

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

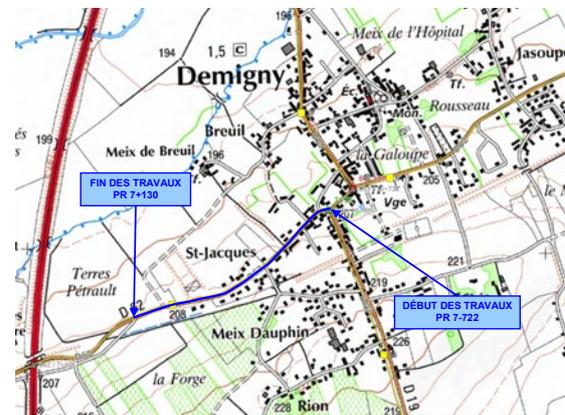
La gestion des matériaux pollués de chaussées accroît considérablement les dépenses liées aux seuls travaux d'entretien. Pour faire face à cette problématique, le conseil départemental de Saône-et-Loire (CD 71) s'est orienté vers un procédé innovant de réemploi de matériaux pollués mis au point par l'entreprise 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.



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 1500 mg et 2500 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).

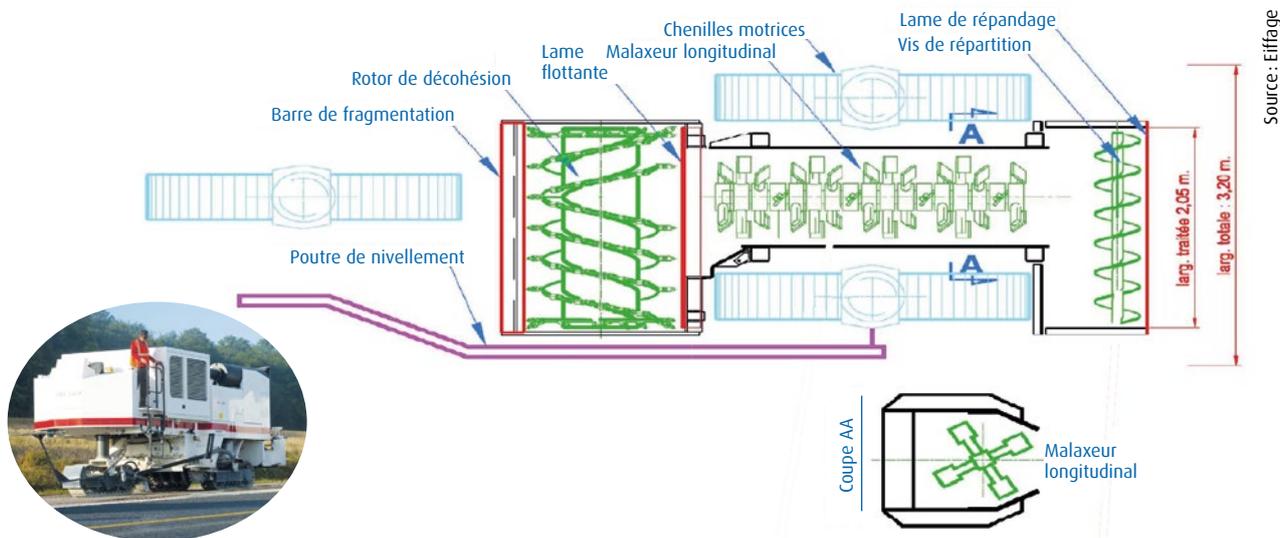
La solution technique innovante mise en œuvre

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.



Source: Eiffage

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

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'écarts 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 m³/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.

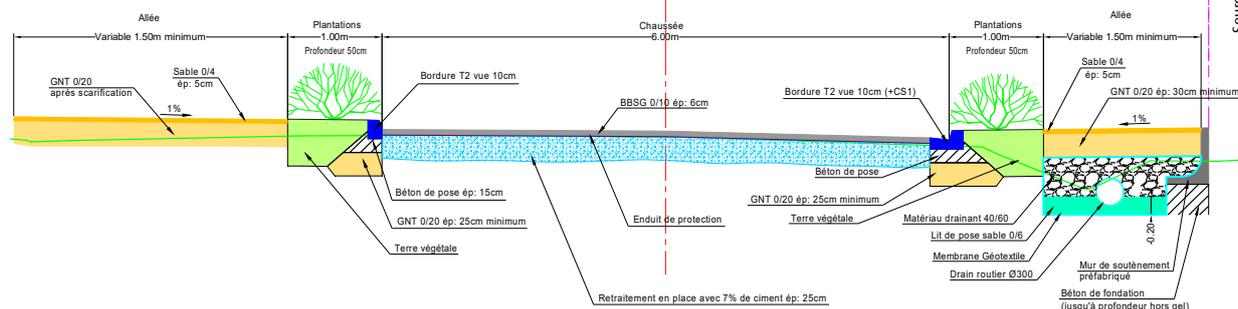


Source: Eiffage

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 RD 62 en traversée de Demigny
Le renforcement de la chaussée s'est accompagné de l'aménagement de trottoirs



Source: Techniques Topo

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 1 400 °C).

Au final, le procédé Recycleclean® 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 Recycleclean® 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 Recycleclean® ont déjà été réalisés avec des matériaux contenant plus de 8 000 mg/kg en HAP!



Source: Eiffage

Chantier Recycleclean® 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

Série de fiches « Voiries, espaces publics : solutions économes » (* à paraître)

- Fiche n° 01** Le réemploi d'une voie ferrée en liaison douce : l'expérience de Caux-Austreberthe, Pays de Caux
- Fiche n° 02** Un parking-relais modulable en période estivale : L'exemple d'Arcachon
- Fiche n° 03** Reconversion d'un parking en parc urbain à Saint-Étienne
- Fiche n° 04** **Une solution innovante pour le retraitement en place d'une chaussée polluée**
- Fiche n° 05** L'aire piétonne temporaire pour un usage optimisé : le retour d'expérience de Bourgoin-Jallieu*
- Fiche n° 06** Le recours au citoyen dans la gestion du domaine public de Brion*

Ressources bibliographiques

- [1] IDRRIM, Responsabilités des maîtres d'ouvrage et dispositions à prendre lors d'opérations de fraisage, de démolition, de recyclage ou de réutilisation d'enrobés bitumineux, Note d'information n° 27, décembre 2013.
- [2] Cerema, Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière - Les matériaux de déconstruction issus du BTP, 2016.
- [3] Setra-LCPC, Retraitement en place à froid des chaussées, Guide technique, 2003
- [4] Ademe, Taux d'utilisation et coûts des différentes techniques et filières de traitement des sols et eaux souterraines pollués en France - Synthèse des données 2012 réalisée par Ernst & Young, janvier 2015 (ressource disponible sur le site de l'Ademe).

Contributeurs

Sous la coordination de Nicolas Furmanek (Cerema).

Rédacteurs : Florent Daï et Nicolas Furmanek (Cerema)

Rellecteurs Cerema : Philippe Carle et Sébastien Liandrat, Hugues Odéon, Jean-Luc Reynaud.

Rellecteurs extérieurs : Loïc Roffet, Direction des routes et infrastructures, Conseil Départemental 71.

Jérôme Dherbecourt, Directeur Technique Régional Eiffage Route, Région Centre Est.

Contact

Cerema Territoires et ville - Voirie, espace public
VOI.DTECTV@cerema.fr

À paraître en 2021

Guide du Cerema Solutions économes

La réalité économique et la prise de conscience environnementale conduisent les décideurs publics et les techniciens à recourir à des solutions techniques et organisationnelles pour une utilisation plus efficace de leurs ressources.

Le guide aura pour objet de se focaliser sur ces approches plus économes d'aménager et d'entretenir les espaces publics en accordant une large part aux exemples et aux retours d'expériences.

Maquettage
Cerema Territoires et ville
Service édition

Photos couverture
Conseil départemental de
Saône-et-Loire
Eiffage

Impression
Jouve-Print
Mayenne

Date de publication
Juillet 2020
ISSN : 2552-884x
2020/17

Commander ou télécharger nos ouvrages sur
www.cerema.fr

© 2020 - Cerema
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

La collection « Expériences et pratiques » du Cerema

Cette collection regroupe des exemples de démarches mises en œuvre dans différents domaines. Elles correspondent à des pratiques jugées intéressantes ou à des retours d'expériences innovantes, fructueuses ou non, dont les premiers enseignements pourront être valorisés par les professionnels. Les documents de cette collection sont par essence synthétiques et illustrés par des études de cas.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment