

AUTEURS

Didier Lesueur
Directeur du développement
Lhoist Europe du Sud

Pascal Leconte
Responsable de marché Travaux publics
Lhoist Europe du Sud

Yves Brosseau
Directeur de recherche
Institut français des sciences et technologies des transports
de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)

Alexandra Destrée
Chercheur
Centre de recherche routière (CRR) - Belgique

Christophe Mabile
Responsable technique
Société des autoroutes du nord et de l'est de la France
(SANEF)

Gérard Ragot
Directeur technique Ile-de-France-Haute Normandie
Eurovia



L'épandage de lait de chaux Asphacal TC protège les couches d'accrochage vis-à-vis du trafic des engins et limite les salissures aux abords des chantiers

Spreading of Asphacal TC lime milk protects pavement tack coats from construction traffic and limits the soiling of worksite areas

Emploi de lait de chaux Asphacal® TC en protection des couches d'accrochage

Des couches de collage sont épandues sur le support des couches bitumineuses pour assurer une répartition optimale des charges sur l'ensemble du corps de chaussées. Afin de limiter leur détérioration par le trafic de chantier, une solution consiste à les protéger par un lait de chaux stabilisé dilué. Avec une expérience accumulée de plus de 5 ans et plus de 25 millions de m² traités, l'arrachement des couches de collage par le trafic de chantier est ainsi évité, garantissant une bonne durabilité des infrastructures, limitant les salissures aux abords des chantiers et facilitant le nettoyage des engins. Le principe de ce procédé, ses moyens d'implémentation et ses conséquences sur l'adhésion inter-couches sont détaillés dans le présent article.

Contexte

Il est bien établi que le bon fonctionnement structurel d'une chaussée passe par un collage efficace et durable des couches qui la composent. C'est particulièrement important dans le cas des couches bitumineuses, en construction neuve ou en entretien. En conséquence, une couche dite d'accrochage est mise en œuvre sur leur support. Elle est obtenue par l'épandage d'une émulsion de bitume à un dosage typique de 300 g/m² de bitume résiduel, pouvant aller jusqu'à 500 g/m² selon le support et la nature de l'enrobé à mettre en œuvre. Elle sert parfois également à améliorer l'imperméabilisation de la couche d'enrobé appliquée, si cette dernière ne l'assure pas du fait de sa faible épaisseur (cas des bétons bitumineux très minces (BBTM)) ou de sa forte porosité (cas des enrobés drainants), et le dosage peut alors être augmenté de 30 à 100 %.

L'absence de couche de collage a des conséquences néfastes. Dans les années 1980, en France, des dégâts affectant plus de 1 000 km de chaussées neuves ou renforcées ont été

attribués à des couches de collage déficientes [1]. Ceci a entraîné une programmation des opérations de maintenance en moyenne deux fois plus tôt qu'initialement prévu, générant une dépense environ 2 à 5 fois supérieure à la normale.

De nos jours, la pose des couches de collage fait l'objet de soins particuliers et les entreprises ont développé des formulations d'émulsions performantes limitant le collage du bitume aux pneumatiques et chenilles des engins de chantier [2]. Malgré cela, il apparaît que les températures estivales et l'ensoleillement, y compris dans le nord de l'Europe, engendrent un ramollissement du bitume qui favorise son collage aux pneumatiques. Ce problème devient prépondérant sur les surfaces fraîsées, notamment lors de l'entretien des couches de roulement où, du fait de leur géométrie particulière avec arêtes et vallées, ces supports nécessitent d'augmenter les dosages en émulsion. En l'absence de précautions, cela se traduit par des départs de bitume plus fréquents qui salissent les rues environnantes. De plus, les forts dosages en liant résiduel nécessaires pour

certaines enrobés augmentent le risque d'arrachement par la circulation des camions qui approvisionnent le finisseur en enrobés. Ainsi, le problème n'est à ce jour que partiellement résolu. Pour tenter d'améliorer la situation, différentes options sont encore utilisées : arrosage d'eau devant les engins, sablage/gravillonnage des couches de collage (cette pratique est interdite en Belgique) ou nettoyage systématique des camions quittant le chantier. Cependant, cela implique une logistique lourde et coûteuse, avec un résultat souvent mitigé.

L'idée de répandre du lait de chaux sur les couches de collage est apparue il y a une vingtaine d'années. Outre le côté « farine sur le moule à gâteau » qu'apportent les particules de chaux hydratée, sa couleur blanche réduit sensiblement la température du bitume sous-jacent, limitant ainsi son collage aux pneumatiques des engins de chantier. De plus, l'eau présente dans le lait de chaux génère une diminution de la température du support par évaporation. Cependant, si l'idée est somme toute assez simple, sa mise en œuvre est plus délicate. En effet, du fait de

leur masse volumique proche de $2,2 \text{ kg/m}^3$, les particules de chaux hydratée sédimentent rapidement dans un lait de chaux standard, rendant sa manipulation difficile. Or, le groupe Lhoist fabrique depuis peu un lait de chaux concentré stable à 45 % en masse, commercialisé sous le nom d'Asphacal® TC. Cette nouveauté a permis au réseau du groupe Société des autoroutes du nord et de l'est de la France (SANEF), en association notamment avec l'entreprise Eurovia, de devenir pionnier dans l'épandage du lait de chaux en protection des couches d'accrochage à grande échelle dès 2009. Cette technologie se développe rapidement depuis, sur réseau autoroutier d'abord, mais également sur routes nationales, départementales et communales. Plus de 10 millions de m^2 sont à présent traités en France chaque année. Des réalisations hors de France, notamment en Belgique [3], au Luxembourg et en Pologne, se multiplient en parallèle.

Ainsi, il devient possible de s'opposer à la dégradation des couches d'accrochage-collage-imperméabilité par le trafic de chantier, ce qui garantit une bonne durabilité des infrastructures routières, limite les salissures aux abords des chantiers (**photo 1**) et facilite le nettoyage des engins.

Utilisation pratique du lait de chaux en protection de la couche de collage

Le lait de chaux concentré est généralement livré en cubitainer de 1 m^3 . Il est ensuite dilué avec de l'eau dans la citerne du dispositif d'épandage, à raison de 1 volume de lait de chaux concentré stable pour 10 volumes de lait de chaux dilué. Ce lait de chaux dilué est alors épandu à raison de 250 g/m^2 sur la couche de collage rompue. La pose des enrobés peut être faite immédiatement après.

Il faut noter que l'épandage sur émulsion « fraîche » peut provoquer la formation de « peau », c'est-à-dire que la rupture a lieu uniquement en surface et génère alors une fine pellicule de bitume qui emprisonne de l'émulsion restée stable [4]. Le passage des engins libère ensuite l'émulsion sous-jacente ce qui génère à nouveau des problèmes d'arrachement, de sous-dosage et de salissures.

Le système d'épandage peut consister en une épandeuse à liant ou une saumureuse⁽¹⁾ (**photo 2**). Une légère adaptation du système est nécessaire afin de fonctionner de manière optimale avec un lait de chaux dilué.

⁽¹⁾ Appareil utilisé pour épandre la saumure en hiver pour la viabilité hivernale.



Photo 1
Mise en œuvre d'enrobés sur l'autoroute A29 en France avec couche de collage traitée au lait de chaux
Laydown of asphalt on French motorway A29 with lime-milk treated tack coat



Photo 2
Épandage de lait de chaux dilué
Spreading of diluted lime milk

Avec les premières réalisations, la question du bon collage des couches s'est posée immédiatement. En effet, si le lait de chaux garantit l'intégrité de la couche d'accrochage, il fallait s'assurer qu'il ne diminuait pas la qualité du collage entre les couches bitumineuses. Cela a été notamment validé par des carottages systématiques sur les chantiers SANEF depuis le début de l'application. Cependant, ces carottages donnent une indication binaire, à savoir collé ou non collé.

Pour aller plus loin et quantifier la qualité du collage, le groupe Lhoist a confié au Centre de recherches routières (CRR), en Belgique, la réalisation d'une étude détaillée de l'adhésion inter-couches, sur la base du programme d'essais en laboratoire, puis sur site en Belgique, sur le chantier de la N25 réalisé par Eurovia à l'automne 2012 à hauteur de Court-Saint-Etienne [3].

Essais d'adhésion inter-couches

Le CRR a développé une expertise sur l'adhésion inter-couches à l'aide de deux essais permettant de quantifier les performances de collage [5] :

- l'essai de cisaillement direct (**photo 3a**), exécuté selon la prénorme prEN 12697-48 [6] et proche de l'essai dit « Leutner » ;
- l'essai de traction directe (**photo 3b**), exécuté selon une méthode interne au CRR [5].

Le CRR a démontré la complémentarité de ces deux modes de sollicitation (cisaillement et traction) pour établir un diagnostic adapté de l'adhésion inter-couches d'une chaussée [5]. En effet, ils ne sont pas sensibles de la même manière aux différents paramètres (nature de l'émulsion, dosage, type de support et d'enrobé collé, temps de mûrissement) et permettent ainsi de caractériser le collage de manière plus complète.

Innovation routière Couches de collage



Photos 3
Dispositifs de cisaillement direct (a) et de traction directe (b) disponibles au CRR
Direct-shear (a) and direct-tensile (b) strength testing devices available at French road research centre (CRR)

L'essai de traction sollicite l'ensemble de la structure (et pas seulement l'interface), alors que l'essai en cisaillement, caractérisant seulement l'interface, permet en plus de se positionner vis-à-vis de valeurs seuils provenant des expériences allemandes et suisses.

Etudes de laboratoire

Des échantillons ont été fabriqués en laboratoire à l'aide d'un compacteur de plaques [3], selon les normes européennes en vigueur, pour former un assemblage de quatre couches (identifiées par leur intitulé selon les spécifications belges) :

- couche de liaison en béton bitumineux semi-grenu (BBSG de type AC-14 base 3-1) ;
- couche d'accrochage au bitume pur (C60B1), « propre » ou « anti-adhérente », au bitume dur (C60B1 AA) ou au bitume polymère (C60BP1), appliquée au taux unique de 300 g/m² de liant résiduel ;
- lait de chaux Asphal TC dilué au 10^e, appliqué au vaporisateur sur la couche de collage rompue et mûrie (4h) aux dosages de 250 g/m², 375 g/m² et 500 g/m² ;

- couche de roulement soit en *Stone Mastic Asphalt (SMA)* (SMA-6,3-2) directement appliquée sur le lait de chaux dilué, soit en BBTM (BBTM10D2), après un séchage préalable de 1h du lait de chaux dilué. Il faut préciser que des résultats additionnels sur *SMA* ont montré que le séchage du lait de chaux dilué avant le compactage de la couche de roulement tend à diminuer légèrement la résistance de l'interface et est donc considéré comme plus défavorable. Des échantillons de référence ont été à chaque fois fabriqués selon le même procédé, mais sans application de lait de chaux dilué.

L'objectif de ces essais de laboratoire était multiple :

- Analyser l'impact de l'application de taux croissant de lait de chaux sur l'adhésion inter-couches.
- Corroborer le taux optimal de 250 g/m² de ce procédé de protection de la couche de collage qui avait été établi sur le terrain par la SANEF.
- Valider que le procédé fonctionne avec différentes natures de couche d'accrochage.

Les résultats du collage du *SMA* sur AC-14 montrent (figure 1) que :

- Les résistances moyennes au cisaillement sont systématiquement supérieures à 0,85 MPa, ce qui les rend conformes aux spécifications suisse [7] et allemande [8]. Le bon collage des couches est donc confirmé, quel que soit le taux de lait de chaux dilué appliqué.

- Les résistances moyennes à la traction (essais réalisés une semaine (T1) et un an (T2) après la fabrication des échantillons) sont également dans une gamme tout à fait correcte et corroborent les résultats obtenus en cisaillement. Une période de conditionnement d'un an au laboratoire (T2), sans sollicitations thermiques, hydriques ou mécaniques, améliore significativement la résistance moyenne à la traction, ce qui a déjà été relevé par ailleurs pour le collage de couches bitumineuses sans lait de chaux [9].

Les résultats des BBTM sur AC-14 montrent (figure 2) que :

- Les résistances moyennes au cisaillement sont conformes aux spécifications.
- La résistance moyenne au cisaillement diminue significativement pour les couches de collage au bitume pur (C60B1) et dur (C60B1 AA). A noter que les essais de cisaillement sur éprouvettes de chantier, présentés plus loin, ne corroborent pas ces résultats de laboratoire. L'explication de cette différence réside peut-être dans les temps d'attente utilisés pour obtenir la rupture et le mûrissement de la couche d'accrochage, qui n'ont pas pu être identiques pour des raisons opérationnelles et étaient respectivement en laboratoire et sur chantier de 4h et 12h.
- Il n'y a pas de différence significative entre les deux dosages utilisés en lait de chaux dilué, quelle que soit la nature de la couche d'accrochage.

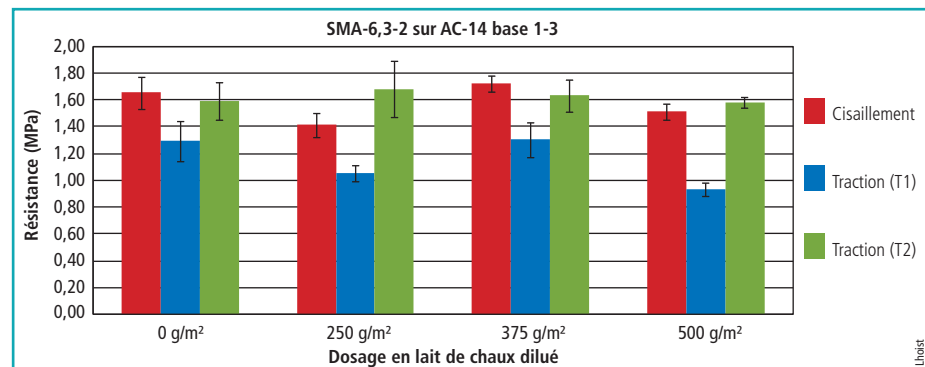


Figure 1
Résistances moyennes au cisaillement et à la traction mesurées sur éprouvettes de *SMA* collées sur AC-14 (BBSG), préparées au laboratoire, en fonction du taux de lait de chaux dilué appliqué sur une couche d'accrochage « propre » [3]
Average shear and tensile strength values measured on *SMA* specimens bonded on AC-14 (BBSG semi-granular asphalt) prepared in laboratory as a function of diluted lime milk applied on a "clean" tack coat [3]

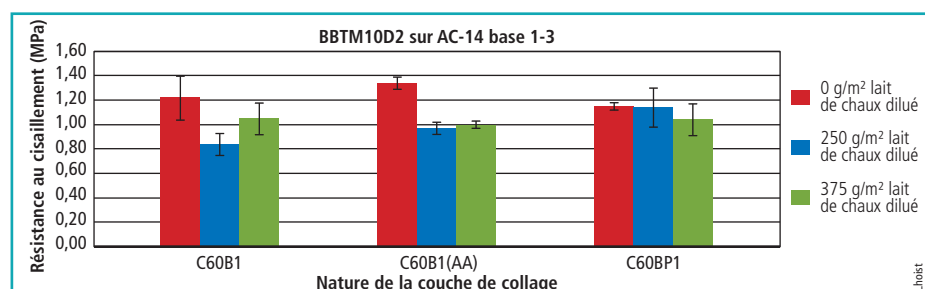


Figure 2
Résistances moyennes au cisaillement mesurées sur éprouvettes de BBTM sur AC-14 (BBSG), préparées au laboratoire, en fonction du taux de lait de chaux dilué appliqué et de la nature de la couche d'accrochage [3]
Average shear strength values measured on very thin asphalt (BBTM) specimens bonded on AC-14 (BBSG semi-granular asphalt), prepared in laboratory as a function of amount of diluted lime milk applied and nature of tack coat [3]

Résultats sur chantier

En novembre 2012, des carottes ont été prélevées dans quatre zones de la bande d'arrêt d'urgence (BAU) de la N25 (en direction de Nivelles en Belgique) [3] :

- une zone sans application de lait de chaux dilué (zone 1 de référence) ;
- trois zones avec application de lait de chaux dilué au taux de 250 g/m² (zones 2 à 4).

Les échantillons extraits de la N25 sont composés de plusieurs couches :

- sous-couche en AC-14 (BBSG) ;
- couche d'accrochage « propre » ou « anti-adhérente » modifiée (C60BP1 AA) appliquée la veille de la mise en œuvre de la couche de roulement, au taux moyen de 300 g/m² de liant résiduel ;
- lait de chaux Asphacal TC dilué au 10^e, appliqué sur la couche de collage rompue et mûrie aux taux moyens de 0 g/m² et 250 g/m² ;
- couche de roulement en SMA (SMA-10-2), appliquée après un séchage préalable moyen du lait de chaux de ± 1h30. Ce temps de séchage a été volontairement contrôlé afin de se placer dans les conditions les plus défavorables selon les essais de laboratoire. En condition normale, l'enrobé peut être appliqué directement sur le lait de chaux fraîchement répandu.

Les résultats de cette campagne d'essais sur des échantillons prélevés *in situ* sont présentés **figure 3**.

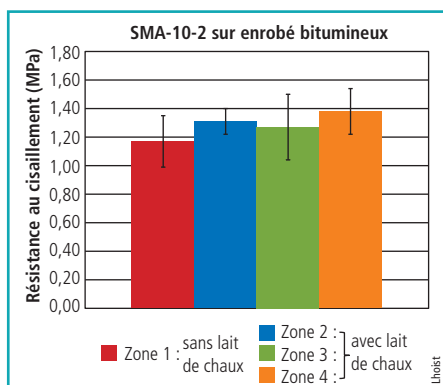


Figure 3
Résistances moyennes au cisaillement mesurées sur carottes prélevées dans quatre zones de la BAU de la nationale N25 (Belgique) [3]
Average shear strength values measured on core samples taken from four zones of emergency hard shoulder of national highway (Belgium) [3]

Les résultats confirment les observations faites sur les échantillons de laboratoire : il n'y a pas de différence significative en termes d'adhésion inter-couches entre la zone sans et les zones avec lait de chaux. Celui-ci se révèle adéquat pour protéger la couche de collage des pneumatiques des engins de chantier (**photo 4**) et conserver une très bonne adhésion de la couche de roulement ainsi posée.



Photo 4
Application du lait de chaux stabilisé dilué sur la couche d'accrochage à 250 g/m² de bitume résiduel sur un support fraisé lors du chantier de la N25. A noter : l'absence de traces de bitume sur les pneumatiques du camion
Application of stabilised diluted lime milk on tack coat at 250 g/m² of residual bitumen on a milled subbase during construction on highway N25. Noteworthy: absence of asphalt traces on lorry tyres

Conclusion

Le traitement au lait de chaux concentré, dilué au 10^e, épandu au dosage de 250 g/m² (soit 11 g/m² de chaux hydratée) est une solution prometteuse pour préserver l'intégrité des couches de collage, assurer une bonne adhésion des interfaces du support avec la couche rapportée et préserver la propriété des voies environnantes. Il doit être appliqué selon les recommandations d'usage précisées ici, en veillant notamment à la bonne rupture de l'émulsion avant de mettre en œuvre le lait de chaux. L'enrobé neuf peut alors être posé immédiatement sur le lait de chaux fraîchement répandu. Ces conditions de réalisation sont donc très intéressantes pour les travaux d'entretien avec ou sans fraisage préalable, particulièrement dans un environnement urbain, pour assurer la qualité et les performances des couches de surface tout en prolongeant durablement la structure des chaussées. ■



Use of Asphacal® TC lime milk for pavement tack coat protection

Tack coats are applied to the subbase of asphalt layers to provide optimum load distribution over the entire pavement structure. To limit damage by worksite traffic, protection is obtained by the use of diluted stabilised lime milk. With over 5 years of accumulated experience and more than 25 million m² treated, Asphacal TC has been able to prevent the dislodging of tack coats by construction traffic. Its use yields longer infrastructure durability, while also limiting the soiling of worksite areas and facilitating equipment clean-up. The principle of this process, its implementation and its effect on inter-layer bonding are dealt with in the present article.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SETRA/DCT, « Le décollement des couches de revêtement de chaussées », Note d'information chaussées dépendances n° 25, SETRA, 1986 <http://dtrf.setra.fr/pdf/pj/Dtrf/0000/Dtrf-0000692/DT692.pdf>
- [2] « Accostyr : La couche d'accrochage au bitume polymère adaptée, sûre et propre », J. Conan et J.-P. Marchand, *Revue générale des routes et des aérodrômes (RGRA)* n° 735, décembre 1995, pp. 70-73, www.editions-gra.com
- [3] « Lait de chaux en protection des couches de collage : impact sur l'adhésion inter-couches », D. Lesueur, J. Hanssens, A. Destree, J. de Visscher, Actes du 22^e congrès belge de la Route, Liège, 11-13/09/2013
- [4] « Skin formation during the drying of a bitumen emulsion », D. Lesueur, C. Coupé, M. Ezzarougui, *Road Mat. Pavement Design 2*, pp. 169-179, 2001
- [5] « Evaluation of tack coat performance for thin and ultra-thin asphalt pavements », A. Destree, J. de Visscher et A. Vanelstraete, Actes du 5^e congrès Eurasphalt et Eurobitume, Istanbul, article A5EE-178, 2012
- [6] Projet de norme Pr NF EN 12697-48, « Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud », Partie 48 : « Liaison intercouche »
- [7] SN 640 430b, norme suisse, « Enrobés bitumineux compactés – Conception, exécution et exigences relatives aux couches en place », chapitre G : « Exigences relatives aux couches et leurs contrôles », Partie 45 : « Liaison entre les couches », page 23, version 2008
- [8] « Zur Umsetzung der Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner in die Praxis », S. Böhm et U. Stöckert, *Bitumen 64* (3), 94-99, 2002
- [9] « RILEM Interlaboratory Test on Interlayer Bonding of Asphalt Pavements », H. Piber, F. Canestrari, G. Ferrotti, X. Lu, A. Millien, M. Parl, C. Petit, A. Phelipot-Mardelle et C. Raab, in *Advanced Testing and Characterisation of Bituminous Materials*, A. Loizos, M. Parl, T. Scarpas et I. Al Qadi Eds, Vol. 2, pp. 1181-9, 2009