

Liste des documents

DOCUMENT 1 (3 pages)	Bilan environnemental, rapport annuel – données de 2022 Routes de France	Pages 4 à 6
DOCUMENT 2 (2 pages)	SEVE – Système d’Evaluation des Variantes Environnementales - <i>www.seve-tp.com</i>	Pages 7 à 8
DOCUMENT 3 (4 pages)	Routes et voiries : Intégration des critères environnementaux dans les marchés de travaux – USIRF Routes de France	Pages 9 à 12
DOCUMENT 4 (4 pages)	Emploi de lait de chaux Asphacal®TC en protection des couches d’accrochage – <i>RGRA N°925 février 2015</i>	Pages 13 à 16
DOCUMENT 5 (7 pages)	Voirie, espaces publics : solutions économes /Une solution innovante pour le retraitement en place d’une chaussée polluée - <i>Cerema</i>	Pages 17 à 23

Questions :

1/ Quelles actions environnementales ont été prises depuis 2009 pour respecter la convention d'engagement volontaire dans la construction et l'entretien des infrastructures routières ?"

(5 lignes maximum)

1 point

2/ Pourquoi l'outil SEVE (Système d'Évaluation des Variantes Environnementales) est-il précieux pour les maîtres d'ouvrage et comment facilite-t-il l'intégration de critères environnementaux dans leurs appels d'offres ainsi que l'optimisation de leur analyse ?

(10 lignes maximum)

3 points

3/ Expliquez comment l'utilisation du lait de chaux contribue à la protection des couches d'accrochage dans les chantiers routiers. Quels sont les avantages de cette technique pour la durabilité et la qualité des enrobés ? Quels bénéfices cela offre-t-il au gestionnaire routier ?

(15 lignes maximum)

5 points

4/ Le conseil départemental de Saône-et-Loire (CD71) a adopté un procédé novateur de réemploi développé par Eiffage Route pour répondre à la problématique des matériaux pollués de chaussée. Votre supérieur hiérarchique souhaite développer cette méthode pour les futurs chantiers. Vous êtes chargé(e) de rédiger une note sur les bénéfices potentiels et les défis associés à cette solution, en comparaison avec les techniques classiques de renforcement de chaussée.

(20 lignes maximum)

7 points

4 points orthographe – grammaire - présentation

PRÉAMBULE

Les principaux acteurs de la conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voiries et espaces publics se sont engagés, à travers une convention d'engagement volontaire (CEV) signée en 2009, à concevoir, construire et entretenir des infrastructures respectueuses de l'environnement.

Par cette convention, les entreprises de terrassement et de construction routière, en lien avec leurs partenaires (Assemblée des Départements de France et Syntec Ingénierie), sous l'égide de la FNTP, se sont notamment engagées auprès du Ministère de l'Écologie à réduire les émissions de gaz à effet de serre et réemployer ou valoriser les matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers.

Les acteurs des infrastructures de mobilités ont renouvelé en 2021 leurs engagements à travers un pacte signé en janvier sous l'égide du Ministère des Transports et de l'IDRRIM. Ce nouveau pacte d'engagement affiche de nouveaux objectifs ambitieux pour répondre **aux enjeux de la transition écologique, de la transition énergétique et de la transition numérique.**

Depuis 2011, un bilan environnemental est publié chaque année par Routes de France afin d'évaluer les retombées de la convention d'engagement et du pacte d'engagement de l'IDRRIM à partir de différents indicateurs quantitatifs.

Ce bilan environnemental relatif aux données de l'année 2022 permet de quantifier l'évolution des pratiques de la profession routière.



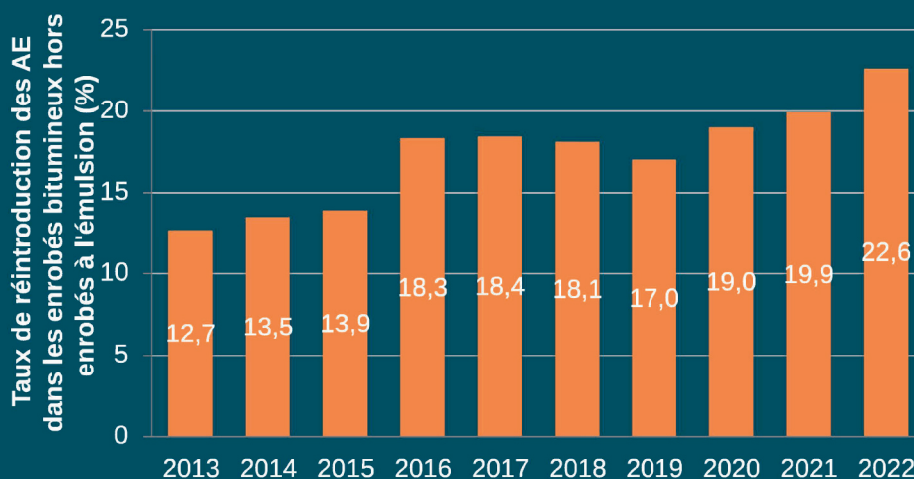
AGRÉGATS D'ENROBÉS

En 2022, le taux moyen de réintroduction d'agrégats d'enrobés* issus du recyclage dans les enrobés bitumineux (hors enrobés à l'émulsion) s'établit à **22,6%**. Il augmente assez nettement par rapport à 2021. L'objectif fixé dans le pacte IDRRIM de dépasser le seuil des 20% à l'horizon 2025 est atteint en 2022.

Le gisement disponible d'enrobés issus de la déconstruction des chaussées est presque intégralement utilisé pour le recyclage des enrobés en usine. Le Projet National MURE a permis de consolider les connaissances scientifiques et techniques sur le recyclage et l'abaissement des températures. Recycler 100% des enrobés issus de la déconstruction est un objectif visé à moyen terme.



* Les agrégats d'enrobés sont élaborés par un procédé industriel à partir de matériaux de récupération : fraisats des chantiers, retours de déconstruction de chantiers d'enrobés sous forme de plaques et de croûtes, retours d'enrobés des chantiers non mis en œuvre, rebus et les surplus de production d'usine d'enrobés.



Taux de réintroduction des agrégats d'enrobés recyclés dans les enrobés bitumineux (%) hors enrobés à l'émulsion de 2013 à 2022

Routes de France - Bilan environnemental (données 2022) - Septembre 2023

RETRAITEMENT EN PLACE À L'ÉMULSION

Cet indicateur correspond à l'ensemble des corps de chaussées retraités en place par des techniques aux liants bitumineux (émulsion ou mousse). Le suivi de cet indicateur a commencé en 2012 avec son introduction dans l'enquête de suivi de la CEV.

Ces techniques présentent des intérêts multiples :

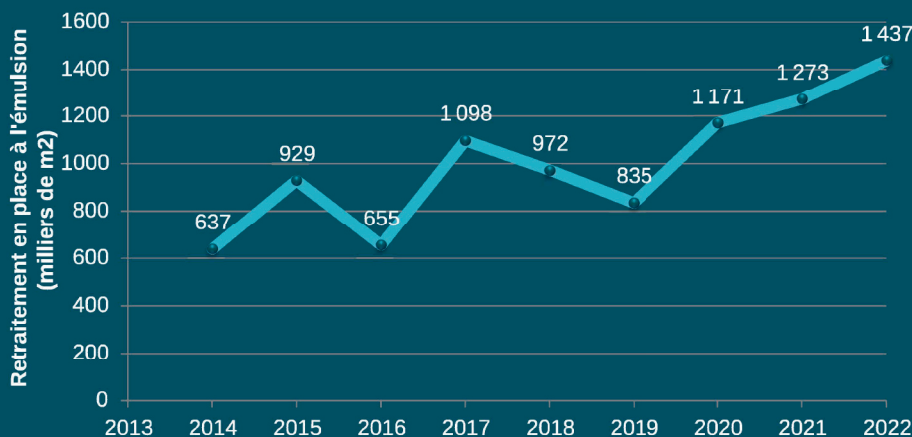
- préservation de la ressource en matériaux neufs ;
- suppression du transport lié à l'acheminement des matériaux neufs.
- réduction des émissions de gaz à effet de serre

Elles réduisent donc de manière significative l'impact environnemental lié à l'entretien des chaussées.

Le retraitement en place à l'émulsion représente **1 437 000 m²** en 2022.



© Photothèque COLAS



Evolution des surfaces de chaussées retraitées en place à l'émulsion depuis 2014

APPEL D'OFFRES

MATIÈRES PREMIÈRES



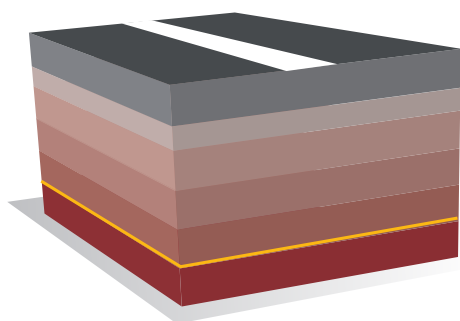
FABRICATION



TRANSPORT ET MISE EN ŒUVRE



SEVE® permet l'évaluation environnementale de chacune des phases de réalisation ou d'entretien de vos routes et voiries urbaines.



- Couches de surface
(Roulement, liaison et accrochage)
- Couches d'assise
(Base et fondation)
- Couche de forme
- PST
- Terrassement



CINQ INDICATEURS



La consommation
énergétique
(exprimée en MJ)



L'émission de
gaz à effet de serre
(exprimée en t eq de CO₂)



La consommation
de granulats
(exprimée en t)



La valorisation
d'agrégats d'enrobés
(exprimée en t)



La tonne kilométrique
(exprimée en t)

RÉSULTATS FOURNIS PAR LE LOGICIEL SEVE®

Exemple d'indicateur :

COMPARAISON DES ÉMISSIONS TOTALES DE GAZ À EFFET DE SERRE (en t eq CO₂)

Graphique

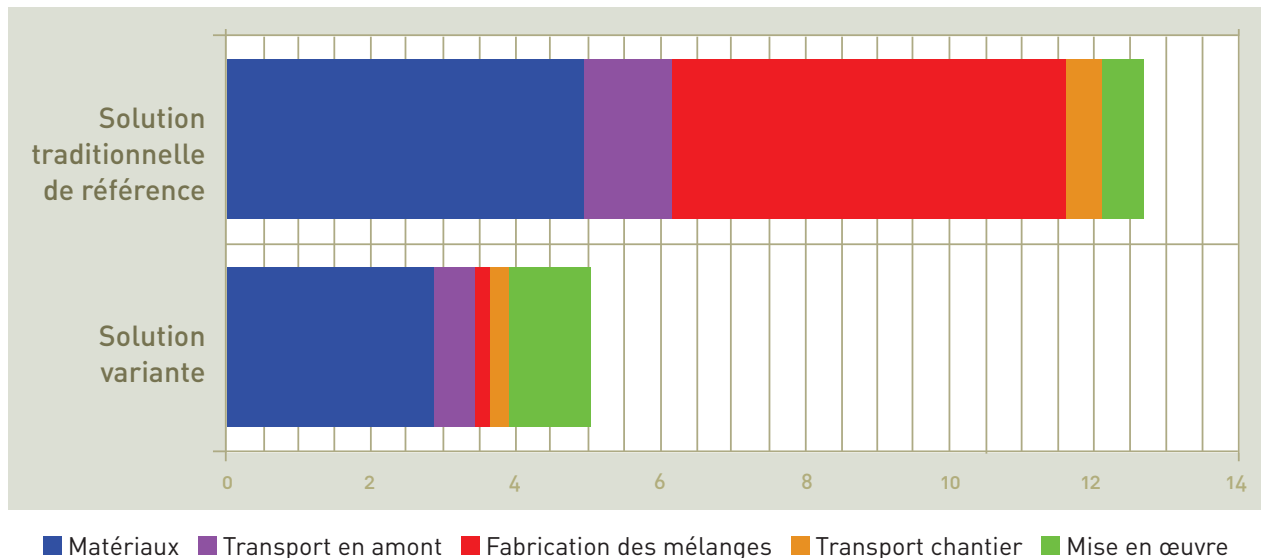


Tableau de chiffres (en t eq CO₂)

Solution	Matériaux	Transport en amont	Fabrication des mélanges	Transport chantier	Mise en œuvre	Total	Comparaison / Base
Solution traditionnelle de référence	5,0	1,2	5,5	0,5	0,5	12,7	
Solution variante	2,9	0,6	0,2	0,3	1,1	5,0	-60,3%

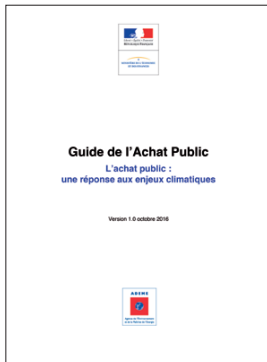
UN DOCUMENT DÉTAILLÉ, AU FORMAT PDF, DONNANT :



- > L'identification du soumissionnaire, du maître d'ouvrage et du projet
- > Une information générale sur le logiciel
- > La présentation sommaire des solutions
- > Le tableau des résultats (5 indicateurs)
- > La présentation détaillée des solutions
- > La liste de formules d'enrobés utilisées

CADRE TECHNIQUE

POUR LA PRISE EN COMPTE DES CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX DANS LES MARCHÉS DE TRAVAUX «ROUTES ET VOIRIES»



LE GUIDE « L'ACHAT PUBLIC, UNE RÉPONSE AUX ENJEUX CLIMATIQUES »*

Co-publié en octobre 2016, par le Ministère de l'économie et des finances et l'ADEME, ce guide vise à apporter un ensemble d'informations technico-juridiques et des propositions opérationnelles pour la mise en œuvre et le déploiement d'une démarche d'achat intégrant des considérations relatives au changement climatique.

Il répond au souhait de mettre à disposition des acteurs qui se mobilisent sur ce sujet émergent, des éléments aussi détaillés que possible afin de professionnaliser cette thématique, condition pour la faire progresser et exploiter son potentiel.

* Guide téléchargeable sur : www.economie.gouv.fr/daj/guide-climat

Extrait du guide :



...Pré-requis à l'utilisation d'un outil d'évaluation environnementale dans un marché public

Pour répondre à l'enjeu d'**homogénéité des choix méthodologiques** et du **format de restitution**, certains secteurs d'activité ont développé un outil commun. C'est par exemple le cas dans le secteur des travaux publics où de tels outils ont été développés afin d'aider à l'identification et aux choix des solutions présentant des performances environnementales améliorées (liste non exhaustive) :

- **L'éco-comparateur SEVE**, développé par l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF), permet l'évaluation environnementale des phases de réalisation ou d'entretien des routes et voiries urbaines, réseaux divers et terrassement. **SEVE est accessible à tous** ;
- L'outil **Canopée**, développé par Canalisateurs de France, permet l'évaluation environnementale des chantiers de canalisation (selon l'indicateur d'émission de gaz à effet de serre). Canopée est réservé aux entreprises adhérentes au Canalisateurs de France et non disponible aux maîtres d'ouvrage.

On constate également le développement de tels outils dans d'autres secteurs comme par exemple **Paper Metrics®**, développé par l'éco-organisme, Ecofolio, qui permet de visualiser les impacts environnementaux d'imprimés publicitaires .

L'adéquation de SEVE aux principes fondamentaux de la commande publique

Le tableau ci-contre* présente « **les bonnes questions à se poser** », en tant qu'acheteur public, avant d'utiliser un outil d'évaluation environnementale réalisé par des entreprises dans le cadre d'un marché public.

En répondant de façon positive aux questions ci-contre, l'acheteur s'assure de :

1. La **robustesse technique** de l'outil
2. Le **respect des exigences fondamentales** de la commande publique dans l'utilisation de l'outil (réponses positives à toutes les questions du tableau)...





LES QUESTIONS QUE DOIT SE POSER L'ACHETEUR	LES RÉPONSES DANS LE CAS DE SEVE
<p>1 LA MÉTHODE UTILISÉE EST-ELLE ROBUSTE ET RECONNUE ?</p> <p>La méthode d'évaluation environnementale ne doit pas se focaliser sans justification sur certaines étapes favorisant ou défavorisant certains candidats. Les méthodes normalisées ou bénéficiant d'une reconnaissance et vérifiées par tiers (type revue critique) présentent de bonnes garanties d'objectivité.</p>	<p>OUI L'outil SEVE est fondé sur la méthode de l'analyse de cycle de vie et s'appuie sur les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (utilisées pour la base de données des « facteurs d'impacts »). Il a fait l'objet d'une revue critique (en 2011) par un expert indépendant pour vérifier la conformité aux normes ACV et d'un avis technique de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM – en 2013).</p>
<p>2 L'OUTIL A-T-IL ÉTÉ ÉLABORÉ DE FAÇON PARTAGÉE ET CONCERTÉE ?</p> <p>L'outil doit être reconnu par la profession, et ne pas avoir été développé par ou pour une entreprise en particulier. Les parties intéressées doivent avoir été consultées.</p>	<p>OUI L'outil a été développé par l'Union des syndicats de l'industrie routière française (USIRF), à la suite d'une Convention d'Engagement Volontaire signée avec les pouvoirs publics en mars 2009. L'élaboration de SEVE a réuni un groupe de travail paritaire de 18 membres représentant l'ensemble des acteurs de la profession (UNPG, MEDDE, Ecole des Ponts, Conseils Généraux, etc.)</p>
<p>3 L'OUTIL RÉPOND-IL BIEN À L'OBJET DU MARCHÉ ?</p> <p>L'outil doit être directement lié à l'objet du marché. En particulier, l'outil doit servir à évaluer le produit (ou la prestation) acheté ou le service rendu, et non l'entreprise (l'organisation) qui les fournit.</p>	<p>OUI L'outil couvre le chantier (approche « produit ») et est bien utilisé pour comparer une solution technique de base avec une ou plusieurs variantes proposées par les candidats, selon les différents indicateurs environnementaux disponibles. SEVE ne vise pas à évaluer les entreprises dans leur globalité.</p>
<p>4 LA MÉTHODE DE CALCUL EST-ELLE ACCESSIBLE À TOUTES LES PARTIES INTÉRESSÉES ?</p> <p>Le donneur d'ordre doit faire clairement connaître aux candidats les modalités de sélection des offres (points affectés et pondération des critères) ; en particulier, les candidats doivent comprendre quels calculs sont faits par l'outil et comment leur offre est évaluée.</p>	<p>OUI La méthode de calcul des impacts et les facteurs d'émission associés sont accessibles sur demande ou en ligne www.seve-tp.com (Il revient par contre à l'acheteur de définir la pondération entre les différents impacts).</p>
<p>5 UN CADRE DE RÉPONSE HOMOGENÈME EST-IL PROPOSÉ DIRECTEMENT DANS L'OUTIL ?</p>	<p>OUI SEVE permet d'indiquer dans le dossier de consultation les paramètres et données que devront renseigner les candidats. De plus, SEVE restitue d'une part, l'ensemble des données d'activité renseignées par les candidats et d'autre part, présente les résultats de l'analyse environnementale selon un format prédéfini (format pdf).</p>
<p>6 EST-IL POSSIBLE DE VÉRIFIER LES DONNÉES D'ACTIVITÉS RENSEIGNÉES PAR LES CANDIDATS ?</p>	<p>OUI D'une part, les données d'activité sont restituées dans le rapport d'analyse environnementale issu de SEVE. D'autre part, il sera possible pour l'acheteur public de contrôler que le candidat retenu respecte la mise en œuvre des activités déclarées dans le mémoire environnemental (utilisation d'enrobés tièdes, de granulats recyclés...)</p>
<p>7 LA DÉMARCHÉ ENVIRONNEMENTALE EST-ELLE PROPORTIONNÉE AUX ENJEUX DU MARCHÉ ?</p> <p>La complexité de la démarche et la charge de travail doit être proportionnée aux enjeux économiques et environnementaux du marché envisagé.</p>	<p>OUI Dans le cas de SEVE, les renseignements à fournir peuvent rester relativement simples ; Le coût du logiciel est modique et, de plus, les candidats ne sont pas obligés de répondre avec SEVE : il leur est possible de transmettre les données d'activités à l'acheteur public qui évaluera lui-même le bilan environnemental de chaque offre.</p>
<p>8 UN ACCOMPAGNEMENT DES ENTREPRISES POUR L'UTILISATION DE L'OUTIL EST-IL POSSIBLE ?</p>	<p>OUI Des formations sur l'utilisation de SEVE sont disponibles. Par ailleurs, l'acheteur public se devra de répondre aux questions qui peuvent se poser aux candidats quant à l'utilisation de SEVE.</p>

* Ce tableau est extrait du Guide «L'achat Public...» pages 70 et 71



CADRE JURIDIQUE

POUR LA PRISE EN COMPTE DES CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX DANS LES MARCHÉS DE TRAVAUX «ROUTES ET VOIRIES»

AU NIVEAU EUROPÉEN :

La directive 2014/24/UE⁽¹⁾ préconise l'introduction des critères environnementaux dans les marchés et incite les pouvoirs adjudicateurs à **évaluer les coûts du cycle de vie**. Ils doivent indiquer dans les documents de marché **les données** que doivent fournir les soumissionnaires et **la méthode** qu'utilisera le pouvoir adjudicateur pour déterminer le coût du cycle de vie sur la base de ces données⁽²⁾.

AU NIVEAU NATIONAL :

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV).

- Prévoit des objectifs de **recyclage**.
- Introduit la notion de **commande publique durable**.
- Introduit dans le code de l'environnement le principe de **non-discrimination des produits issus de la valorisation ou du réemploi** (art. L. 541-33 du code de l'environnement).

Concernant plus particulièrement les chantiers routiers, l'article 79 de cette loi :

- Stipule que tout appel d'offres public intègre une priorité à l'utilisation des matériaux issus du **réemploi** ou du **recyclage de déchets**.
- Prévoit, **à compter de 2017**, que l'État et les collectivités devront, chaque année, justifier de l'utilisation d'un minimum de 50% de matériaux issus du réemploi ou du recyclage de déchets.
- Stipule enfin, qu'à partir de 2020, l'Etat et les collectivités justifient qu'au moins **60% en masse** de l'ensemble des matériaux utilisés pendant l'année, dans leurs chantiers de construction routiers sont issus du réemploi, de la réutilisation ou de recyclage de déchets.

L'article 173 de cette loi :

- Prévoit que dans le cadre de la stratégie bas-carbone, le niveau de soutien financier des projets publics intègre, **systématiquement** et parmi d'autres critères, le critère de contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'ordonnance n° 2015-899 du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics

- L'article 34 relatif aux marchés publics globaux de performance : le marché global permet d'atteindre des objectifs chiffrés de performance définis notamment en termes de qualité de service, d'efficacité énergétique ou d'incidence écologique.
- L'article 30 prévoit que la nature et l'étendue des besoins à satisfaire sont déterminées avec précision avant le lancement de la consultation en prenant en compte des objectifs de développement durable dans leurs dimensions économique, sociale et environnementale.

Le décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 relatif aux marchés publics.

Sous-section 6 : Attribution du marché public.

L'article 62 prévoit :

- Soit la prise en compte du **critère unique du coût** (des travaux), **déterminé selon une approche globale** qui peut être fondée sur le coût du cycle de vie au sens de l'article 63. Le critère unique du prix ne peut pas être utilisé dans les marchés de travaux.
- Soit à une pluralité de critères non-discriminatoires, liés à l'objet du marché public, parmi lesquels figurent le prix ou le coût et d'autres critères comme les performances en matière de protection de l'environnement.

L'article 58 donne la possibilité aux acheteurs d'ouvrir les marchés **aux variantes**. Cela peut donner lieu à la présentation de variantes « environnementales » de la part des entreprises.

(1) du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics

(2) Ex : Règlement de consultation CD 80 ou CD 33



LES TRAVAUX ROUTIERS

PRÉCURSEURS



Le secteur des travaux routiers est un secteur en pointe sur les questions environnementales dans la commande publique.

Cette préoccupation environnementale déjà ancienne dans les Travaux Publics s'est formalisée en 2009, suite au Grenelle de l'environnement, par la signature d'une convention d'engagement volontaire (CEV) notamment avec l'État et l'Assemblée des départements de France, déclinée dans **plus de 60 collectivités** dont plus de 55 départements.

Cette convention a fixé des objectifs chiffrés tels que :

- réemployer ou valoriser 100% des matériaux géologiques naturels excavés sur les chantiers d'ici à 2020,
- ainsi que réduire de 33% les émissions de gaz à effet de serre des activités de terrassement, d'entretien routier et de construction.

Cette convention a eu également pour objectif de créer un éco-comparateur (SEVE), **à disposition de tous**, permettant de faciliter l'**analyse** et la **comparaison** des variantes environnementales dans les marchés de travaux. Cet outil devient indispensable pour répondre aux objectifs de la loi de transition énergétique. (www.seve-tp.com)



LE MIEUX-DISANT ENVIRONNEMENTAL

PAS FORCÉMENT PLUS CHER !

Lors de la journée "Marché public de travaux, voirie et terrassements" du 22 novembre 2016 à Bordeaux, sous l'égide de l'ADEME, du réseau 3AR et du réseau Grand-ouest, le département de la Gironde a témoigné de son expérience. Il intègre et évalue des critères environnementaux dans ses marchés de réfection et de construction de routes d'un montant supérieur à 500 000 euros HT de manière systématique.

Le critère environnemental est pondéré à 20% (le prix à 70% et la valeur technique à 10%).

Le département estime qu'en 2013, sur 23 millions d'euros de travaux neufs, le choix des variantes à l'aide de SEVE a permis de réduire de 15,3% les émissions de GES et de 6,6% le coût. Le mieux-disant environnemental, grâce aux économies sur les matériaux et l'énergie, peut donc coûter moins cher !



(1) La DREAL Aquitaine a mis en place un système de prime ou pénalité sur ses marchés de travaux via SEVE.



Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française
9 rue de Berri 75008 PARIS.

www.usirf.com

Innovation routière Couches de collage

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 Mabilie
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 fraisées, 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

certains 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
Epandage 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 Asphalt 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.

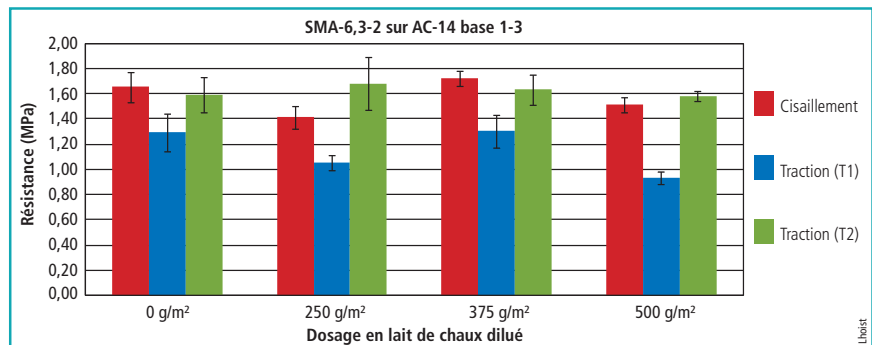


Figure 1
Résistances moyennes au cisaillement et à la traction mesurées sur éprouvettes de SMA collées sur AC-14 (BBSG), préparées au laboratoire, en fonction du taux de lait de chaux dilué appliqué sur une couche d'accrochage « propre » [3]
Average shear and tensile strength values measured on SMA specimens 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]

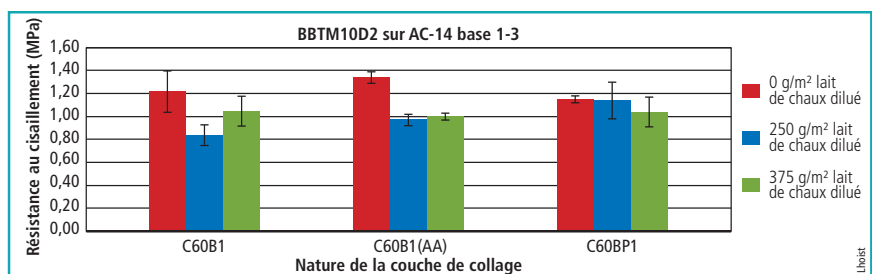


Figure 2
Résistances moyennes au cisaillement mesurées sur éprouvettes de BBTM sur AC-14 (BBSG), préparées au laboratoire, en fonction du taux de lait de chaux dilué appliqué et de la nature de la couche d'accrochage [3]
Average shear strength values measured on very thin asphalt (BBTM) specimens bonded 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**.

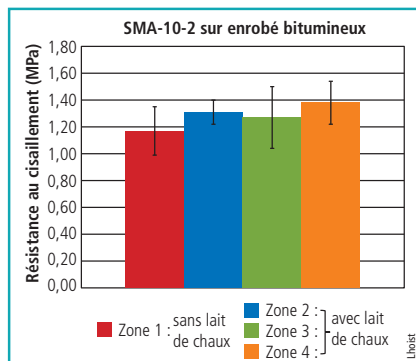


Figure 3
Résistances moyennes au cisaillement mesurées sur carottes prélevées dans quatre zones de la BAU de la nationale N25 (Belgique) [3]

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 propreté 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 fraiseage 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 aéroports (RGRA)* n° 735, décembre 1995, pp. 70-73, www.editions-rgra.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 Euraspalt 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. Partl, C. Petit, A. Phelipot-Mardelle et C. Raab, in *Advanced Testing and Characterisation of Bituminous Materials*, A. Loizos, M. Partl, T. Scarpas et I. Al Qadi Eds, Vol. 2, pp. 1181-9, 2009

*Voirie, espaces publics :
solutions économes*

Une solution innovante pour le retraitement en place d'une chaussée polluée

Les enjeux économiques et environnementaux incitent les collectivités locales à développer des démarches économes dans la conception et la gestion de leurs voirie et espaces publics.

Cette série de fiches vise à partager le retour d'expérience de ces collectivités au travers de la présentation d'un panel de solutions économes.

*UVP : Unité de véhicule particulier

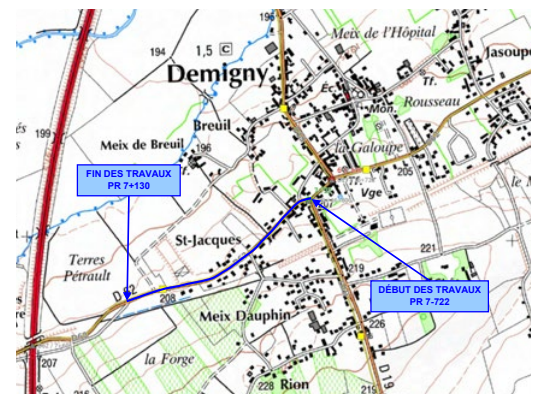
La gestion des matériaux pollués de chaussées accroît considérablement les dépenses liées aux seuls travaux d'entretien. Pour faire face à cette problématique, le conseil départemental de Saône-et-Loire (CD71) s'est orienté vers un procédé innovant de réemploi de matériaux pollués mis au point par l'entreprise Eiffage Route. En plus de maîtriser les risques sanitaires, cette technique a répondu aux objectifs de maîtrise des coûts du chantier tout en limitant fortement son impact environnemental.

Présentation des travaux

Les travaux concernent la RD62 sur 900 m en traversée de Demigny, une petite commune rurale au sud de Beaune (21). La voirie présente une chaussée bidirectionnelle à 2 voies de circulation d'une largeur variable de 6 à 7 m supportant un trafic moyen journalier annuel de l'ordre de 2350 UVP* par sens dont 6 % de poids lourds.

L'entretien de la chaussée réalisé en juin 2017 est justifié par des désordres structurels importants spécifiques d'une chaussée en fin de vie. En parallèle, des travaux ont visé à améliorer la qualité d'usage des trottoirs latéraux.

La maîtrise d'ouvrage est assurée par le CD 71.



Fiche n° 04 - Juillet 2020

Une chaussée fortement polluée en milieu urbain

Des contraintes sanitaires et environnementales fortes : une chaussée polluée aux HAP

Dans le cadre des études préalables, plusieurs sondages et carottages ont été réalisés par le Cerema et la maîtrise d'œuvre en différents points et profondeurs (jusqu'à 35 cm). Ils ont permis de déterminer la nature des matériaux de la chaussée existante et ont mis en évidence une pollution.

L'analyse des sondages a notamment révélé la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à des concentrations importantes (entre 1 500 mg et 2 500 mg/kg de masse sèche).

Le niveau de dangerosité des matériaux mesuré lors des investigations rend impossible leur valorisation à chaud ou à froid sur un autre chantier et conduit théoriquement à une évacuation vers une installation de stockage adaptée, en l'espèce vers une installation de stockage des déchets dangereux (ISDD).

Les contraintes du chantier urbain

Mise à part la prise en compte des risques sanitaires et environnementaux évoqués précédemment liés à la présence de HAP dans les matériaux, les travaux en milieu urbain doivent intégrer les contraintes suivantes :

- l'objectif de maîtrise des coûts des travaux fixé par le maître d'ouvrage ;
- l'environnement urbain du chantier : la présence de réseaux divers et d'urgences, la présence possible de pavés, de dalles et de gros éléments, la proximité d'habitations, le caractère stratégique de l'axe concerné en traversée d'agglomération ;
- l'altimétrie étant donné que des trottoirs sont aménagés en parallèle pour le cheminement sécurisé des piétons ;
- le profil de la chaussée pour la circulation des engins de chantier (largeur standard, pas de courbe à très faible rayon).

Les HAP dans les enrobés de voirie

Les HAP sont présents dans les enrobés bitumineux contenant du goudron.

À température ambiante, un matériau contenant des HAP ne présente pas de risques sanitaire et environnemental (il peut y avoir toutefois un lessivage des matériaux).

En revanche, dès que ce matériau est chauffé, par exemple à l'occasion de travaux d'entretien, les émissions de fumées générées et la libération de polluants volatils (HAP sous formes particulaire et gazeuse) exposent les travailleurs et les riverains du chantier à des risques sanitaires par voie cutanée ou par inhalation de fumées.

Au sens du code de l'environnement (articles R. 541-8 et R. 541-10), des matériaux présentant une teneur en HAP supérieure ou égale à 1 000 mg/kg sont considérés comme des déchets dangereux et cancérigènes (cancers cutanés, pulmonaires, de la vessie). À ce titre, dès lors qu'ils sont évacués d'un chantier, ils doivent être acheminés vers des ISDD [1].

Descriptif technique de la solution retenue

Les parties prenantes impliquées dans les travaux sont :

- la maîtrise d'ouvrage (MO), commanditaire des travaux à savoir le CD 71 ;
- la maîtrise d'œuvre (MOe) : la direction des routes et infrastructures du CD 71 ;
- l'entreprise attributaire du marché ayant mis au point la solution innovante d'entretien présentée dans la suite du document : Eiffage Route.

Le Cerema est intervenu ponctuellement dans le cadre des études amont de faisabilité.

Pour répondre aux contraintes du chantier et aux objectifs du MO, une solution technique innovante a été mise au point et mise en œuvre par l'entreprise.

Les solutions envisageables

Dans le cas d'un entretien d'une chaussée polluée aux HAP en traversée d'agglomération, la maîtrise d'œuvre et l'entreprise peuvent s'orienter sur plusieurs solutions techniques d'entretien :

1. **le rechargement de la chaussée existante** avec une couche superficielle d'enrobé. Simple à mettre en œuvre et économique, cette solution est toutefois écartée ici parce que, d'une part, elle ne répond pas à la contrainte altimétrique et d'autre part, elle ne suffit pas à renforcer la structure de chaussée sur une durée longue ;

2. **le renforcement structurel de chaussée.** La technique consiste traditionnellement à raboter la couche de surface puis à déconstruire tout ou partie des couches de chaussée en place dégradées (épaisseur de 30 à 35 cm dans le cas de Demigny). Les matériaux excédentaires sont évacués vers des plateformes de recyclage ou des installations de stockage. Les couches déconstruites sont ensuite remplacées par des couches de matériaux neufs (matériaux traités au liant hydraulique ou matériaux bitumineux) ;

3. **le retraitement en place à froid de l'ancienne chaussée** (réemploi), employant du matériel spécifique, sous réserve de maîtriser les risques sanitaires et environnementaux [2].

Dans le cadre d'une gestion économe des ressources, la maîtrise d'œuvre a finalement opté pour le choix du retraitement en place (réemploi) des matériaux de chaussée pollués grâce à un procédé innovant développé par Eiffage Route.

Ce procédé a été lauréat en 2015 du Comité innovation routes et rues (CIRR) de la direction des Infrastructures de transport (DIT).

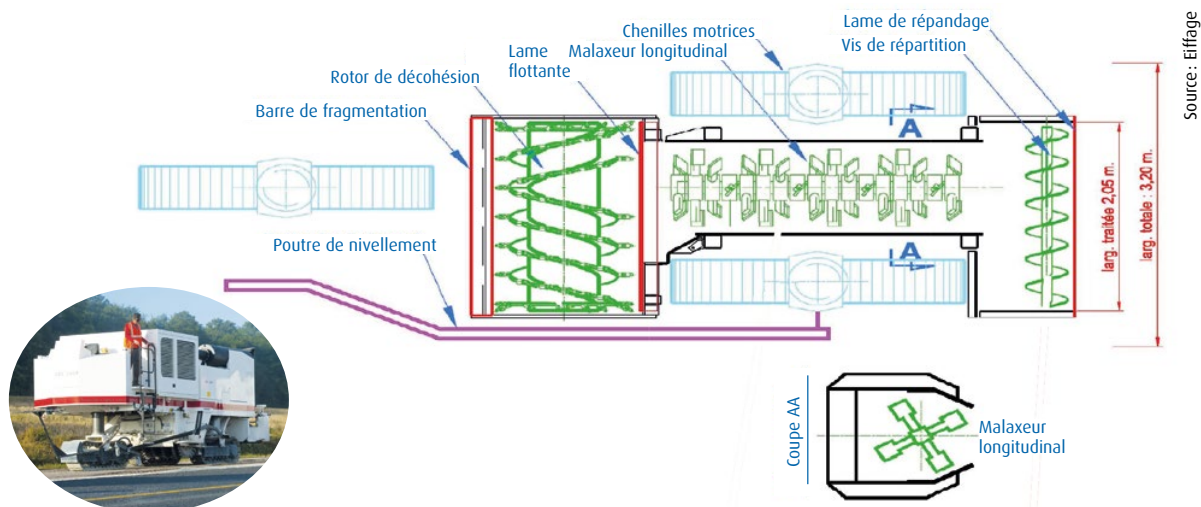
La solution technique innovante mise en œuvre

L'entreprise Eiffage Route a proposé au MOE d'utiliser un procédé innovant qu'elle a mis au point spécifiquement pour retraiter en place des chaussées polluées : Recyclean®.

Ce procédé repose sur l'utilisation d'ateliers de retraitement spécifiques : les ateliers de retraitement de chaussées (ARC 700® ou 1000®).

Ils sont équipés, en périphérie, d'un système de brumisation d'eau ayant pour fonction de rabattre les poussières et polluants. Le retraitement des matériaux est, quant à lui, réalisé sous cloche avec du liant hydraulique, permettant de rigidifier les matériaux de chaussée et d'encapsuler les polluants (gazeux et particulaires) au moment du retraitement de l'ancienne chaussée.

Contrairement à d'autres machines de retraitement, l'atelier utilisé dispose d'un coefficient HEPIL maximal de 33333 [3]. Ce coefficient qualifie la qualité du retraitement réalisé par l'atelier. Il traduit un matériel doté d'un malaxeur longitudinal permettant d'homogénéiser les matériaux en largeur et profondeur et de garantir un dosage en liant correct en tout point et bien réparti sur toute la largeur de la machine quand bien même la machine ferait plusieurs passes avec localement des recouvrements importants.



Coupe schématique (vue de dessus) et photo de l'atelier de retraitement utilisé

Source : Eiffage

La réalisation des travaux

Le retraitement en place consiste à fragmenter, sur un linéaire d'environ 1 km, le corps de chaussée sur une profondeur de 30 à 35 cm. L'intégralité des matériaux déconstruits sont réemployés en sous-couche routière grâce au procédé innovant.

Le revêtement de surface en enrobé bitumineux partiellement recyclé (jusqu'à 30 %) est ensuite appliqué sur une épaisseur de 6 cm¹.

Après une phase préalable dédiée à l'ingénierie (essais, sélection du liant, étude au laboratoire central Eiffage Route pour vérifier les performances mécaniques...), la durée des travaux n'a pas excédé cinq jours dont deux consacrés à lever les seules contraintes liées à la présence d'émergences sur la chaussée (descente des équipements de surface puis mise à niveau après le passage de l'atelier).

Le rendement du chantier a été au final de 4 000 m²/jour, soit environ 600 m/jour.

La remise en circulation est intervenue 24 heures après la fin de l'entretien pour les véhicules légers seulement.

Les limites techniques de la solution

Une intervention idéale en rase campagne, plus contrainte en milieu urbain

Habituellement utilisée en rase campagne ou en tissu urbain lâche, la solution présente les mêmes limites qu'une technique de retraitement en place avec des contraintes supplémentaires liées à un contexte urbain :

- présence possible de gros éléments ($D > 100$ mm) risquant de bloquer la machine ;
- nombreuses émergences (équipements de voirie et réseaux divers) ajoutant au chantier un temps de préparation supplémentaire.

Une technique exigeante en eau

Le retraitement en place au liant hydraulique exige l'apport d'un important volume d'eau pour la prise du matériau, environ 200 m³ pour 1 km retraité.

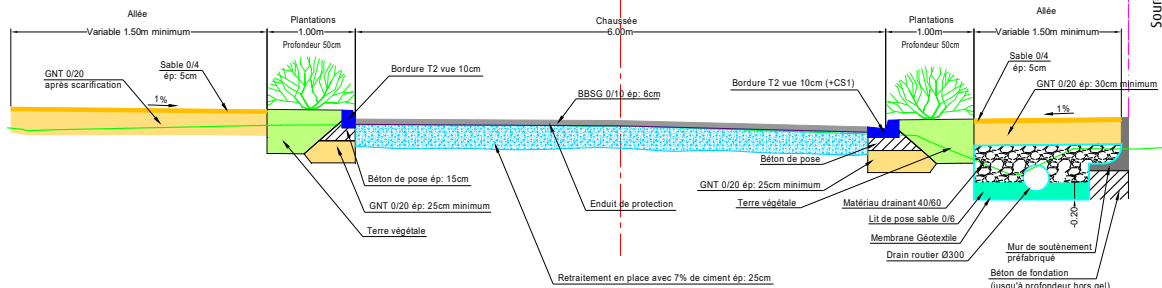
En outre, l'utilisation d'un liant hydraulique conduit à une fissuration de retrait, qui peut être importante. La présence d'enrobés bitumineux dans l'ancienne chaussée et une étude de traitement optimisée en laboratoire peuvent permettre de réduire ce risque de fissuration.



Mise en œuvre du procédé innovant dans le cadre des travaux d'entretien de la traversée de Demigny

1 L'épaisseur de la couche de roulement est fonction du trafic et de son agressivité (en particulier sa part poids lourds).

Un profil en travers type de la RD62 en traversée de Demigny
Le renforcement de la chaussée s'est accompagné de
l'aménagement de trottoirs



Le caractère économe de la solution technique

La solution mise en œuvre à Demigny est avantageuse pour les maîtres d'ouvrage souhaitant entreprendre des travaux de renforcement de leur chaussée sur plusieurs plans :

Sanitaire

Étant une technique à froid de retraitement, le procédé Recyclean® permet de maîtriser les risques sanitaires liés aux effets du réchauffage des agrégats d'enrobés pollués aux HAP.

Économique

1. Des économies sur les coûts de gestion des déchets correspondant à la suppression des coûts d'évacuation en ISDD. Ce poste de dépense est très important : coût élevé de stockage (de l'ordre de 70 à 500 €/tonne) [4], distance parfois importante de l'installation par rapport au chantier.

Les ISDD, réparties sur le sol français, sont au nombre limité de 16. Elles se trouvent donc généralement éloignées de la plupart des chantiers urbains. Ces installations peuvent en outre être limitées en capacité d'accueil. Dans le cas de Demigny, l'ISDD la plus proche se situe à Drambon (21), à 80 km au nord de Demigny. Les coûts d'évacuation auraient représenté à eux seuls le coût total de l'opération de retraitement, d'un montant de l'ordre de 200 k€ (soit 200 €/tonne).

2. Des économies sur les coûts d'achats et de production de matériaux neufs pour la création de la nouvelle assise.

3. Une technique plus rapide et moins contraignante pour les riverains qu'une reconstruction conventionnelle de chaussée.

Environnemental

La solution mise en œuvre présente les avantages propres au retraitement en place des matériaux issus de l'ancienne chaussée :

1. Une gestion économe des déchets se traduisant par :

- pas de production de déchets routiers durant l'étape de déconstruction : l'intégralité des matériaux de l'ancienne chaussée (évalués à 1 000 tonnes) est restée sur l'emprise du chantier et a été intégralement réemployée ;
- pas d'évacuation des matériaux pollués en ISDD.

2. Pas d'apport de granulats naturels pour la réalisation de la nouvelle couche d'assise ce qui a conduit à préserver les ressources naturelles non renouvelables : seuls, le liant hydraulique et l'eau peuvent compter comme apports.

La couche de roulement a, quant à elle, été réalisée à partir d'enrobés bitumineux partiellement recyclés (jusqu'à 30 %).

3. L'empreinte carbone du chantier sensiblement réduite. La technique à froid moins consommatrice d'énergie et la minimisation du transport des matériaux (double-fret) ont fortement réduit les émissions de gaz à effet de serre (GES).

La consommation énergétique du chantier est limitée au fonctionnement de l'atelier de retraitement et à la production des matériaux bitumineux de surface (couche de roulement) et du liant hydraulique (chauffage à 1400 °C).

Au final, le procédé Recyclean® permet d'être rentable dès le premier kilomètre contrairement aux solutions classiques de retraitement qui le sont à partir de 4 km.

Il permet de réemployer des matériaux pollués et de surcroît de traiter de plus petites surfaces qu'un retraitement en place conventionnel.

Et après, en phase d'usage ?

Dans la pratique, les HAP sont toujours présents dans le corps de chaussée retraité mais le fait de les avoir rigidifiés avec du liant hydraulique permet de se prémunir de tout risque de pollution, que ce soit lors de la réalisation des travaux et ultérieurement par lixiviation.

Des essais environnementaux ont été réalisés sur matériaux retraités (monolithes) et montrent l'absence de risque de pollution ultérieure par les HAP, le liant hydraulique fixant les polluants.



Source : Eiffage



Répliquabilité de la solution

En conclusion, malgré la présence de réseaux divers et d'urgences caractéristiques d'une chaussée urbaine et la présence de matériaux pollués aux HAP, le procédé Recyclean® mis en œuvre par Eiffage Route a permis de maîtriser les risques

sanitaires et environnementaux. Le procédé s'est révélé à la fois plus économique et de moindre impact environnemental qu'une technique conventionnelle d'entretien.

Cette solution a été éprouvée sur plusieurs autres chantiers selon le même dispositif dans un contexte urbain plus dense comme à Rouen et en rase campagne en Seine et Marne...

Elle peut être applicable dans d'autres cas de matériaux pollués ou présentant des risques² sanitaires et environnementaux même à des taux très importants : des retraitements en place Recyclean® ont déjà été réalisés avec des matériaux contenant plus de 8000 mg/kg en HAP!



Chantier Recyclean® dans un quartier résidentiel de Roanne

2 Sauf amiante qui ne sera jamais accepté par les autorités mais qui serait aussi faisable techniquement.

Évaluation comparative entre la solution technique innovante et une solution classique d'entretien

Critères de performance retenus	Indicateurs proposés	Solution de base : technique classique d'entretien de renforcement en structure bitumineuse épaisse sur 16 cm	Solution innovante retenue : procédé Recyclean®
Économiques	Coût de mise en œuvre	≈ 440 k€	≈ 350 k€
	Furtivité du chantier : durée d'exécution	4,5 jours (phasage du rabotage + application des différentes couches de chaussée)	5 jours (dont 3 jours uniquement pour le retraitement)
	Durée de vie prévisionnelle de la chaussée (après travaux)	20 ans	20 ans
	Expertise/technicité/ingénierie requise	Technique courante, facilement réalisable par les entreprises	Peu d'entreprises maîtrisent cette technique qui exige un dispositif spécifique
Environnementaux	Apports de matériaux neufs	Apport de matériaux neufs pour les couches d'assise	Pas d'apport de matériaux neufs pour les couches d'assise
	Gestion des déchets (matériaux de déconstruction)	<ul style="list-style-type: none"> • Production importante de déchets • Coûts élevés (évacuation + traitement en ISDD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de déchet produit : 100 % des matériaux restent sur place • Pas de coûts d'évacuation ni de traitement en décharge
	Chantier économe en eau		Technique au liant hydraulique exigeante en ressource en eau : consommation de 200 m ³ /km retraité
	Consommation énergétique du chantier <small>(Somme de l'ensemble des consommations en matières premières et en énergie des procédés de transformation des matériaux et des engins de transport et de mise en œuvre)</small>	Extraction, production et transport de matériaux neufs	Réemploi des matériaux issus de la déconstruction
	Empreinte carbone du chantier (émission de GES) : technique d'exécution employée, volume de transport poids-lourds (double fret)	<ul style="list-style-type: none"> • Technique à chaud • Transport important pour évacuation des déchets et apports de matériaux neufs 	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage à froid • Transport réduit au minimum • En revanche, production du liant hydraulique (chauffage à 1400°C)
	Préservation du réseau routier dans le voisinage du chantier	Risque d'endommagement en raison de la rotation importante des camions	Risque réduit d'endommagement en raison d'un volume de matériaux moins important à transporter
Externalités environnementales			

Performance équivalente
 Performance moins avantageuse
 Performance plus avantageuse