

ROUTES

CIMENTS ≡ LIANTS HYDRAULIQUES ROUTIERS ≡ BÉTONS

Travaux et équipements routiers • Terrassements • Aménagements urbains • Aéroports



// ÉTAT DE L'ART

Recycler les
chaussées en place :
un procédé rationnel,
économique, durable
et écologique

// CHANTIER

RD125 : le retraitement
en place au LHR
prépare l'avenir

// RÉFÉRENCE

Du béton ciré et quartzé pour
un défilé de haute couture



// CHANTIER

NANCY (54)

Le BAC : la solution robuste et durable pour une voie de bus à fort trafic



// ÉTAT DE L'ART

LE RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE

Recycler les chaussées en place : un procédé rationnel, économique, durable et écologique



// CHANTIER

JONQUIÈRES (84)

RD977 : une « route des vins » revigorée au liant hydraulique



// CHANTIER

MONTOISON (26)

RD125 : le retraitement en place au LHR prépare l'avenir



// RÉFÉRENCE

PARIS (75)

Du béton ciré et quartzé pour un défilé de haute couture



// LE SAVIEZ-VOUS ?

Remue-ménages
Sur la Toile
Vient de paraître



PHOTO DE COUVERTURE // Retraitement en place de 4 km sur la RD 96 entre Origny-le-Sec et Orvilliers-Saint-Julien (10). Le pulvimixeur malaxe et homogénéise le liant avec le matériau de l'ancienne chaussée.

PUBLICATION DU RAPPORT ONR 2018

Piloté par l'IDRRIM depuis janvier 2016, l'Observatoire national de la route a été créé pour répondre aux défis de l'entretien et de la préservation du patrimoine routier.

La publication du premier rapport de l'Observatoire national de la route (ONR), en novembre 2017, a traduit concrètement la volonté partagée des représentants des gestionnaires publics des réseaux routiers et des professions routières de créer, au sein de l'IDRRIM, un outil – l'ONR – au service des politiques durables de gestion du patrimoine routier.

Face à l'enjeu collectif d'entretien et de préservation de ce patrimoine routier qui concerne tous les territoires, la démarche engagée avec l'ONR a suscité un très grand intérêt et de nombreuses attentes en termes de connaissance de l'état des routes – chaussées et ouvrages d'art – et des moyens nécessaires à leur maintenance.

La place de la route au service de toutes les formes de mobilité, rappelée lors des Assises nationales de la mobilité, fin 2017 ; un hiver particulièrement rigoureux ayant entraîné de nombreuses dégradations sur les chaussées ; un rapport d'audit, publié en juillet, sur l'état du réseau routier national non concédé et, bien sûr, la catastrophe du pont de Gênes chez nos voisins italiens sont autant d'événements qui ont renforcé la nécessité et la pertinence d'un observatoire dont le rôle, au sein de l'IDRRIM, a été souligné lors de la communication en Conseil des ministres du 22 août 2018, consacrée à la sécurité des ouvrages d'art.

Pour cette deuxième édition du rapport de l'ONR, la dynamique engagée en 2017 se devait d'être poursuivie et amplifiée. Avec 65 départements ainsi que les grandes métropoles ayant participé à l'enquête, et surtout, une meilleure qualité dans les réponses, cet objectif est atteint. En y ajoutant les données publiées par l'État et les premières démarches visant à élargir cet observatoire au groupe des communautés de communes exerçant la compétence « voirie », la réussite de cette démarche doit beaucoup à l'engagement de chaque collectivité participante.

Ce deuxième rapport marque aussi un tournant : **il dresse, pour la première fois, un état général des réseaux routiers gérés par les départements (chaussées et ouvrages d'art)** à partir d'un échantillon représentant plus de la moitié de ces collectivités et plus de 200 000 km. Nul doute qu'il aidera chaque gestionnaire routier à situer son action au regard des enjeux d'une gestion patrimoniale de ses infrastructures routières à renforcer.

Pour télécharger le document :

https://www.idrrim.com/ressources/documents/11/6304-IDRRIM_RAPPORT_ONR_2018.pdf

Bonne lecture !
Joseph ABDO



CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, place de la Défense
92974 Paris-la-Défense Cedex
Tél. : 01 55 23 01 00 / Fax : 01 55 23 01 10
E-mail : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr
Site dédié à la valorisation des matériaux aux liants hydrauliques : lhr.cimbeton.net

Pour tout renseignement concernant les articles de la revue, contacter CIMbéton.

- Directeur de la publication : François Redron
- Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique « Remue-ménages » : Joseph Abdo
- Rédacteur en chef : Charles Desjardins
- Reportages, rédaction et photos : SCML Médias, Joseph Abdo, Marie Blanchelande, Étienne Diemert
- Direction artistique et réalisation : Fenêtre sur cour / Studio L&T
- Dépôt légal : 4^e trimestre 2018 - ISSN 1161 - 2053 1994

LE BAC : la solution robuste et durable pour une voie de bus à fort trafic



À Nancy, la rue Raugraff, dédiée aux transports en commun, enregistre un important trafic de bus. Quatre ans après sa précédente rénovation en pierre naturelle, la voie présentait déjà de nouvelles dégradations. Cette fois, la métropole du Grand Nancy a opté pour une solution robuste et durable : le béton armé continu (BAC).

Les toupies se sont succédées à raison d'une toutes les demi-heures.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage
Métropole du Grand Nancy

Maître d'œuvre
Métropole du Grand Nancy

Entreprise
LOR TP

Béton
Vicat

Ciment
Vicat

En 2012, la métropole du Grand Nancy a achevé le réaménagement de la place Charles-III, située au cœur de l'agglomération, ainsi que celui de la rue Raugraff, attenante, qui longe le marché couvert. Dans le cadre de cette requalification, un revêtement en pierre naturelle avait été retenu, y compris pour la chaussée. Particularité : la rue Raugraff est réservée à la circulation des bus. Six lignes importantes l'empruntent, soit un trafic de 394 bus par jour. Conséquence : en 2016, soit quatre ans après sa réhabilitation, des dégradations sont apparues. Sollicité, le Cerema-Laboratoire de Nancy est intervenu pour établir un diagnostic et dimensionner une solution de travaux.

LE CONSTAT DU CEREMA-LABORATOIRE DE NANCY

« Visuellement, les dégradations se répartissaient en trois zones, rappelle Olivier Perez, responsable de l'activité Gestion et Maintenance des infrastructures et réhabilitation au Cerema-Laboratoire de Nancy. Dans les 40 premiers mètres, la rue Raugraff présentait une fissuration et un faïencage importants au niveau des joints, avec délitement des pavés. Ces dégradations étaient accompagnées de flaches et d'orniérages prononcés. Une deuxième zone d'une vingtaine de mètres était relativement préservée. Une troisième section, également d'une vingtaine de mètres, présentait de nouveau des joints fissurés et faïencés, mais avec peu de déformations. »

PROBLÉMATIQUE ET ENJEUX DE LA RÉHABILITATION

Longue de 82 m sur 4,10 m de large, la rue Raugraff cumule plusieurs spécificités.

// En plein centre-ville, dans un quartier animé et commerçant, elle est dédiée aux transports publics. En plus d'un trafic important, elle accueille un arrêt long de 48 m qui lui fait subir les freinages et les accélérations de tous les véhicules.

// Englobée dans un périmètre historique, elle fait l'objet de l'attention particulière des Bâtiments de France. Ainsi, pour préserver son esthétique, sa précédente rénovation a été réalisée en pierre naturelle. Mais, comme en témoigne l'apparition d'orniérages, ce revêtement – habituellement limité à 150 PL par jour – s'est révélé inapte à résister à un trafic plus important.

// Enfouis dans la chaussée à une faible profondeur, plusieurs réseaux structurants (électricité, télécoms...) traversent perpendiculairement la voie.

// Un passage et un parking souterrains existent sous une partie de la chaussée (à - 19 cm), ce qui explique l'impossibilité d'enfouir les réseaux profondément.

Les carottages réalisés par le Cerema-Laboratoire de Nancy ont révélé une couche de forme hétérogène, composée d'une grave traitée en mauvais état dans une zone et de sable stabilisé dans les deux autres. La composition de la couche de fondation varie également, avec cependant deux zones en très bon état constituées de pavés reposant sur un sable stabilisé.

LES SOLUTIONS PROPOSÉES

Deux options ont été envisagées par le Cerema-Laboratoire de Nancy :

// **La réalisation de dalles de béton ferrillées ou goujonnées** dans les zones les plus dégradées, pour résister aux sollicitations provoquées par l'arrêt et le redémarrage des bus. Mais cette option a soulevé des questions de confort et de « roulabilité » à cause des joints. Selon les Bâtiments de France, leur présence dessert également l'esthétique de l'ouvrage.

// **La création d'une structure en béton armé continu (BAC)** sur l'ensemble de la voie, avec la réalisation de dalles de transition au niveau des jonctions avec l'ancienne chaussée.

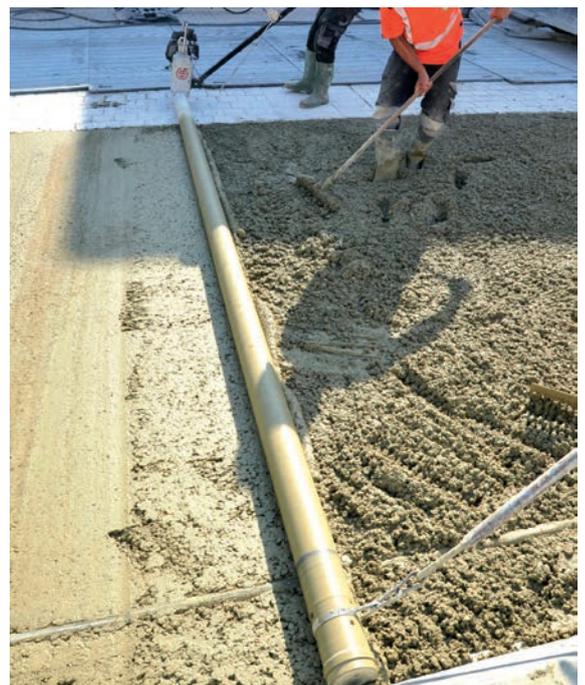
C'est finalement cette dernière solution qui est retenue par la métropole du Grand Nancy.



Le béton est délivré directement à la goulotte, puis réparti sur une épaisseur de 21 cm.



Une aiguille vibrante est utilisée pour chasser les bulles d'air et assurer une bonne compacité.



Le rouleau Striker a été utilisé pour une mise en œuvre rapide et pour obtenir un lissage uni et régulier.



Utilisation d'une taloche à long manche.



La taloche fin a été réalisée à la main.



Détail après taloche fin.



Achèvement des travaux devant l'entrée du marché couvert.

LE CHOIX DU BÉTON ARMÉ CONTINU

« Caractérisé par la présence d'une armature continue et par l'absence de joints transversaux, le béton armé continu est réputé pour sa robustesse et sa portance, explique le technicien en charge des travaux à la maintenance des voiries, pour la métropole du Grand Nancy. La chaussée BAC est reconnue pour avoir un excellent comportement à long terme et ne nécessitant que peu d'entretien. »

LE CHOIX ESTHÉTIQUE DU REVÊTEMENT

Attachés à l'aspect esthétique de la chaussée, les architectes des Bâtiments de France souhaitaient rester dans l'esprit de la précédente rénovation en privilégiant un aspect minéral naturel.

Pour obtenir l'aspect pavé souhaité, il a été envisagé de recourir, en surface, au béton imprimé. Mais ce choix présentait des inconvénients du point de vue de l'adhérence et de la durabilité des motifs, soumis à l'usure provoquée par le passage des véhicules.

Finalement, le choix s'est arrêté sur un béton coloré avec des effets de texture, en l'occurrence une alternance de surfaces poncées et bouchardés reprenant le concept et les motifs déployés sur la place Charles-III, la teinte beige clair (avec traitement de surface et utilisation d'un fixateur) se rapprochant le plus possible de la coloration des pavés situés sur la place. Les Bâtiments de France ont donné leur feu vert.

RÉSEAUX AFFLEURANTS ET AMÉNAGEMENTS SOUTERRAINS

Comme l'indique Valentin Gobetti, le conducteur de travaux de l'entreprise LOR TP, en charge de la réalisation de l'ouvrage, la présence de nombreux réseaux structurants et affleurants — ne pouvant être déviés — a contraint à adapter et à renforcer le ferrailage au droit des passages de câbles. Un dispositif particulier (plaque métallique) a été posé pour protéger un réseau sensible électrique HTA.

PRÉPARATION, COUCHE DE FORME ET FERRAILLAGE

Dans la zone la plus dégradée « le matériau granulaire entre la couche de fondation et le pavé » a été remplacé. Après un fraisage d'une profondeur allant de 25 à 30 cm (sauf au-dessus du tunnel où il a été limité à 21 cm), la chaussée a été reprofilée « par un enrobé pour obtenir un support propre à la cote - 21 cm ».

Des armatures longitudinales de diamètre 16 mm, espacées de 14 cm, ont été posées en milieu de dalle dans l'épaisseur et liaisonnées sur des distanciers posés en diagonale.

Les extrémités des dalles ont été renforcées par la mise en place de chaînage 15 x 15 cm et constituées de 4 barres d'acier haute adhérence de 16 mm de diamètre. Dans les zones potentiellement les plus sollicitées et pour lutter contre la fissuration, un treillis de 20 x 20 cm sur 1 m a été créé au-dessus des armatures longitudinales.

Au niveau des réseaux, un treillis de 20 x 20 cm et dépassant de 25 cm de part et d'autre des réseaux a été mis en place sous les armatures longitudinales (cf. le « point fort » évoqué plus haut par Valentin Gobetti).

CIMENT ET BÉTON

À base de ciment Vicat, le béton choisi provient de la centrale Vicat de Chavigny, située à côté du CHU de Nancy-Hôpitaux de Brabois, à une demi-heure de trajet du chantier. « Il s'agit d'un béton routier, de type BC5 (C35/45) dosé à 370 kg de ciment, avec une classe de consistance S2, commente le conducteur de travaux de LOR TP. Notre partenaire Vicat, représenté par Loïc Dilos, du bureau qualité de Vicat, et par Daniel De Col, technico-commercial, nous a accompagnés et conseillés dès la phase de conception des travaux, puis lors de la phase de préparation. Des planches d'essais ont été réalisées



Du premier plan à l'arrière-plan, les différentes étapes du chantier : lissage, pulvérisation du produit de cure, déploiement du géotextile.



Pulvérisation du produit de cure (Pieri Easy Cure).



Un géotextile est déployé pour protéger la nouvelle chaussée. But : renforcer encore la prise du béton. Il sera arrosé toutes les heures jusqu'au soir.

préalablement et ont permis de valider l'aspect esthétique (teinte et texture) et les performances mécaniques de la formulation du béton afin de satisfaire à la demande de la métropole du Grand Nancy et des Bâtiments de France. »

UNE CURE POUR ASSURER LA BONNE PRISE DU BÉTON

Une fois le béton lissé, un produit de cure (Pieri Easy Cure) est immédiatement pulvérisé à sa surface.

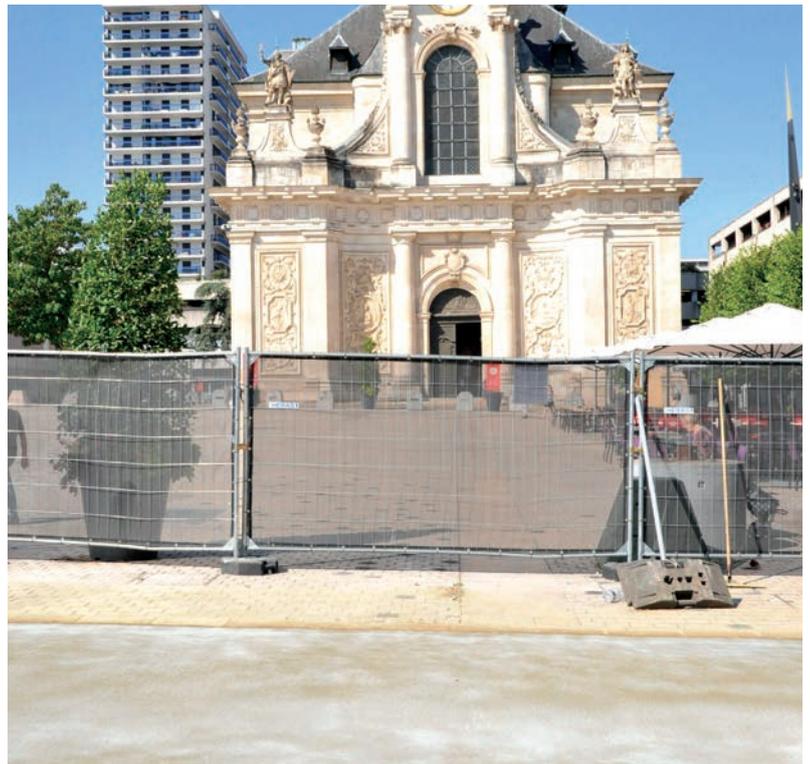
« L'utilisation de ce type de solution aqueuse est indispensable en toutes circonstances pour éviter la dessiccation ou l'évaporation trop rapide, tout en assurant une bonne prise du béton, insiste le conducteur de travaux de LOR TP. C'est d'autant plus nécessaire aujourd'hui, car il fait très beau avec une température estivale de 31 °C ce matin et de 33 °C prévue cet après-midi. »

UN GÉOTEXTILE HUMIDIFIÉ POUR RENFORCER LA CURE

11 h 17, le 19 juillet. La dernière des 11 toupies mobilisées pour le chantier BAC de la rue Raugraff arrive. Il reste moins de 10 mètres linéaires à couler et à lisser. À l'autre bout de la voie, un géotextile a commencé à être déployé pour recouvrir l'ensemble de la nouvelle chaussée. But de cette couverture : limiter l'évaporation et renforcer l'effet du produit de cure alors que le beau temps règne sur Nancy. Cette « couverture » sera humidifiée toutes les heures jusqu'au soir.

RÉOUVERTURE À LA CIRCULATION

Après 28 jours de séchage et à l'issue d'essais de résistance à la compression et de fendage du béton, la rue Raugraff a été rouverte à la circulation des six lignes de bus qu'elle accueillait avant les travaux. Depuis le 22 août, le carrousel des 394 bus quotidiens a repris pour longtemps. Finis les ornières et les pavés disjointés. Place à 82 m de BAC parfaitement profilé. Signes particuliers : silence et confort pour les usagers. ■



La rue Raugraff est située dans un périmètre historique. Sa rénovation avec du BAC a nécessité l'accord et le suivi des architectes des Bâtiments de France.

RECYCLER LES CHAUSSÉES EN PLACE :

un procédé rationnel, économique, durable et écologique

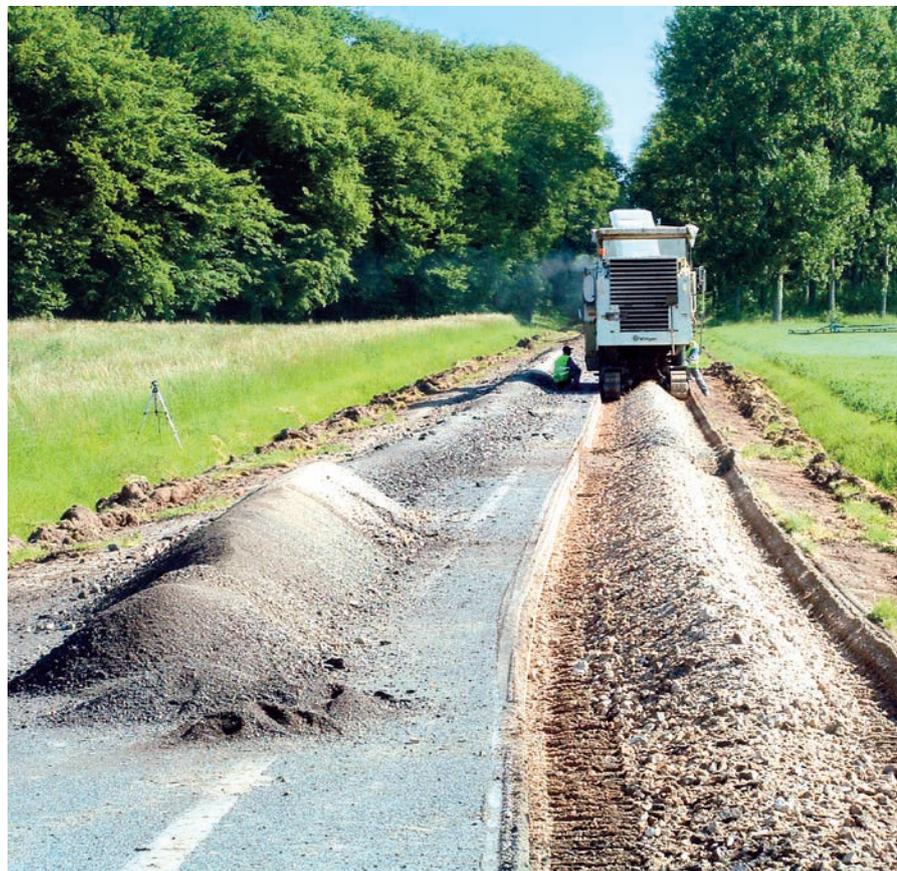
Tout au long de leur cycle de vie (d'une durée de vingt ans en moyenne), les chaussées vieillissent et se dégradent, pour conduire progressivement à une diminution importante du niveau de service rendu aux usagers, particulièrement sur le plan du confort et de la sécurité. Ce vieillissement se traduit par l'apparition de désordres de surface, révélateurs de faiblesses structurelles : déformations permanentes, nids-de-poule, fissures, faïençages, affaissements et flaches, orniérages à grand rayon... Au fil des ans, les chaussées affichent les stigmates du temps. Les causes ont des origines souvent multiples et croisées comme :

- // la fatigue des matériaux sous l'effet du trafic et, en particulier, des poids lourds ;
- // l'altération des matériaux due à un drainage défectueux ou sous l'effet des variations climatiques (alternances de périodes de chaleur et de pluie, et cycles gel-dégel, notamment) ;
- // la remontée dans la structure des matériaux du support sous-jacent (souvent argileux ou limoneux), entraînant une diminution des caractéristiques géotechniques et mécaniques de la chaussée.

En l'absence d'entretien, ces désordres peuvent mener à la ruine de la structure, voire à la perte totale du patrimoine.



Vue générale d'une route dégradée structurellement.



L'ancienne chaussée est un gisement de matériau qu'il est possible de valoriser.

DE L'INTÉRÊT DE BIEN CHOISIR LA TECHNIQUE D'ENTRETIEN STRUCTUREL DE LA CHAUSSÉE

Pour pallier les dégradations structurelles des chaussées, quatre techniques sont utilisées :

// La reconstruction complète

Longtemps privilégiée, cette option est de moins en moins envisagée, compte tenu des réductions budgétaires et des fortes contraintes environnementales.

// La réfection de la seule couche de roulement (enduit superficiel ou enrobé mince)

Efficace pour régler les problèmes d'étanchéité de surface, cette solution n'est ni économique ni durable. En effet, elle doit être renouvelée régulièrement, occasionnant une gêne à l'utilisateur et un surcoût d'entretien à long terme.

// Le renforcement en forte épaisseur

Cette technique, efficace et éprouvée, présente néanmoins l'inconvénient d'être onéreuse et consommatrice de matériaux nobles. Viennent s'y ajouter la réduction de la largeur de roulement en zone rurale et les difficultés en zone urbaine (respect des seuils, en particulier).

// Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques

Le principe en est simple : l'ancienne chaussée est considérée comme un gisement naturel de granulats que l'on peut valoriser en place. Le procédé consiste à incorporer, au sein du matériau obtenu par fractionnement de l'ancienne chaussée, un ciment ou un liant hydraulique routier et, éventuellement, un correcteur granulométrique ainsi que de l'eau et à les mélanger intimement *in situ*, jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène.

On réalise ainsi, après réglage et compactage, une nouvelle assise de chaussée, sur laquelle on applique soit une couche de surface, soit d'autres couches de chaussée, si la partie retraitée ne peut, à elle seule, supporter les sollicitations du trafic.

Le retraitement des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques (ciment ou liant hydraulique routier) est une technique d'entretien structurel, destinée à recréer, à partir d'une chaussée dégradée, une structure homogène et adaptée au trafic à supporter.

Encore sous-exploitée, cette option offre une technique alternative particulièrement performante, compétitive et respectueuse de l'environnement.

Pour choisir la technique d'entretien adaptée, les décideurs doivent prendre en compte la totalité des critères décisionnels : durée des travaux, santé et sécurité, coût global, nuisances, durabilité, impacts sur l'environnement ou encore réduction des déchets, conformément à la « convention d'engagement volontaire » (CEV) de mars 2009, qui incite ses signataires – dont l'Assemblée des départements de France – à réutiliser 100 % des matériaux déconstruits à l'horizon 2020.

Dans ce contexte, le recyclage des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques s'affirme comme une solution particulièrement attractive, présentant nombre de points forts décisifs : moins de déchets, moins de rotations de camions et, donc, la préservation du réseau routier avoisinant, une sécurité renforcée, une durée de travaux écourtée, la réduction des coûts, un moindre impact environnemental... La question de la connaissance des matériaux réutilisés doit toutefois faire l'objet d'une attention particulière avant la phase de déconstruction.



L'épandeur distribue avec précision le liant hydraulique.



Le pulvimixeur malaxe et homogénéise le liant avec le matériau de l'ancienne chaussée.

**LE RETRAITEMENT EN PLACE À FROID
AUX LIANTS HYDRAULIQUES :
UNE SOLUTION « TOUT-TERRAIN »**

Rationnelle, écologique, économique et durable, cette technique recycle et valorise *in situ* les matériaux de la chaussée à entretenir sur une épaisseur pouvant atteindre 50 cm.

Technique d'entretien structurel par excellence, le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques est particulièrement recommandé pour la réhabilitation des chaussées anciennes présentant des dégradations structurelles et nécessitant des travaux de recalibrage ou d'élargissement. Il peut être appliqué à toutes les routes (rurales ou urbaines), quel que soit leur trafic (de la route rurale à l'autoroute), à condition d'en vérifier au préalable la faisabilité technique. Celle-ci peut être précisée rapidement, en s'appuyant, s'il y a lieu, sur l'expérience locale (connaissance de la structure et des caractéristiques du matériau de la chaussée). Sinon, une démarche d'identification de la chaussée à retraiter s'impose. Elle comporte plusieurs étapes : la reconnaissance de la chaussée ; le prélèvement d'échantillons représentatifs ; la caractérisation des matériaux prélevés et l'étude de laboratoire. Cela permet d'évaluer avec précision leur aptitude au retraitement et de déterminer les caractéristiques du matériel à employer. Cette technique convient parfaitement à toutes les structures routières, sous réserve que l'épaisseur totale des matériaux bitumineux soit limitée (< 40 % de l'épaisseur de la structure à retraiter). Cette situation est généralement rencontrée sur le réseau à moyen et à faible trafic (routes départementales, communales et rurales).

LES SEPT ÉTAPES DU RETRAITEMENT EN PLACE

Ce procédé se déroule selon le processus suivant :

// La scarification de la chaussée existante

Cette opération est réalisée jusqu'à une profondeur correspondant à celle qui a été déterminée par le dimensionnement.

// L'ajout éventuel d'un correcteur granulométrique

Cette opération peut être conduite lorsque la courbe granulométrique du matériau de la chaussée existante n'est pas inscrite dans le fuseau de la norme NF EN 13-285. Cette correction granulométrique permet d'obtenir une bonne densification du matériau retraité et une optimisation du dosage en liant hydraulique.

// L'humidification du matériau

Cette opération doit être réalisée de façon précise pour avoir une teneur en eau correspondant à celle de l'optimum Proctor modifié.

// L'épandage du liant hydraulique (ciment ou liant hydraulique routier)

Cette opération doit être menée soigneusement afin d'épandre sur le chantier la quantité exacte de liant définie par l'étude de laboratoire (kg/m²). Elle est réalisée à l'aide d'un épandeur doté d'un système de dosage volumétrique asservi à la vitesse d'avancement.

// Le malaxage

Il consiste à mélanger intimement le ciment ou le liant hydraulique routier avec le matériau en place à l'aide d'un matériel spécifique (pulvimixeur), pour obtenir un matériau homogène sur toute l'épaisseur et, si possible, sur toute la largeur. Dans ce dernier cas, l'opération doit être réalisée avec des machines perfectionnées (HEPIL = 33333). Le malaxage du matériau est réalisé sur une



L'atelier de retraitement de chaussée réalise plusieurs opérations : fraisage, épandage et malaxage.

LE RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE À FROID AUX LIANTS HYDRAULIQUES EST UNE TECHNIQUE À LARGE SPECTRE, CAPABLE DE TRAITER BON NOMBRE DE SITUATIONS RENCONTRÉES

profondeur telle que, une fois le matériau compacté, on obtient l'épaisseur déterminée par le dimensionnement.

// Le compactage

Pour réaliser correctement cette opération, trois compacteurs différents sont, en règle générale, nécessaires : un compacteur lourd pour assurer la

densification du matériau en fond de couche ; un compacteur à cylindre lisse afin d'assurer la densification du matériau à la partie supérieure de la couche ; et, enfin, un compacteur à pneus pour assurer la bonne fermeture du matériau en surface et pour garantir ainsi une bonne finition.

Il existe deux qualités de compactage : un compactage q1, caractérisé par la plus forte densification du matériau (masse volumique moyenne $\geq 100\%$ de l'OPM ou masse volumique en fond de couche $\geq 98\%$ de l'OPM),

et un compactage q2, moins puissant (masse volumique moyenne $\geq 97\%$ de l'OPM ou masse volumique en fond de couche $\geq 95\%$ de l'OPM).

Le niveau de qualité du compactage dépend directement de la classe des compacteurs utilisés (les classes V4 et V5 pour un compactage q1 et la classe V3 pour le compactage q2).

// La protection du matériau retraité

Une couche de protection est ensuite appliquée sur la couche retraitée afin de la protéger des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic de chantier. Après durcissement de la couche traitée au liant hydraulique routier, une couche de surface à base de produit bitumineux est étendue afin de garantir la fonctionnalité de la chaussée.

UNE TECHNIQUE À LARGE SPECTRE

Le retraitement des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques est une technique à large spectre, capable de traiter bon nombre de situations rencontrées par les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre en matière de réhabilitation des routes et d'offrir une large gamme de solutions opérationnelles. Sans prétendre à l'exhaustivité, les solutions d'entretien structurel proposées par la technique de retraitement en place sont les suivantes :

- // Retraitement de la structure au liant hydraulique en pleine largeur, hors circulation ;
- // Retraitement de la structure en pleine largeur, avec élargissement ;
- // Retraitement de la structure en pleine largeur, avec recalibrage et élargissement ;
- // Retraitement de la structure en demi-chaussée, sous circulation ;
- // Retraitement de la structure avec un liant composé (ciment + émulsion de bitume) ;
- // Retraitement de chaussée comportant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- // Retraitement de la structure aux liants hydrauliques, associé à un dispositif anti-remontée de fissures ;
- // Retraitement des chaussées en rives ;
- // Retraitement d'une voirie urbaine avec traitement des émergences.

Les chantiers réalisés en France, depuis une quinzaine d'années, se comportent de façon tout à fait satisfaisante grâce à la compétence de tous les acteurs : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises et fournisseurs. Vous découvrirez ci-après, à titre d'illustration des possibilités offertes par la technique, deux chantiers de retraitement de chaussées en place à froid, réalisés durant l'été 2018 dans le Vaucluse et dans la Drôme.



L'atelier de compactage.

RD977 : une « route des vins » revigorée au liant hydraulique

Dans le Vaucluse, certaines routes départementales permettent aussi de découvrir les vignobles. Pour les rénover, tout en préservant leur charme et en augmentant leur sécurité, le Département a choisi le retraitement en place au liant hydraulique routier (LHR). Exemple : la RD977 entre Jonquières et Violès.



L'atelier de retraitement suivi de l'atelier de compactage au milieu des vignes. La RD977 est une des « routes des vins » du Vaucluse.

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage
Conseil départemental du Vaucluse

Maîtrise d'œuvre
Conseil départemental du Vaucluse

Entreprise
Eiffage

Fournisseur du liant hydraulique
Calcia

Entre Orange et Vaison-la-Romaine, la commune de Jonquières (environ 5 000 habitants) est traversée par la RD950, reliant l'autoroute A7 à Carpentras, et par la RD977, rejoignant Vaison-la-Romaine au nord, en passant par la petite commune voisine de Violès, un village vigneron (1 600 habitants) bordé par l'Ouvèze.

VEILLISSEMENT, TRAFIC POIDS LOURDS ET ITINÉRAIRE TOURISTIQUE

La RD977 connaît un trafic moyen d'environ 200 poids lourds par jour. « Jonquières et Violès se situent à une vingtaine de minutes d'Avignon. Durant la période estivale, la RD950 et la RD977 sont également empruntées par de nombreux touristes, car elles se situent sur l'itinéraire de la "route des vins" qui relie Vacqueyras (ou Beaumes-de-Venise) à l'est à Châteauneuf-du-Pape à l'ouest, explique Frédéric Moralès, responsable du laboratoire Infrastructures au conseil départemental du Vaucluse. La structure datait d'une vingtaine d'années. Elle avait évidemment vieilli, avec une forte présence de faïençage, mais sans



Test « à la bêche » pour vérifier l'uniformité de l'épandage au mètre carré.

En plus d'un phasage des travaux très resserré, la possibilité de procéder au retraitement par demi-chaussée a été un argument en faveur du retraitement en place au liant hydraulique. Une circulation alternée a été mise en place durant toute la durée des travaux.

COEFFICIENT HEPIL

H : homogénéité du produit élaboré	3	
E : épaisseur = maîtrise et respect	3	
P : puissance de fraisage	3	HEPIL = 33333
I : injection de liquide dans la cloche de malaxage	3	
L : dosage de liant sous forme d'émulsion	3	



Le résultat après l'intervention de l'ARC 1000 : le mélange présente un aspect homogène.

connaître de problème géotechnique spécifique. Cette voie traverse un secteur agricole en remblai de très faible hauteur (très proche du TN). Les sols sont constitués d'alluvions anciennes (galets, graviers, sables) du Würm. » En cette année 2018, le département du Vaucluse a décidé de la rénover.

LES ATOUTS DU RETRAITEMENT EN PLACE AU LIANT HYDRAULIQUE

Plusieurs solutions pouvaient être envisagées, à commencer par une reconstruction pure et simple. Mais, très vite, le retraitement en place au liant hydraulique est apparu comme la meilleure option. « Nous connaissons cette technique depuis trois ou quatre ans. Nous l'avons utilisée à plusieurs reprises. Nous avons pu vérifier ses avantages, notamment du point de vue économique. Elle se révèle nettement moins onéreuse que les techniques classiques. Du point de vue environnemental, elle est également très intéressante, car elle ne génère pas de déchet. Elle évite les mises en décharge et les norias de camions. Cependant, au préalable, nous devons nous assurer de sa faisabilité. Nous avons donc procédé à une série de mesures : auscultations par mesures de déflexion, carottages et relevés des dégradations, puis diagnostic et modélisation de la structure avec les logiciels

Erasmus et Alizé. Ceux-ci ont démontré la faisabilité d'un retraitement en place au liant hydraulique, notamment du point de vue des matériaux présents dans la chaussée – constituée d'une forte proportion de matériaux bitumineux sur 21 cm en moyenne (entre 15 et 31 cm) avec une couche sous-jacente en GNT – et de la portance envisageable », poursuit Frédéric Moralès. Autre avantage : les équipes techniques du département du Vaucluse sont familiarisées avec cette technique. C'est notamment le cas pour la conduite de la maîtrise d'ouvrage confiée, au conseil départemental du Vaucluse, à Jean-Louis Martel. Les premiers essais s'étant révélés concluants, une intervention de ce type a lieu désormais chaque année en moyenne dans le département.

Au moment de l'appel d'offres, deux autres facteurs ont pesé en faveur du retraitement en place au liant comme solution à part entière :

- // d'abord, un phasage des travaux très resserré, limitant au maximum les inconvénients pour les usagers et les riverains de la RD977 ;
- // ensuite et surtout, la possibilité de procéder au retraitement par demi-chaussée, ce qui a permis la mise en place d'une circulation alternée durant toute la durée des travaux.



Les différents dispositifs (rotor vertical équipé de 224 dents, malaxeur longitudinal et vis de répartition transversale) qui permettent à l'ARC 1000 de réaliser « une parfaite homogénéisation verticale et transversale de la couche retraitée ».



Test d'humidification et de densité réalisé à l'aide d'une jauge Humboldt HS-5001EZ. Celle-ci utilise une technologie de pointe fondée sur un microprocesseur pour fournir des mesures très précises de la densité et de l'humidité, automatiquement calculées. Cela permet la lecture directe de la densité humide, de la densité sèche, de la teneur en humidité, du pourcentage d'humidité, du pourcentage de compactage (Proctor).

L'intervention de l'atelier de compactage composé d'un cylindre monobille VM4 et d'un compacteur à pneus P1.

UN RETRAITEMENT SUR UNE ÉPAISSEUR DE 25 CM AU LIGEX M4 DE CALCIA

La solution retenue est la suivante : le retraitement s'effectuera sur une longueur de 3 km et sur une largeur de 7 m. Épaisseur du traitement : 25 cm. Le liant retenu est le Ligex M4 de Calcia à base de clinker, issu de l'usine Calcia de Beaucaire.

LE CHANTIER

L'entreprise Eiffage Route Méditerranée est choisie pour mener le chantier, lancé au printemps de cette année. Première phase : l'étude de laboratoire, préalable au chantier. « Cette étude est très importante, car c'est à partir des résultats des performances mécaniques du matériau retraité, obtenus lors de cette étude, que l'on détermine l'épaisseur du retraitement et le dosage en liant hydraulique », explique Jacques Ber, responsable du laboratoire Eiffage de Vitrolles. Eiffage s'est appuyée sur son laboratoire central de Ciry-Salsogne pour réaliser cette étude. « Deux dosages en LH ont été testés et les performances mécaniques (E,σ6) mesurées. Le dosage retenu pour ce chantier est de 3,8 % de liant hydraulique en poids de matériau retraité. Un calcul Alizé intégrant les performances mécaniques visées permet de déterminer l'épaisseur du retraitement. »

Le chantier débute le 11 juin. Le lendemain, le 12 juin,

l'atelier de traitement – avec l'ARC 1000 – est à pied d'œuvre. « L'ARC 1000 est une machine spécifique d'Eiffage Route pour les retraitements de chaussée, précise encore Jacques Ber. Sa particularité est d'assurer une homogénéité du matériau retraité comparable à celle d'une centrale fixe. Pour ce, l'ARC 1000 associe un rotor vertical équipé de 224 dents, un malaxeur longitudinal et une vis de répartition transversale. Ces dispositifs associés à une grande puissance et à une précision de dosage confèrent à l'ARC 1000 un coefficient HEPIL = 33333, gage d'une parfaite homogénéisation verticale et transversale de la couche retraitée. »

Après le passage de l'ARC 1000, le résultat du traitement présente l'aspect d'un mélange homogène. Il ne reste plus qu'à procéder au réglage selon le profil déterminé. Le compactage est assuré par un atelier composé d'un cylindre monobille VM4 et d'un compacteur à pneus P1, qui complète le travail pour obtenir les performances visées. Enfin, un enduit de cure est réalisé afin de protéger le traitement contre les variations hydriques. La couche de roulement bitumineuse est mise en œuvre quelques jours plus tard.

Cet été, à Jonquières, les touristes ont pu emprunter ce tronçon de la « route des vins » du Vaucluse, parfaitement remis à neuf. Un confort et une sécurité appréciables !

RD125 : le retraitement en place au LHR prépare l'avenir

Le département de la Drôme a choisi le retraitement au liant hydraulique routier (LHR) pour rénover la RD125 à Montoison, à une vingtaine de kilomètres au sud de Valence. Ce chantier a été l'occasion d'organiser une journée technique en partenariat avec CIMbéton. Celle-ci a permis de mieux faire connaître ce procédé de rénovation économique, innovant, respectueux de l'environnement et résolument tourné vers l'avenir.



L'atelier de retraitement du groupement E26-Guintoli (groupe NGE), en cours d'intervention. Il était constitué d'un malaxeur Bomag RS 650, alimenté par une citerne d'eau. Le liant hydraulique retenu pour le retraitement était du Rolac Optimum LT, à raison de 38 kg/m² (traitement à 5 %). Humidification : 40 litres d'eau au mètre carré.

Située dans une zone agricole, avec une belle vue sur le massif du Vercors, Montoison (Drôme) compte moins de 2 000 habitants. À une vingtaine de kilomètres au sud de Valence, elle est située au croisement de la RD111, l'un des principaux axes départementaux desservant la vallée de la Drôme, et de la RD125. Cette dernière permet de rejoindre, au sud, l'A7 et la célèbre RN7 (vers Loriol-sur-Drôme) et, au nord, Romans-sur-Isère (via la RD538).

UNE RD125 « STRATÉGIQUE », À TRAFIC CROISSANT ET ACCIDENTOGÈNE

« Stratégique », car desservant deux axes structurants et très fréquentés, cette RD125 est également empruntée par les engins agricoles. « Lorsque les grands axes de transit de la vallée du Rhône sont saturés, notamment en période estivale, un important trafic s'y reporte », précise Emmanuel Faure, responsable Routes de la zone Centre pour le conseil départemental de la Drôme. Supportant actuellement un trafic de 2 600 véhicules en temps normal, la RD125 devrait atteindre les 3 000 véhicules/jour à l'horizon 2020.

Autre « élément de contexte » : la section de la RD125 qui traverse le territoire de la commune de Montoison s'est révélée « relativement accidentogène » au fil des années. Large de 5 à 5,50 m, elle a enregistré plusieurs accidents depuis 2001, avec trois décès et sept blessés. Depuis 2013, trois accidents consécutifs s'y sont produits, occasionnant des blessés graves.

Face à cette situation, le Département a décidé de réaliser un diagnostic de sécurité, qui a débouché sur un plan d'action. Objectif : augmenter la sécurité et réduire sensiblement le nombre d'accidents.

DES OBJECTIFS DE SÉCURITÉ AMBITIEUX, DOUBLÉS DE FORTES CONTRAINTES

Particulièrement ciblé : un tronçon de 3,5 km, vétuste, que le conseil départemental a décidé de rénover et d'élargir. Les objectifs de sécurité sont en adéquation avec un trafic futur en augmentation, notamment :

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Conseil départemental de la Drôme

Maîtrise d'œuvre

Conseil départemental de la Drôme

Entreprises

E26-Guintoli

Fournisseur du liant hydraulique

LafargeHolcim (usine du Teil)



Derrière le malaxeur Bomag RS 650, un technicien vérifie visuellement l'homogénéité du mélange entre le matériau de l'ancienne chaussée et le liant hydraulique, et un autre mesure la teneur en eau du matériau traité.

Vérification de l'humidification et de la densité réalisée à l'aide d'une jauge Humboldt HS-5001EZ.

// l'élargissement significatif de la chaussée, passant de 5 m de large à 8,50 m au total, avec deux voies larges de 3 m et un accotement revêtu constituant une bande multifonctionnelle, notamment pour la circulation des vélos, mais permettant également un évitement des véhicules au droit des carrefours ;

// la réalisation d'un giratoire à cinq branches avec, à terme, trois routes départementales et deux voies communales.

Mais le projet devait aussi tenir compte de nombreuses contraintes, notamment :

// le maintien de la nouvelle chaussée dans les mêmes emprises (au moins pour l'essentiel) ;

// la présence d'une zone humide.

LE CHOIX AVANTAGEUX DU RETRAITEMENT EN PLACE AU LIANT HYDRAULIQUE ROUTIER (LHR)

Consulté, CIMbéton a mis ses moyens de conseil à la disposition des décideurs techniques du département de la Drôme, notamment le logiciel de calcul spécialement mis au point pour permettre « l'évaluation ou la comparaison d'ordre économique et environnemental entre deux techniques routières concurrentes. Il présente un double avantage pour l'utilisateur, explique Joseph Abdo, directeur du pôle Route de CIMbéton, qui est à l'origine de sa conception. D'une part, il permet de choisir objectivement, en fonction des données locales de son projet, les valeurs des paramètres à chaque étape de l'étude ; et, d'autre part, il aide à déterminer rapidement laquelle des deux techniques est la plus adaptée sur le plan économique ou environnemental. » (Ce logiciel est utilisable en ligne à l'adresse suivante : lhr.cimbeton.net)

Résultat : pour chacun des paramètres les plus importants (notamment, l'usage des ressources naturelles, la consommation d'énergie, l'impact du CO₂, l'acidification, l'eutrophisation et le prix), la technique du retraitement s'est révélée plus avantageuse que d'autres solutions, notamment la reconstruction. « Dans le cas présent, la comparaison avec une reconstruction classique a donné un net avantage au retraitement en place au liant hydraulique. Sur chacun des postes, les écarts sont significatifs, toujours en faveur du retraitement, parfois avec des coefficients

importants, par exemple en ce qui concerne la consommation en ressources naturelles ou en énergie », confirme Fouez Khéribet, ingénieur conseil chez CIMbéton.

Finalement, le conseil départemental de la Drôme a choisi la solution d'un retraitement en place au LHR, confié au groupement E26-Guintoli (groupe NGE), qui a remporté l'appel d'offres. Le retraitement de la RD125 est prévu sur une longueur de 3,5 km, sur une largeur de 8,50 m au total et une profondeur de 35 cm. Sur la RD555, le retraitement d'un autre tronçon de 0,8 km a pour but de créer la « patte d'oie » à cinq branches déjà évoquée.

Durée prévue du chantier : cinq mois pour le lot « chaussée », à compter du démarrage, le 1^{er} juin 2018.

LE LIANT HYDRAULIQUE ROLAC OPTIMUM LT DE L'USINE DU TEIL DE LAFARGEHOLCIM

Le liant hydraulique retenu pour le retraitement de la RD125 est du Rolac Optimum LT, à raison de 38 kg/m² (traitement à 5 %). Humidification : 40 litres d'eau au mètre carré. « Comme beaucoup de nos liants à base clinker, le Rolac Optimum LT a pour caractéristiques d'être rapide et bien adapté au type de terrain que l'on trouve à Montoisson, explique Jean-Christophe Redon, directeur adjoint à la direction nationale des ventes Route pour LafargeHolcim Distribution. Pour ce chantier, nous en livrerons environ 1 500 tonnes avec les cadences nécessaires aux phases de travaux. »

Pour LafargeHolcim, la proximité de ce chantier avec l'usine du Teil (Ardèche), située à moins de 50 km, était, en « produit local », la meilleure solution pour alimenter en souplesse et en économie de transport ce chantier de NGE. Pour mémoire, l'usine du Teil a été la première usine Lafarge, créée en 1833 et implantée sur un site privilégié pour bénéficier des qualités exceptionnelles des minéraux locaux.

« Notre usine produit 800 000 tonnes de ciments par an, commente Fabrice Lermercier, responsable qualité-environnement pour la région Rhône-Alpes de Ciment LafargeHolcim. Il n'y a aucune difficulté à fournir ce type de chantier. L'usine du Teil est également une des usines du groupe LafargeHolcim à fabriquer spécialement des ciments blancs et du ciment SR5, capable de résister aux attaques sulfatiques. »



Derrière le malaxeur, la mise en œuvre se poursuit avec le nivellement de la chaussée (à droite) et le compactage du matériau (à gauche).



Le département de la Drôme a opté pour la technique préventive de préfissuration. Le groupement E26-Guintoli a mis en œuvre deux systèmes de sciage, dont une dent crantée montée sur une pelle, intervenant systématiquement tous les quatre mètres pour canaliser les éventuelles fissures transversales.

« Pour décider de cet espacement, nous nous sommes fait conseiller par le Cerema et par CIMbéton », précise Laurent Espinasse, adjoint au responsable de la zone Centre pour le conseil départemental de la Drôme.

■ DÉROULEMENT DU CHANTIER

Dans le cadre d'un partenariat entre le conseil départemental de la Drôme, CIMbéton et E26-Guintoli, le retraitement de la RD125 a fourni l'opportunité d'organiser une journée technique sur place, le 12 septembre, en présence d'une centaine de participants.

Sur un tronçon de chaussée préalablement fragmentée, un épandage de liant avait déjà été réalisé. Un atelier de retraitement constitué d'un malaxeur Bomag RS 650, alimenté par une citerne d'eau, procédait au mélange à froid des matériaux « afin d'obtenir, après prise et durcissement, un mélange homogène présentant des caractéristiques mécaniques élevées ». Encadrés par les équipes de Guintoli, les participants à la journée technique CIMbéton ont pu constater l'efficacité du procédé et la rapidité des opérations de traitement. Après vérification de la teneur en eau, une niveleuse asservie à un GPS pouvait effectuer un réglage « avec une précision de l'ordre du centimètre », avant l'intervention d'un atelier de compactage, composé d'un rouleau vibrant et d'un compacteur à pneus.

■ PRÉFISSURATION AVEC DEUX SYSTÈMES DE SCIAGE

Le déroulement du chantier prévoyait ensuite le recours à la technique préventive de préfissuration. Pour ce faire, Guintoli a mis en œuvre deux systèmes de sciage, dont une dent crantée montée sur une pelle, intervenant systématiquement tous les quatre mètres pour canaliser les éventuelles fissures transversales. « Pour décider de cet espacement, nous nous sommes fait conseiller par le Cerema et par CIMbéton », précise Laurent Espinasse, adjoint au responsable de la zone Centre pour le conseil départemental de la Drôme.

■ APPLICATION D'UNE COUCHE DE BITUME ARMÉ ROUTIER

Ultime phase de la rénovation de la RD125 : l'application d'une couche de bitume armé routier (BAR), intégrant des fibres de verre. « Le BAR est un produit composite combinant les propriétés complémentaires d'adhésivité du bitume et de résistance à la traction des fils de verre, explique Jean-Yves Rigard-Cerison, de la société BAR. Il présente des propriétés mécaniques de cohésion qu'aucun mélange bitumineux ne possède seul. Entrant dans

la composition des enduits superficiels (ESU), il est mis en œuvre avant le gravillonnage, en lieu et place du répandage de bitume traditionnel. Le dosage d'émulsion de bitume est ajusté en fonction du support, le dosage d'agrégats n'est pas modifié. Le BAR homogénéise le support et assure la parfaite imperméabilisation de la couche de base. Situé à l'interface entre cette dernière et la couche de roulement, le BAR assure également le "collage" de la nouvelle couche de roulement sur la couche de base. »

À Montoison, le BAR a été mis en œuvre par une seule machine à hautes capacités, qui a procédé à différentes opérations en intercalant une couche de fibres de verre – déroulées de bobine et découpées en brins de 6 cm de longueur – entre deux couches d'émulsion de bitume. Les 40 000 m² de superficie du chantier de la RD125 ont été traités en deux jours.

■ UN CHANTIER EN QUATRE PHASES

Durant toute la durée des travaux, le trafic a été dévié. Quatre phases ont été mises en place sur une durée totale de six mois (report d'un mois en raison du déplacement des réseaux et des intempéries).

Phase 1 : organisation du giratoire ;

Phase 2 : dégagement des emprises ;

Phase 3 : traitement de la RD125 ;

Phase 4 : rabattement de la RD555 et réouverture de la RD125.

Préalable au traitement au liant hydraulique, le déplacement de nombreux réseaux (gaz, téléphone, eau potable, système d'irrigation) implantés sous le tronçon de la RD125 a constitué une spécificité et un facteur important de complexité. « Nous avons travaillé en étroite liaison avec tous les concessionnaires », explique Laurent Espinasse.

■ REMISE EN CIRCULATION ET FIN DE CHANTIER

Le chantier s'est déroulé sous coupure totale de la circulation, facilitée par un réseau routier secondaire important, qui a permis d'assurer le transit et la desserte locale.

La circulation doit être rétablie début décembre, et une mise en service définitive est prévue au printemps 2019. ■



Marie-Pierre Mouton,
présidente du conseil départemental
de la Drôme

INTERVIEW

UNE SOLUTION ATTRACTIVE, ÉCONOMIQUE ET RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT

Présidente du conseil départemental de la Drôme, Marie-Pierre Mouton commente le choix du retraitement en place au liant hydraulique routier pour la rénovation de la RD125.

Madame la présidente, vous êtes à la tête du conseil départemental de la Drôme. Le réseau de vos routes départementales est important. Quels en sont les enjeux ?

La Drôme gère 4 250 km de routes départementales. C'est un patrimoine de grande valeur qu'il faut entretenir et moderniser. Cette année, nous y consacrons 46,60 M€ d'investissement. Notre objectif est de mener une politique routière ciblée et efficace.

Quels sont les défis à relever aujourd'hui pour entretenir un réseau d'une telle ampleur ?

Tout au long de l'année, les équipes de la direction Déplacements sont mobilisées pour assurer sécurité et confort à tous les usagers du réseau. Fluidité du trafic, mobilité des biens et des personnes, déplacements des services de secours, attractivité touristique : toutes les activités du quotidien soulignent l'importance de chaussées adaptées au trafic supporté, au secteur géographique (plaine ou montagne), et bien entretenues.

Mais, comme toute chose, un réseau routier, cela vieillit. Et force est de constater que le coût de l'entretien traditionnel ne cesse de croître, car il fait appel à des matériaux « nobles », dont la fabrication et le transport ont un impact sur l'environnement. Dans ce contexte, il est de notre responsabilité de rechercher des solutions alternatives qui soient à la fois économes et à faible impact environnemental.

D'où l'intérêt que vous portez à des solutions comme le retraitement en place au liant hydraulique routier ?

Ce procédé a été détaillé lors d'une réunion organisée par CIMbéton dans la Drôme en 2016. Les techniciens de la direction Déplacements ont rapidement saisi tout l'intérêt de ce type de procédé qui valorise les matériaux anciens, évitant ainsi les mises en décharge et limitant les transports.

La rénovation de la RD125, grâce au retraitement en place au liant hydraulique routier, a une valeur expérimentale. La Drôme

est fière de faire ce test. Nous étudions de près tous les aspects, notamment son évolution dans le temps. Car il est fort probable que cette technique connaîtra, dans notre département et ailleurs, un développement important dans les prochaines années.

L'évolution législative et réglementaire y est-elle favorable ?

La loi sur la transition énergétique impose aux collectivités de réaliser des opérations de construction ou de rénovation de chaussées en utilisant au moins 50 % de matériaux issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage de déchets. En 2020, ce pourcentage passera à 60 %. Il faut s'y préparer. À terme, notre objectif, c'est évidemment « zéro déchet ». La technique de recyclage des chaussées en place, associée à l'utilisation d'un liant hydraulique routier, répond à ces préoccupations.

Le chantier de la RD125 a été l'occasion d'une grande manifestation : une journée technique coordonnée par le Département en partenariat avec CIMbéton, à Montoison, le 12 septembre. Elle a accueilli plus d'une centaine de participants. Vous l'avez ouverte et vous y avez participé activement...

C'est toujours important d'aller sur le terrain, de se rendre compte par soi-même, de rencontrer les intervenants et de pouvoir échanger avec ceux-ci. J'ai noté avec satisfaction l'intérêt suscité par ce procédé auprès des spécialistes et des techniciens du Département et des départements voisins.

Allez-vous poursuivre la promotion de ce type de procédé ?

Ce procédé semble s'affirmer comme une solution innovante et répondant aux bonnes pratiques environnementales que nous préconisons. Le Département se doit de montrer l'exemple. Face aux anciennes techniques traditionnelles, souvent coûteuses et sources de pollution, de nouvelles solutions existent... Pourquoi s'en priver ?

Du béton ciré et quartzé pour un défilé de haute couture

Dans le cadre de la Fashion Week 2017, qui s'est déroulée du 25 septembre au 3 octobre 2017 à Paris, un défilé a eu lieu au pied de la tour Eiffel. Le podium où défilaient les mannequins était installé sur les fontaines du Trocadéro. Signe particulier : il était intégralement en béton ciré et quartzé. Une réalisation spectaculaire et éphémère, en parfaite adéquation avec l'élégance de la haute couture française.



Le podium éphémère de 2 200 m² en béton ciré et quartzé (EQIOM Articimo® Ciré), réalisé par Eurotech Floor pour le défilé au Trocadéro, en septembre 2017, dans le cadre de la Fashion Week.

.....

PRINCIPAUX INTERVENANTS



Maîtrise d'ouvrage

Maison de haute couture française

Maîtrise d'œuvre

Producteur international de défilés

Mise en œuvre du béton décoratif

Eurotech Floor

Fournisseur du béton

EQIOM Bétons (Batignolles)

Fournisseur du ciment

EQIOM (usine de Lumbres)

L'événement n'est pas passé inaperçu. Décor exceptionnel : les fontaines du Trocadéro, au pied du Palais de Chaillot. Les mannequins ont défilé sur une structure éphémère en béton quartzé avec, en toile de fond, la tour Eiffel illuminée.

Un décor époustouflant pour un moment « magique et inoubliable », unanimement salué par la presse.

Pour parvenir à ce résultat, particulièrement valorisant pour le béton et son image dans le grand public, les différents intervenants n'ont pas ménagé leurs efforts.

Ils ont également dû faire preuve de réactivité et d'une extrême vigilance vis-à-vis de la qualité du produit fini.

« Il était hors de question de se rater. Une unique solution : réussir. Il n'était pas question de faire décaler un défilé de Fashion Week pour une quelconque raison », indique Nathalie Parilla, commerciale chez EQIOM, qui a suivi l'ensemble de l'opération.

« Il s'agissait d'un chantier unique », insiste Dany Baptista, de l'entreprise Eurotech Floor, qui a mis en œuvre le béton pour cette scénographie au pied de la Dame de fer parisienne.

UN CADRE ATYPIQUE ET FÉRIQUE

Pour valider la faisabilité de ce projet un peu fou et par souci du détail, un cabinet de géomètres-experts a été missionné afin de préparer le chantier. Un relevé informatique détaillé du Trocadéro a été effectué par scanner laser 3D afin d'étudier notamment l'accessibilité et l'approvisionnement du chantier. « À partir de notre maquette numérique, le projet de promouvoir un défilé de mode dans un cadre atypique et féérique a pu se réaliser. »

Ensuite, tout s'enchaîne très vite. Le béton choisi pour réaliser le podium est un Articimo ciré produit par EQIOM (Articimo® Ciré BPS C25/30 350 kg CEM I 52,5 N CE CP2 NF D12S4 XF1 CL 0,40). Spécialisée dans la mise en œuvre du béton décoratif et membre du réseau des Créateurs de sols béton, partenaire d'EQIOM, la société parisienne Eurotech Floor (XVIII^e arrondissement de Paris), dont les ateliers sont à Croissy-Beaubourg (Seine-et-Marne), est retenue pour la mise en œuvre. « Nous avons été contactés début septembre, soit trois semaines avant le défilé, indique Dany Baptista, d'Eurotech Floor. Il fallait être très réactif. Nous l'avons été en mobilisant toutes nos ressources disponibles. »

« La spécificité de ce chantier était qu'il s'agissait d'un événement de prestige international. De l'événementiel

pur, se remémore de son côté Mathieu Morel, responsable des bétons spéciaux chez EQIOM. Un cas de figure que l'on ne rencontre que rarement dans le béton, avec un chantier très bref et un ouvrage avec une durée de vie limitée à quelques jours seulement. Le tout selon un planning totalement impératif. »

Sur place, les opérations sont rondement menées. Pour permettre la réalisation du podium au-dessus des bassins, des échafaudages sont montés. Puis viennent les coffrages. Tout est bientôt prêt pour le coulage du béton. L'un des plus grands défis à relever est d'accompagner, du point de vue logistique, la réalisation du podium le jour J, à l'heure dite, en une seule fois. « En l'occurrence, il s'agissait de tout couler en une matinée », rappellent ensemble les représentants d'EQIOM et d'Eurotech Floor.

UNE SCÈNE DE 2 000 M² RÉALISÉE EN CINQ HEURES

À la date prévue, à partir de 4 h 30 du matin, 20 toupies d'une capacité de 7 m³ déchargent leur béton dans les jardins du Trocadéro, « à raison d'une toupie tous les quarts d'heure, avec cinq véhicules se relayant ». Avantage : le béton Articimo ciré provient de la centrale EQIOM Bétons-Batignolles, située porte de Clichy, soit à environ 4 km à vol d'oiseau. L'approvisionnement en béton s'effectue à la pompe. Deux engins de 58 m de flèche sont en service. « Il a fallu mettre au point une formule adaptée avec des agents de cohésion et des adjuvants qui permettent d'obtenir un béton un peu plus

gras (S4), plus facilement pompable », détaille Mathieu Morel, le responsable des bétons spéciaux chez EQIOM. Douze techniciens sont à l'œuvre. Le rythme du coulage est soutenu : 30 m³ par heure. Total : 140 m³. La vaste scène d'une superficie de 2 200 m² est réalisée d'une seule traite, en cinq heures, montre en main. Épaisseur : 8 cm. « Sans joints sciés ni reprise de coulage », rappelle Dany Baptista.

Principale préoccupation lors de cette réalisation hors norme : prévenir toute apparition de fissures, risque important *in situ*, dans la mesure où l'ouvrage repose sur un échafaudage revêtu de bâches, susceptibles de bouger et d'entraîner de la tension dans le béton.

FIBRE POLYPROPYLENE ET TRUELLE MÉCANIQUE

Contre la fissuration et pour obtenir le meilleur résultat esthétique possible, plusieurs mesures sont mises en œuvre. D'abord, au niveau du béton : « Nous avons utilisé un adjuvant spécial (agent limitateur de retrait) et de la fibre polypropylène, ce qui a permis de limiter le retrait du béton », indique Mathieu Morel.

Ensuite, lors de la mise en œuvre : « L'utilisation de cinq "hélicoptères" (deux truelles mécaniques autoportées et trois manuelles) a permis d'incorporer au mieux le quartz et le colorant gris clair souhaité par le client dans le béton frais, pour un meilleur rendu visuel, mais aussi pour une bonne homogénéité en surface, précise encore Dany Baptista. Ensuite, le béton a reçu une protection Ideal Work-Ideal Sealer Medium + Ideal Sealer Antiskid, aux propriétés antidérapantes. »

Le catwalk – désignation anglo-saxonne du podium – est praticable dès le lendemain. Cinq jours après, le défilé peut avoir lieu. Grâce aux effets spéciaux, le catwalk paraît comme suspendu au-dessus d'une brume irréelle.

UNE RÉFÉRENCE VALORISANTE

Le moment de grâce passé, une autre course contre la montre débute. À minuit, le démontage commence. Le podium est découpé à la scie à sol par bloc de 1 m x 1 m, que deux grues mobiles chargent dans des bennes. Direction : une centrale de concassage pour recyclage en grave. En quelques jours, les fontaines du Trocadéro retrouvent leur apparence d'origine.

« La réussite de cette opération est le fruit de la confiance entre les intervenants. Et elle s'est encore renforcée lorsqu'il s'est agi de répondre aux multiples contraintes d'un tel chantier, résumant à leur façon Mathieu Morel et Nathalie Parilla pour EQIOM. Cet événement est une référence valorisante ! » « C'est un grand moment de satisfaction professionnelle, confirme Dany Baptista, d'Eurotech Floor. Nous sommes fiers de ce que nous avons fait ! » ■

« LA RÉUSSITE DE CETTE OPÉRATION EST LE FRUIT DE LA CONFIANCE ENTRE LES INTERVENANTS. »



// REMUE-MÉNINGS

Voici, pour vous détendre... ou vous irriter, une énigme à résoudre. Réponse dans le prochain numéro de *Routes* !

PROBLÈME N°146

Les caprices d'une star

Une star souhaite construire une piscine carrée dans son jardin, dont aucune dimension n'excède 25 m. Elle demande à son architecte de paver le fond de la piscine avec des dalles (de dimensions 1 m x 1 m) bleues et jaunes, en respectant les consignes suivantes :

- les dalles bleues doivent être utilisées pour paver le carré central de la piscine ;
- les dalles jaunes seront utilisées pour paver le contour du carré central, d'un mètre de large.

Alors que les dalles sont déjà livrées, la star décide de modifier le pavage du fond de la piscine comme suit :

- les dalles jaunes seront utilisées pour paver le carré central ;
 - les dalles bleues seront réservées pour paver le contour du carré central.
- L'architecte reprend la conception du projet de piscine carrée en respectant les vœux de la star et en utilisant toutes les dalles (sans les couper).

Mais il a été forcé d'augmenter la largeur du contour du carré central. Quelles sont alors les dimensions de la piscine ?

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGS DE ROUTES N°145

RAPPEL DU PROBLÈME POSÉ

Un chapelet spécial

Il est composé de 250 perles en bois, percées en leur centre et au travers desquelles passe un cordon dont les extrémités sont reliées par un nœud. Ces perles mobiles, pouvant librement glisser le long du fil, portent chacune un nombre strictement inférieur à 100. Le chapelet a été conçu de telle sorte que la somme des nombres inscrits sur quatre perles consécutives est toujours égale à 100, quelles que soient leurs positions sur le chapelet. L'une des perles, occupant la position « x », porte le nombre 16. Quel nombre porte la perle occupant la position « x + 3 » ?

SOLUTION

Si la somme des nombres inscrits sur quatre perles consécutives est toujours égale à 100, quelles que soient leurs positions sur le chapelet, cela revient à dire que les nombres inscrits sur les perles forment une suite périodique de période 4. En effet, soient « a » ; « b » ; « c » ; « d » et « e » cinq perles consécutives, on obtient alors que :

$$a + b + c + d = b + c + d + e = 100.$$

On en déduit que : a = e.

Mais, comme le chapelet ne comporte que 250 perles, la périodicité de 4 devient en fait une période de 2. En effet, si « a » est inscrit sur la perle de rang « N », « a » sera alors inscrit sur les perles de rang « N + 4 » ; « N + 8 » ; « N + 12 » ; « N + 16 » ; ... ; « N + 240 » ; « N + 248 » ; « N + 252 ». Or, N + 252 = N + 2.

Cela revient à dire que si « a » est inscrit sur la perle de rang « N », « a » sera inscrit sur la perle de rang « N + 2 ».

Il n'y a donc que deux valeurs inscrites sur les perles :

- La valeur 16 qui se répète toutes les deux perles.
- Une autre valeur « v » qui se répète toutes les deux perles, en alternance avec les perles portant le nombre 16.

On aura donc l'expression :

$$16 + v + 16 + v = 100.$$

D'où : v = 34.

Si la perle « x » porte le numéro 16, la perle « x + 3 » porte le nombre 34.



// AGENDA 2019

CONFÉRENCES TECHNIQUES POUR LA VALORISATION DES MATÉRIAUX EN PLACE À FROID AUX LIANTS HYDRAULIQUES

Le Mans : 19 mars • Nancy : 2 avril • Compiègne : 21 mai • Avignon : 15 oct. • Annecy : 19 nov. • Agen : 3 déc.

Invitations disponibles sur simple demande auprès de CIMbéton ou sur le site lhr.cimbeton.net



// SUR LA TOILE

LOGICIEL DE COMPARAISON ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE CIMBÉTON

Le logiciel de comparaison économique et environnementale vient d'être enrichi d'un nouveau module : la technique de traitement des sols en assises de chaussées vs les techniques à base de matériaux traditionnels. Ce logiciel, libre de droits, est accessible *via* le site Internet dédié aux techniques de valorisation des matériaux en place à froid aux liants hydrauliques routiers (LHR) : lhr.cimbeton.net



// À PARAÎTRE

GUIDE « Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton »



Ce guide se propose de répondre aux quatre questions : comment lutter contre l'imperméabilisation des sols, concevoir et dimensionner des ouvrages adaptés, réaliser et contrôler et enfin entretenir les structures. Pour lutter efficacement contre l'imperméabilisation des sols, ce guide fournit la riche palette de solutions disponibles — en particulier, celles fondées sur l'infiltration et le stockage — et donne un inventaire détaillé de l'offre béton (béton coulé en place et produits préfabriqués). Pour concevoir et dimensionner, le guide traite des différents concepts utilisés et des méthodes de dimensionnement, illustrées de plusieurs études de cas. Pour réaliser, il précise les techniques de mise en œuvre, les règles de l'art à observer et les contrôles à effectuer pour assurer la qualité finale de l'aménagement. Enfin, pour le bon fonctionnement de ces solutions dans le temps, ce guide rappelle aux maîtres d'ouvrage et aux exploitants la nécessité de mener une politique de suivi et d'entretien de ces ouvrages. Ce guide est édité dans la collection technique CIMbéton.

Il est disponible sur simple demande.