours.

Les écarts de résultats constatés entre G1 et G2 peuvent être en partie justifiés par la différence de pourcentage de vides : 15 % en moyenne pour l'enrobé avec G1 contre 11 % pour l'enrobé avec G2 (tableau 1). Ce dernier, plus compact, pourrait être moins sensible aux effets d'une température élevée.

Enfin, le matériau G3 de bonne adhésivité semble peu sensible aux effets d'une haute température. On note cependant une amélioration significative de l'adhésivité de ce bon matériau par ajout de chaux hydratée.

Influence de cycles gel-dégel

Les résultats obtenus après les cycles gel-dégel sont présentés en termes de rapport i/C avec ou sans chaux hydratée pour les trois matériaux sur les figures 3, 4 et 5. Par comparaison, les résultats obtenus avec le conditionnement *ITSR* sont rappelés (cycle 0).

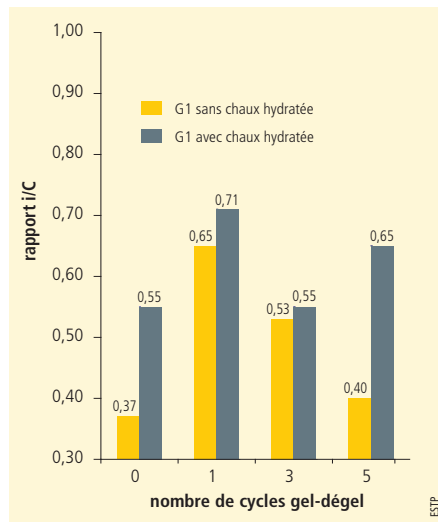


Figure 3
Comparatif rapport i/C en fonction du nombre de cycles sur G1 avec et sans chaux hydratée
Comparison of i/C ratio as a function of number of cycles on G1 with and without hydrated lime

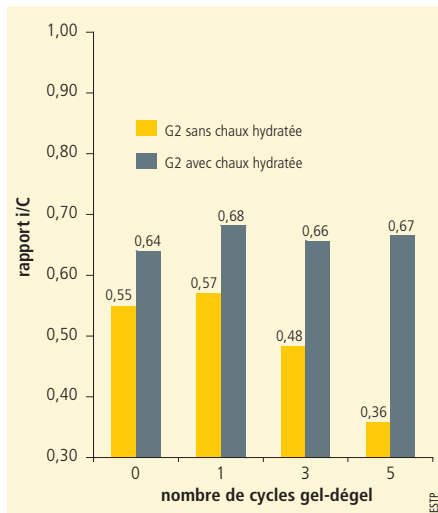


Figure 4
Comparatif rapport i/C en fonction du nombre de cycles sur G2 avec et sans chaux hydratée
Comparison of i/C ratio as a function of number of cycles on G2 with and without hydrated lime

Pour le matériau G1, la résistance des éprouvettes sans chaux hydratée dans l'eau par rapport au matériau avec chaux hydratée diminue progressivement de 29 % à 5 cycles. Les résistances avec chaux hydratée chutent également progressivement jusqu'à 24 % au 5^e cycle mais elles restent toujours supérieures à celles sans chaux hydratée.

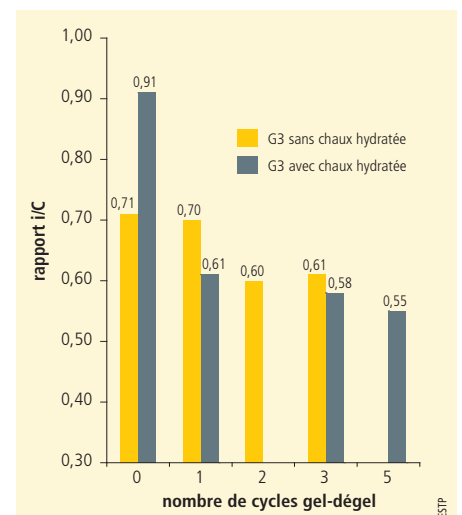


Figure 5
Comparatif rapport i/C en fonction du nombre de cycles sur G3 avec et sans chaux hydratée
Comparison of i/C ratio as a function of number of cycles on G3 with and without hydrated lime

Cette chute, même avec chaux hydratée, peut s'expliquer par une teneur en vides assez élevée (> 14 %). Les rapports i/C sont systématiquement supérieurs avec chaux hydratée. L'accumulation de cycles semble accentuer ce phénomène.

Le matériau G2 montre un comportement similaire avec des différences plus accentuées avec et sans chaux hydratée : diminution de 32 % de résistance dans l'eau sans chaux hydratée entre le cycle 1 et le cycle 5 et peu ou pas d'évolution pour le matériau avec chaux hydratée tant dans l'air que dans l'eau.

Pour le matériau G3 de bonne adhésivité, les résistances avec et sans chaux hydratée dans l'air et dans l'eau restent comparables compte tenu de la précision des essais.

Conclusions

Cette étude a été menée en plusieurs étapes de façon à dissocier les différents phénomènes en jeu, à définir des conditions d'essais discriminantes et à mesurer l'effet bénéfique ou non de la chaux hydratée dans les enrobés bitumineux. Elle a porté sur trois matériaux différents et une formulation classique d'enrobé français pour couche de roulement.

Les essais d'adhésivité passive ont permis de valider la bonne ou mauvaise adhésivité des matériaux. Ils ont également montré, par des adaptations du mode opératoire, d'une part l'effet néfaste des sels de déverglaçage sur l'adhésivité mais aussi l'effet bénéfique de la chaux hydratée, en particulier sur le granulat G1.

Les essais de tenue à l'eau menés dans différentes conditions ont montré l'intérêt de travailler à 40 °C avec des résultats cohérents et discriminants et que la température de 60 °C n'apportait pas d'information supplémentaire. Par ce simple essai de tenue à l'eau, l'effet bénéfique de la chaux hydratée sur les enrobés a pu être quantifié avec un rapport i/C fortement amélioré.

Enfin, au niveau de la tenue au gel-dégel, l'ajout de chaux hydratée dans les enrobés a augmenté leur adhésivité jusqu'à 50 % et leur résistance jusqu'à 44 % à l'issue du cinquième cycle dans l'eau. L'apport de chaux hydratée dans les formulations d'enrobés suffisamment compacts maintient leur résistance et leur adhésivité. Ces caractéristiques chutent un peu avec l'augmentation des vides. Dans tous les cas, en présence d'eau, les enrobés de mauvaise adhésivité et non traités perdent leur performance dès le premier cycle (par fissuration induite par l'expansion de l'eau en changement de phase) avec une diminution progressive liée au gel (expansion de l'eau) et aux hautes températures (40 °C ou 60 °C), durant les cycles.

Au-delà de ces comparaisons, il apparaît que le protocole Duriez standard (NF EN 12697-12 méthode B) met difficilement en valeur les différences de résistance à l'eau détectées par l'essai d'adhésivité passive. En effet, tous les matériaux, avec ou sans chaux hydratée, passent largement les spécifications en vigueur (i/C > 80 %) alors que l'essai d'adhésivité passive met clairement en évidence les risques associés à l'emploi de G1 ou G2 sans additif.

En revanche, un conditionnement à 40 °C pendant 3 jours semble plus à même de montrer les différences de comportement entre les matériaux, en accord avec l'essai d'adhésivité passive. Allonger le conditionnement à 7 jours ou passer à une température de 60 °C ne semble pas apporter d'information fondamentalement différente pour les matériaux testés dans le cadre de cette étude (enrobés à chaud).

Enfin, la présence de cycles gel-dégel dégrade plus facilement les enrobés ayant une adhésivité médiocre. Après 5 cycles, l'enrobé ayant une bonne adhésivité ne montre pas de signe de perte de résistance, avec ou sans chaux hydratée. Des études plus sévères, allant jusqu'à 20 cycles, telles celles déjà publiées [4, 5], permettraient vraisemblablement d'accentuer les différences. Cependant, le niveau de dégradation observé est proche de celui obtenu pour un temps de conditionnement similaire à 40 °C.

En d'autres termes, il semble que le cycle de gel-dégel ne soit uniquement dommageable que par le temps de dégel cumulé à 40 °C. Cela pourrait être lié au fait que pour les enrobés testés, le niveau de saturation n'est pas suffisant pour atteindre le taux critique engendrant un endommagement possible lors de la phase de gel, observé dans l'étude de Mauduit *et al.* [2]. On notera que des enrobés récupérés sur le terrain peuvent facilement atteindre des niveaux de saturation beaucoup plus élevés que ceux obtenus en laboratoire, proches de 100 % [1, 15].

Les sels de déverglaçage ont également un effet néfaste sur l'enrobé; exprimé dans l'essai d'adhésivité passive, à la fois par un plus fort désenrobage mais aussi par une mise en solution marquée de certains composés du bitume. Malgré cela, un conditionnement dans une saumure pour un essai type Duriez ou *ITSR* ne met pas en évidence de différence entre la présence de sels ou non. Il est vraisemblable cependant que sur le terrain, l'eau contenant des sels de déverglaçage, forcée par la pression des pneumatiques dans les porosités de l'enrobé, est beaucoup plus agressive que l'eau non salée. Dans ces conditions, la représentativité de ces essais doit être questionnée. Des essais plus proches de la réalité de terrain, comme l'*ornièreur allemand sous eau (Hamburg wheel tracking device)* qui reproduit bien ce phénomène de lavage sous pression de l'enrobé, seraient peut-être plus aptes à mettre en évidence l'effet délétère des sels et les risques liés à certaines formules d'enrobés [16].

Si cette étude illustre que la présence d'eau, de sels de déverglaçage et de cycles gel-dégel provoquent un endommagement des enrobés, il n'est pas possible actuellement de prédire leur durabilité sur le terrain vis-à-vis de ces phénomènes à l'aide d'essais de laboratoire, et certainement pas à l'aide de l'essai Duriez standard.

Dans tous les cas, l'utilisation de chaux hydratée se confirme être une piste prometteuse pour augmenter la résistance aux dégâts hivernaux des enrobés bitumineux. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Mauduit V., Mauduit C., Vulcano-Greullet N. et Coulon N., « Dégradations précoces des couches de roulement bitumineuses à la sortie des hivers » Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 859 juillet-août 2007, pp.99-104
- [2] Mauduit C., Hammoun F., Piau JM., Mauduit V., Ludwig S., Hamon D., « Quantifying expansion effects induced by Freeze-Thaw cycles in partially water saturated bituminous mix: Laboratory Experiments », Road Materials and Pavements Design 11, Special Issue EATA 2010, pp.443-457, 2010



Winter damage resistance of asphalt mixes containing hydrated lime

The performance of asphalt during winter is topical news that the harsh winters of recent years have highlighted with considerable damage on road pavements. This irreversible damage is accentuated by the repetition of freeze-thaw cycles in the presence of water and de-icing salt. In this context, collaborative efforts have been made by the ESTP (special schools for public works, building and industry) and Lhoist. This involves studying, on the laboratory level, the effect of the presence of water, freeze-thaw cycles and de-icing salt on semi-granular asphalt mixes. The tests are carried out on three aggregates of different types, with and without hydrated lime. Hydrated lime appears to be a promising solution for a significant increase in the winter performance of asphalt mixes.

- [3] Hao P, Hachiya Y, "Moisture susceptibility of asphalt mixture and effectiveness of anti-stripping additive", Journal of Materials, Construction, Structures and Pavements (Japanese Society of Civil Engineers), n° 746/V61, 265-273, November 2003
- [4] Sebaaly P. E., Hitti E. and Weitzel D., "Effectiveness of lime in hot-mix asphalt pavements", Transportation Research Record 1832, pp.34-41, 2003
- [5] Huang S, Roberston R, Branthaver J and Petersen JC, "Impact of Lime Modification of Asphalt and Freeze-thaw Cycling on the Asphalt-aggregate Interactions and Moisture Resistance to Moisture Damage", Journal of Materials in Civil Engineering 17, pp.711-718, 2005
- [6] R. G. Hicks, Moisture Damage in Asphalt Concrete, NCHRP Synthesis of Highway Practice 175, Washington (District of Columbia, USA) : Transportation Research Board, 1991
- [7] Lesueur D, « Hydrated lime: A proven additive for durable asphalt pavements – Critical literature review », Bruxelles: European Lime Association Ed., 2010, disponible sur www.eula.eu
- [8] NF EN 459-1, Chaux de construction - Partie 1 : définitions, spécifications et critères de conformité, Paris : AFNOR, novembre 2010
- [9] NF EN 13108-1, Mélanges bitumeux - Spécifications des matériaux - Partie 1 : enrobés bitumineux, Paris : AFNOR, septembre 2006
- [10] NF EN 12697-35, Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 35 : malaxage en laboratoire, Paris : AFNOR, septembre 2007
- [11] XP T 66-043, Liants hydrocarbonés- Essai d'adhésivité passive des liants anhydres en présence d'eau, Paris : AFNOR, décembre 2006
- [12] Hassan Y, AG Razaqpur, AO Adb El Halim, Farha M, « Effects of runaway deicers on pavement materials and mixes: comparison with road salt » *Journal of transportation engineering* 128, pp.385-391, 2002
- [13] NF EN 12697-12, Mélanges bitumineux- Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud- Partie 12 : détermination de la sensibilité à l'eau des éprouvettes bitumineuses, Paris : AFNOR, septembre 2008
- [14] AASHTO T283, Standard method of test for resistance of hot mix asphalt (HMA) to moisture-induced damage, Washington DC : AASHTO, 2007
- [15] S. Kandhal and I. J. Rickards, "Premature failure of asphalt overlays from stripping: Case histories", Association Asphalt Paving Technologists 70, pp.301-349, 2001
- [16] R. P. Izzo and M. Tahmoresi, "Use of the Hamburg wheel-tracking device for evaluating moisture susceptibility of hot-mix asphalt", Transportation Research Record 1681, pp.76-85, 1999