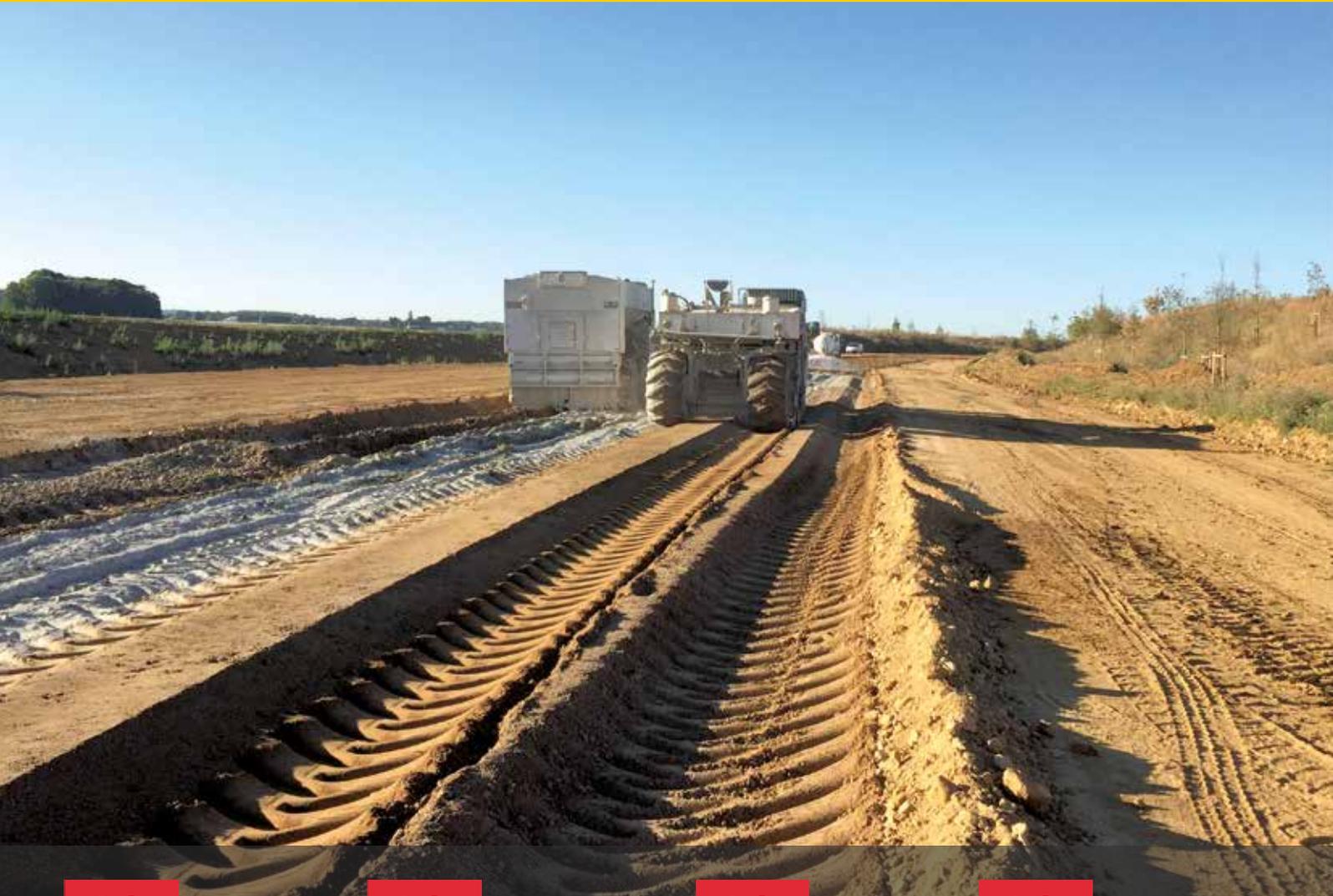


ROUTES

#Carbone #Ciments #Bétons #CementLAB #Bâtiment #GénieCivil #Route #LiantsHydrauliquesRoutiers

#BEST OF 2021

ATTENTION: COURRIER INCLUS À REMPLIR CONCERNANT VOTRE ABONNEMENT EN 2022



**Info
#11**

MONTALIEU-VERCIEU
ISÈRE (38)

Durable et 100 % local, le premier giratoire en béton de référence de l'Isère

**Info
#13**

LA BERNERIE-EN-RETZ
PAYS DE LA LOIRE (44)

Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable

**Info
#14**

RÉAU
SEINE-ET-MARNE (77)

Une plate-forme support de chaussée innovante

**Info
#18**

RCEA / A79
ALLIER (03) / SAÔNE-ET-LOIRE (71)

Traitement des sols pour les travaux de terrassement de l'A79, entre Toulon-sur-Allier et Digoin

RETROUVEZ NOTRE REMUE-MÉNINGES EN DOS DE COUVERTURE



Logiciels d'aide à la décision : pour ça aussi, nous sommes là !

Vous assister dans vos projets, créer des outils utiles et vous aider à les utiliser, c'est aussi ça la mission d'Infociments. Aujourd'hui, face à la multiplicité des solutions, nous travaillons à vous aider à faire vos choix en toute connaissance de cause. C'est pourquoi, après la mise en ligne en 2015 du tout premier logiciel de comparaison économique et environnementale, nous sommes heureux de vous annoncer un nouveau logiciel de comparaison conçu spécialement pour la route : PERCEVAL.



PERCEVAL est un éco-comparateur conçu spécialement pour la route (terrassements routiers, chaussées routières et autoroutières, aménagements urbains et ouvrages annexes). Il permet d'effectuer une évaluation économique et environnementale d'une solution technique ou une comparaison économique et environnementale entre deux solutions techniques alternatives pour un ouvrage routier.

Il répond ainsi au besoin des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre, des bureaux d'études et des entreprises de disposer d'un outil leur permettant d'établir un bilan économique et un bilan environnemental pour chacune des solutions techniques envisagées pour un projet, afin de justifier leur choix final.

Pour y accéder gratuitement : <https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>



ou scannez ce QR Code.

ÉDITO

« ROUTES » 2022 directement par courriel !

CIMbéton a le plaisir de vous adresser le second *Best Of* de la revue Routes. Avec ce numéro imprimé, nous achevons une deuxième année durant laquelle nous avons expérimenté une nouvelle stratégie de diffusion. D'une parution « papier » trimestrielle, la revue a évolué vers une solution mixte digitale et imprimée :

- la newsletter « *Routes Info* », envoyée mensuellement par courriel (abonnez-vous depuis le QR code ci-dessous ou avec le formulaire d'abonnement en p. 35 pour recevoir l'ensemble de nos publications) ;
- la compilation « *Routes la revue* », envoyée par courriel et reprenant les derniers chantiers publiés ;
- un magazine annuel, sous forme de *Best Of* imprimé, rassemblant les reportages emblématiques de l'année.

À travers quatre projets, nous vous présentons toute la richesse des solutions techniques à base de liant hydraulique routier (LHR) et de béton. En effet, l'utilisation du liant hydraulique routier est illustrée par trois reportages de chantiers représentatifs de la filière de valorisation des matériaux en place :

- **Le retraitement des chaussées en place aux LHR** pour entretenir structurellement les chaussées anciennes fatiguées :
 - > RI #13 : La Bernerie-en-Retz / Pays de la Loire (44). Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable.
- **Le traitement des sols en place aux LHR** pour confectionner des plates-formes support de chaussées performantes, durables et respectueuses de l'environnement :
 - > RI #14 : Réau / Seine-et-Marne (77). Une plate-forme support de chaussée innovante.
 - > RI #18 : RCEA/A79 / Toulon-Sur-Allier (03) – Digoïn (71). Traitement des sols pour les travaux de terrassements de l'A79 entre Toulon-Sur-Allier et Digoïn.
- **Quant à l'utilisation du béton**, elle est illustrée par deux reportages de chantiers montrant la diversité des typologies de structures utilisées :
 - > RI #11 : Montalieu-Vercieu / Isère (38). Durable et 100 % local, le premier giratoire en béton de référence de l'Isère.
 - > RI #13 : La Bernerie-en-Retz / Pays de la Loire (44). Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable.

Nous sommes sûrs que vous saurez apprécier ces quatre projets montrant toutes les potentialités dans l'utilisation des LHR et des bétons pour construire, entretenir et aménager les infrastructures de la mobilité de demain.

Vous pouvez, bien entendu, retrouver l'ensemble des reportages Routes et des cahiers techniques sur infociments.fr/publications/routes.

Enfin, pour faire de « Routes » le cœur de votre expression et de vos attentes, nous vous remercions de bien vouloir compléter le questionnaire joint à ce numéro.

Bonne lecture.

Joseph ABDO



Vous préférez lire à l'écran ou accéder à des contenus supplémentaires ? Scannez nos QR codes et retrouvez toute l'information en ligne sur infociments.fr



L'abonnement numérique, c'est ici : remplissez le formulaire d'inscription pour ne pas rater nos publications digitales.

SOMMAIRE



PAGE 4

MONTALIEU-VERCIEU
ISÈRE (38)

Durable et 100 % local, le premier giratoire en béton de référence de l'Isère



PAGE 9

LA BERNERIE-EN-RETZ
PAYS DE LA LOIRE (44)

Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable



PAGE 17

RÉAU
SEINE-ET-MARNE (77)

Une plate-forme support de chaussée innovante (photo de couverture)



PAGE 25

RCEA / A79
ALLIER (03) / SAÔNE-ET-LOIRE (71)

Traitement des sols pour les travaux de terrassement de l'A79, entre Toulon-sur-Allier et Digoïn

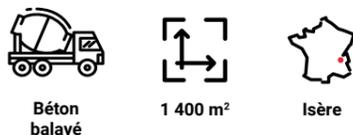


#mieuxcirculer #mieuxvivre #mieuxprotégerlaplanète #chantier #carrefourgiratoire

ROUTES INFO #11

Publié le 05/03/2021

© CIMbéton
Texte Charles Desjardins
& Joseph Abdo



Béton balayé 1 400 m² Isère

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre
Département de l'Isère

Contrôle extérieur
Laboratoire routier du département de l'Isère

Entreprises
Entreprise générale : Spie Batignolles-Favier
Mise en œuvre du béton : Minéral Concept
Aménagement (MCA), filiale du groupe Tebior

Fournisseur du béton
Béton Vicat (Meximieux, centrale de Pérouges)

Fournisseur du ciment
Ciment Vicat

PHOTO CI-DESSUS : le nouveau giratoire à trois branches situé à la sortie nord de Montalieu-Vercieu.

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 8.

Le premier giratoire en chaussée béton de l'Isère a été achevé le 20 novembre 2020. Le Département a souhaité expérimenter un ouvrage à la durabilité renforcée, destiné à résoudre la problématique de la sollicitation accélérée des giratoires en enrobé en cas d'important trafic de poids lourds. Après Pérouges dans l'Ain, en 2018, cette solution durable et 100 % locale a fait son chemin en Isère.

SITUATION

Situées dans le canton de Morestel, dans le Nord-Isère, les communes de Porcieu-Amblagnieu et de Montalieu-Vercieu sont limitrophes, bordées toutes deux à l'est par le Rhône, qui les sépare du département de l'Ain. Territoires d'anciennes carrières et agglomérations agricoles, elles se situent à faible altitude (200-350 m). Particularité : Montalieu-Vercieu accueille une Maison de la pierre et du ciment, espace d'exposition permanente qui retrace l'histoire du bassin carrier d'extraction de la pierre dite « de Villebois ».

ÉTAT DES LIEUX

Montalieu-Vercieu et Porcieu-Amblagnieu sont desservies par la RD1075, qui traverse les agglomérations du nord au sud, en suivant son tracé sur la rive gauche du Rhône. Ancienne route nationale avec un trafic important, la RD1075 assure la connexion entre le département de l'Ain et celui de l'Isère, en empruntant le pont de Lagnieu, à une dizaine de kilomètres plus au nord. Spécificité locale : la présence de carrières et d'usines dans les environs génère un important trafic de poids lourds (500 à 600 par jour, avec des convois exceptionnels de 250 tonnes).

Principale « victime » de ce trafic : le giratoire à trois branches en enrobé, situé à la sortie nord de Montalieu-Vercieu, sur le territoire de la commune voisine de Porcieu-Amblagnieu. Construit il y a une trentaine d'années, l'ouvrage présentait des stigmates d'usures avancées malgré des travaux d'entretien réguliers : orniérage du revêtement bitumineux ; arrachement des granulats en surface ; faïençage.

« Ce premier rond-point en béton de l'Isère est une solution innovante qui permet non seulement de sécuriser cette portion de route – très abîmée par un transit de poids lourds important, toutes les surfaces et les bordures devant être reprises –, mais également de veiller à notre environnement et de privilégier des solutions locales. Pour éviter le plus d'impact possible sur le commerce local, nous avons redoublé d'efforts pour terminer ce chantier au plus tôt, avec une réouverture le 16 novembre [au lieu du 30] », résume Bernard Pérezio, vice-président chargé de la voirie, des réseaux d'eau, de l'assainissement et de l'électrification rurale du département de l'Isère.

PROJET

En 2019, un projet de rénovation est mis à l'étude. « Cela faisait un moment que les élus locaux et le Département souhaitaient obtenir de nouvelles données sur l'état et la durabilité des voiries de ce secteur, commente Olivier Bonnard, conseiller départemental du canton de Morestel. Le cas du rond-point de Montalieu-Vercieu – Porcieu-Amblagnieu était symptomatique. Il était absolument nécessaire de le rénover. »

Objectifs

- Le projet fait l'objet d'études et de réflexions. Plusieurs objectifs sont assignés au futur ouvrage :
- > Fluidifier et sécuriser le trafic
 - > Avoir une durabilité la plus longue possible (vingt ans)
 - > Limiter l'impact sur l'environnement
 - > Permettre l'utilisation de matériaux locaux
 - > Être résistant au cycle gel-dégel, condition impérative dans le département
 - > Garantir une adhérence durable de la chaussée

Choix du béton

« À partir du moment où la décision de rénover le giratoire de Montalieu-Vercieu – Porcieu-Amblagnieu a été prise, le département de l'Isère s'est interrogé sur les matériaux à utiliser, reprend Olivier Bonnard. Avec Vicat, l'Isère est l'un des berceaux de l'industrie cimentière française. L'histoire de Montalieu-Vercieu est marquée par la pierre et la commune a un espace culturel dédié au ciment. Choisir de réaliser un giratoire en béton dans cette commune a beaucoup de sens du point de vue de l'histoire et de l'économie locale. »

L'argument de la durabilité, associée à la solidité de l'ouvrage, conforte ce choix. « Un giratoire en béton a une durée de vie deux fois plus longue que celle d'un rond-point en enrobé », insiste Olivier Bonnard.

Un moment envisagée, l'utilisation de BCMC (béton de ciment mince collé) est finalement écartée, notamment à cause du manque d'homogénéité de la couche d'assise existante, mis en évidence par différents sondages.

Feu vert pour un giratoire en béton ! Mais cette réalisation étant inédite en Isère, les services techniques du Département approfondissent minutieusement tous les aspects du projet. Sollicité, CIMbéton fournit les informations utiles et les règles de l'art dans le domaine. Élus et techniciens du Département visitent aussi plusieurs ouvrages de référence, dont le giratoire de Pérouges (Ain), situé à une quarantaine de kilomètres (cf. Routes 145, septembre 2018). Ils valident le choix du matériau.

Le choix définitif s'arrête sur la réalisation d'un giratoire en béton de classe mécanique BC5 goujonné, en mesure de répondre à la problématique actuelle et aux besoins de l'avenir. « Nos prévisions de trafic montrent une légère augmentation de la circulation dans l'avenir, mais pas de croissance spectaculaire », signale Richard Andréosso, le responsable de la filière Route du Haut-Rhône dauphinois.

Structure existante du giratoire

Les investigations menées (sondages, déflexions et prélèvements d'échantillons à différents endroits) montrent que le giratoire existant est constitué d'une couche de surface en enrobé (épaisseur de 6 cm), d'une assise en grave-bitume (épaisseur variant entre 30 et 40 cm) et d'une couche de forme en matériaux de type GNT. En outre, les sondages ont révélé la présence d'un décollement entre deux couches de la structure de chaussée à une vingtaine de centimètres de profondeur.

Choix de la solution d'entretien du giratoire

Le décollement de la structure à partir de moins 20 cm a orienté le Département vers un choix de structure du béton de type BC5g et d'épaisseur 20 cm / GB 8 cm de façon à :

- > supprimer le décollement existant de la chaussée ;
- > respecter la géométrie du giratoire existant ;
- > dimensionner le giratoire pour un trafic T1 à vingt ans, voire trente ans.

En 2020, la solution retenue consiste, après rabotage de la structure de chaussée sur une profondeur de plus ou moins 28 cm (jusqu'au niveau du décollement), à mettre en place un revêtement en béton BC5g (résistance à la compression C35/45 et résistance au fendage 3,2 MPa à joints goujonnés « g ») d'épaisseur 20 cm, appliqué sur la structure de chaussée restante, d'épaisseur minimale 8 cm.

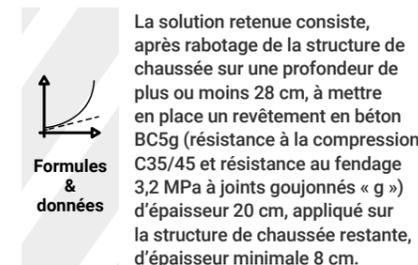
Choix de l'entreprise

Après un an de tests et d'études, le projet est fin prêt. L'appel d'offres est lancé. Le groupement Spie Batignolles-Favier – MCA (Minéral Concept Aménagement) remporte le



« Choisir de réaliser un giratoire en béton dans cette commune a beaucoup de sens du point de vue de l'histoire et de l'économie locale », rappelle Olivier Bonnard.

Un giratoire en béton a une durée de vie deux fois plus longue que celle d'un rond-point en enrobé



Pour aller plus loin : liens et infos en p. 8, bibliographie technique en p. 34.

+ Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : www.infociments.fr/routes



Le giratoire a été doté de nouvelles bordures dont les fondations ont été renforcées pour éviter les retournements.



Après l'homogénéisation de la fondation en GB, l'entreprise a procédé à l'installation des coffrages et des paniers de goujons, conformément au plan de calepinage.



Le béton pompé a été réparti et étalé manuellement, puis vibré à la règle vibrante pour assurer son bon serrage.

marché. L'entreprise Spie Batignolles-Favier, basée à Morestel, réalisera les travaux de VRD ; MCA, basée à Pusignan (Rhône), filiale du groupe Tebior, membre du Specbea et spécialiste du béton décoratif, réalisera la mise en œuvre du béton. L'entreprise est particulièrement motivée par la technicité du chantier et par la validation de son savoir-faire sur un tel ouvrage. Le béton BC5 sera fourni par la centrale Vicat de Pérouges.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Début octobre 2020, les phases préparatoires du chantier commencent, avec de nombreux essais, notamment sur la formulation du béton, sa résistance à l'écaillage, le type de balayage, les essais volumétriques de macrostructure (profondeur moyenne de texture) et le calepinage des trois types de joints (retrait-flexion, dilatation, longitudinaux).

Gestion de la circulation

Durant les phases de séchage, la route doit rester fermée. Plusieurs procédés sont employés pour réduire ces temps. Une analyse fine a été menée sur l'exploitation du chantier et son organisation afin de limiter au maximum les nuisances pour les usagers.

Démolition et rabotage

Spie Batignolles-Favier se charge de la préparation du chantier, avec la démolition de l'ancienne structure jusqu'au décollement, la modification des réseaux, le revêtement des îlots et des trottoirs, le rabotage et le reprofilage de l'ancienne chaussée.

Mise en place de nouvelles bordures

« Spie Batignolles-Favier a mis en place de nouvelles bordures dotées de fondations renforcées, car, sur les giratoires classiques, elles s'arrachent régulièrement. Nous souhaitons que la durabilité des bordures soit en phase avec l'espérance de vie de l'ouvrage en béton », précise Richard Andréosso, le responsable de la filière Route à la direction du Haut-Rhône dauphinois de l'Isère.

Harmonisation de la GB

L'ancien tapis d'enrobés et une partie de la grave-bitume (jusqu'au niveau du décollement) ont été retirés.

Une purge et un reprofilage général ont été réalisés de façon à reconstituer une structure homogène en enrobés sous la future dalle béton et à éviter les tassements différentiels.

L'épaisseur résiduelle de la structure de chaussée restante était de 15 à 17 cm.

Cette purge a permis d'établir la portance de la plate-forme à 80 MPa.

Coffrage, ferrailage et goujonnage

Les fers de liaison et les goujons métalliques (quelque 2 147 goujons au total, d'une longueur de 0,45 m et d'un diamètre de 25 mm, avec un revêtement antiadhérent de 0,5 mm, espacés tous les 30 cm) ont été disposés sur des supports et fixés sur la grave-bitume, à mi-hauteur des dalles et à cheval sur les joints transversaux, selon le calepinage prévu.

BÉTONNAGE

Le coulage a débuté le 3 novembre. En accord avec tous les intervenants, il s'est effectué en quatre phases.

« Au total, nous avons livré 280 m³ de béton BC5 en provenance de notre centrale de Pérouges (Ain), située à une trentaine de kilomètres au nord de Montalieu-Vercieu, explique Sabrina Pighetti, manager du secteur Rhône-Saône chez Béton Vicat. Les granulats utilisés provenaient également de la carrière de granulats Vicat de Pérouges. Soit environ 70 m³ par phase de coulage (une phase pour l'anneau intérieur, une phase pour l'anneau extérieur, une phase pour les dalles de transition et une phase pour les bretelles d'accès). » Il s'agissait à chaque fois d'une formule XF4 D3 pompable (S2-S3) pour tenir compte de l'accessibilité réduite au plan de ferrailage et de goujonnage.

« Chaque plan de coulage a été validé par le Département, précise de son côté Sylvain Boyon, le chargé d'affaires béton de MCA. Nous avons également systématiquement vérifié la consistance du béton et réalisé des éprouvettes et des contrôles de résistance en fendage et en compression. »

Régulé à la pompe, le béton est ensuite réparti à la pelle et au râteau, puis taloché.

Vibration

« Une fois le béton pompé, nous l'avons travaillé par vibration externe à la règle vibrante pour bien le fermer et ainsi assurer la résistance et la classe d'exposition, précise encore Sylvain Boyon de MCA. Nous n'avons fait que très peu de vibrations à cœur, à l'aiguille vibrante, essentiellement dans les endroits difficiles comme les pieds de coffrage. Si l'on vibre trop avec une formule

pompable (S2-S3), le risque est de créer un problème de tenue du béton. Nous n'avons pas eu besoin d'utiliser du très gros matériel : la règle vibrante classique s'est révélée être une bonne méthodologie. Le savoir-faire de nos hommes a fait le reste. Le nivellement et la planéité ont été parfaitement assurés, l'écoulement des eaux s'effectuant sur les exutoires. »

Balayage et PMT

Dernier aspect et non des moindres : la profondeur moyenne de texture (PMT), qui permet de quantifier la macrotexture et qui détermine l'adhérence des véhicules. Sur un giratoire en chaussée béton, cette PMT résulte du balayage effectué à la surface du béton fraîchement coulé. Ce balayage texture la surface en y imprimant des stries. La régularité et la forme de ces stries peuvent varier selon le balai utilisé et l'aspect final recherché. « Cela a constitué un autre point de vigilance très important, se souvient Sylvain Boyon de MCA. Avec un balayage fin, nous obtenions une PMT proche de celle d'un BBSG. Mais après dix ou quinze ans de circulation sur l'ouvrage, le risque était de perdre en adhérence. Il nous a fallu réaliser plusieurs essais en phase préparatoire pour trouver le bon type de balayage, légèrement plus grossier, tout en restant régulier et esthétique pour garantir une PMT à long terme. Le laboratoire routier du Département nous a accompagnés dans cette démarche. »

Cure

Un produit de cure a été immédiatement pulvérisé sur le béton, après sa mise en œuvre, pour éviter sa dessiccation.

Joints

Trois types de joints ont été réalisés sur le nouveau giratoire de Montalieu-Vercieu, conformément au schéma de calepinage :

> 120 ml de joints de construction sur la hauteur totale du béton et d'une largeur de 1 cm.

> 600 ml de joints de retrait d'une largeur de 1 cm sur 7 cm de profondeur (soit un tiers du dalage). Il s'agit d'un présciage.

Après vingt-huit jours de séchage et à maturité du béton, les joints ont été sciés et chanfreinés, puis dotés d'un fond de joint, avant d'être garnis pour assurer une bonne étanchéité, garante de la pérennité de l'ouvrage.

> 50 ml de joints de dilatation et goujonnés ont été également réalisés.

Dalles de transition

Comme son prédécesseur, le nouveau giratoire de Montalieu-Vercieu comporte trois branches. L'entrée de chacune d'entre elles, juste avant l'anneau en béton, concentre les zones de freinage et de réaccélération des poids lourds. Dans ces aires soumises à de fortes contraintes, une dalle de transition (également en béton goujonné) a été réalisée. « Il s'agissait d'un des points de vigilance les plus importants du chantier », souligne Sylvain Boyon de MCA. D'une longueur totale de 1,30 m, ces dalles de transition ont chacune une épaisseur qui décroît de 23 à 10 cm pour former un talon. Destinées à être recouvertes par de l'enrobé, comme le prolongement de la chaussée, elles assurent un raccordement robuste, qui transfère progressivement les efforts exercés par les poids lourds. Cela réduit ainsi les risques de déformation de l'enrobé en limite de béton, qui conduirait à l'apparition d'une marche et d'épaufrures. Un angle de 10 degrés par rapport à la rive de chaussée permet de limiter l'effet dynamique simultané du trafic sur le joint.

PLANNING

Courant novembre, alors que la mise en œuvre du béton avait commencé au début du mois, la MO-MOE demande à l'applicateur d'accélérer le chantier. Objectif : la mise en circulation du nouvel ouvrage avant les fêtes de fin d'année. « On nous a demandé d'être efficaces et nous l'avons été, dit en souriant Sylvain Boyon de MCA. Nous avons doublé nos effectifs et nous nous sommes mis à travailler les week-ends. Nous avons ainsi réalisé de gros coulages qui nous ont permis de bien maîtriser un planning serré en travaillant simultanément sur les trois éléments-clés du chantier : les anneaux intérieur et extérieur ainsi que les bretelles d'accès. »

« La rapidité d'exécution de MCA, doublée d'une belle réactivité, a été l'un des enseignements de ce chantier, reconnaît Richard Andréosso, le responsable filière Route à la direction du Haut-Rhône dauphinois de l'Isère. Cette vitesse a été rendue possible par l'utilisation d'un matériel léger mais parfaitement adapté et par le grand professionnalisme des équipes. »

MÉTÉO

Le parfait respect du planning est également dû à une météo clémente pour le mois de novembre. « Nous sommes passés entre les gouttes, résume Sylvain Boyon. Nous n'avons eu qu'un seul coulage décalé et le fait d'avoir pu accélérer au bon moment nous a permis d'éviter les perturbations de décembre. »



Le balayage, une étape cruciale pour obtenir une bonne PMT, gage d'adhérence sur le long terme pour les véhicules.



La protection du béton a été assurée par un produit de cure qui a été pulvérisé immédiatement après le traitement de surface.



Réalisation des dalles de transition.

➕ Pour aller plus loin, retrouvez notre bibliographie technique en p. 34.

FIN DES TRAVAUX

Le chantier du nouveau giratoire de Montalieu-Vercieu a pris fin le 16 novembre 2020, soit seulement deux semaines après la fin de la mise en œuvre du béton. L'ouvrage a été réceptionné, mais il n'a pu être officiellement inauguré pour cause de Covid-19.

BILAN

« La réalisation du giratoire en béton de Montalieu-Vercieu est une date importante dans l'histoire de MCA, commente Sylvain Boyon. Je tiens à souligner la très bonne coordination entre tous les intervenants, du département de l'Isère en tant que MO-MOE à Vicat, fournisseur du béton, et à l'entreprise Spie Batignolles-Favier, notre mandataire. Cela a permis une très bonne synchronisation au service d'un bel ouvrage. »

Même satisfaction pour Sabrina Pighetti, la manager du secteur Rhône-Saône de Vicat. « Nous sommes toujours heureux et fiers de pouvoir démontrer l'intérêt du béton dans le domaine des infrastructures routières. Nous sommes friands de ce genre d'expérience. » ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > 1 400 m², soit 280 m³ de béton BC5g représentant 12 jours de mise en œuvre.
- > 770 ml de joints
- > 2 147 goujons
- > 300 ml de bordures
- > 650 t d'enrobés

LIENS UTILES

> Conseil départemental de l'Isère
www.isere.fr

> Spie Batignolles
www.spiebatignolles.fr

> Minéral Concept Aménagement (MCA)
www.tebior.com

> Vicat
www.vicat.fr

> Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>



➔ Le chantier du nouveau giratoire de Montalieu-Vercieu a pris fin le 16 novembre 2020, soit seulement deux semaines après la fin de la mise en œuvre du béton.

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info #11 en ligne sur le site infociments.fr



Retrouvez tout Routes en ligne sur le site infociments.fr



Piste cyclable en béton et retraitement en place au LHR pour un projet de requalification urbaine durable

#mieuxcirculer #mieuxprotégerlaplanète #chantier #lianthydrauliqueroutier #pistecyclable

Pour le réaménagement de l'avenue Gilbert-Burlot et la création d'une piste cyclable bidirectionnelle en site propre, la commune de La Bernerie-en-Retz a fait le choix du béton pour l'itinéraire « vélo » et du retraitement en place au liant hydraulique routier (LHR) pour la chaussée. Avec une noue pour améliorer la gestion des eaux pluviales et apporter une présence végétale, elle donne un nouveau visage à ce tronçon de la Vélodyssée, la véloroute de l'Atlantique.

SITUATION

Située sur le littoral atlantique, à un peu moins de 50 km de Nantes, La Bernerie-en-Retz est une petite station balnéaire à caractère familial. Voisin de Pornic, cet ancien village de pêcheurs et de charpentiers de marine a longtemps été renommé pour sa source ferrugineuse, bienfaisante et guérisseuse. Mais dès le début du XX^e siècle, ce n'est plus l'eau douce qui attire la population mais l'eau salée de l'Océan. Rapidement, la commune se transforme en station balnéaire. Elle séduit aujourd'hui toujours autant les familles, pour sa pêche à pied notamment, mais aussi parce qu'elle possède un bassin d'eau de mer, unique sur le littoral de la Loire-Atlantique. D'une superficie de 2,5 ha, celui-ci permet de s'affranchir des horaires des marées et de se baigner toute la journée en sécurité, en particulier avec de jeunes enfants. Durant l'année, La Bernerie compte environ 3 000 habitants. Mais, en période estivale, les résidents secondaires, campeurs et autres vacanciers peuvent faire grimper la population jusqu'à 14 000 résidents.

ÉTAT DES LIEUX

Au cœur du village, l'avenue Gilbert-Burlot, du nom d'un ancien maire de la commune, est une longue voie rétro-littorale de près d'un kilomètre, située en bordure de la voie ferrée.

Elle fait partie de l'itinéraire de la Vélodyssée (ex-itinéraire Vélocéan du conseil départemental de Loire-Atlantique), une véloroute d'environ 1 200 km qui traverse la Bretagne et longe le littoral atlantique depuis Roscoff, au nord, jusqu'à Hendaye, au sud.

Mais l'avenue Burlot est en réalité dépourvue de véritable piste cyclable. Les vélos doivent se mêler à la circulation automobile qui, bien que réglementée à 50 km/h, peut parfois atteindre les 90 km/h, encouragée par la largeur de la chaussée (de 6,5 m à 7,5 m) et par la longue ligne droite et dégagée de la voie.

Le long de la voie ferrée, la chaussée est bordée par un alignement de peupliers hybrides (espèce non locale), qui ferment le paysage et qui sont très malades ou abîmés par des chocs, selon l'étude phytosanitaire réalisée lors du projet.

Jusqu'alors, l'avenue Burlot est donc peu mise en valeur et peu sécurisée, bien que très fréquen-

ROUTES INFO #13

Publié le 05/05/2021

© CIMbéton
Texte : Magali Suinot & Sôa/Studio L&T



Béton



Liant hydraulique routier



+8 000 m²



Pays de la Loire

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Mairie de La Bernerie-en-Retz

Maîtrise d'œuvre

Phytolab (mandataire)
GCA Ingénierie (cotraitant)

Entreprise

Colas

Fournisseur du béton

LafargeHolcim

Fournisseur du liant hydraulique routier

LafargeHolcim

PHOTO CI-DESSUS : Vue de l'avenue Gilbert-Burlot après requalification.

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 16. ➕



▲ L'avenue Gilbert-Burlot avant les travaux. On constate l'absence de piste cyclable sécurisée et l'état de dégradation structurelle de la chaussée.

tée, en particulier en période estivale, puisqu'elle sert d'accès principal au terrain de camping, mais aussi de voie de contournement du centre-ville lors des festivités ou des jours de marché. Durant cette période, l'avenue est aussi propice au stationnement sauvage sur la chaussée pour se rendre à la plage, ce qui augmente son insécurité.

« Consciente de ces problématiques qui s'étendent sur l'ensemble du territoire, en particulier l'été, la municipalité a entamé, depuis plusieurs années, une réflexion à l'échelle communale sur l'aménagement des espaces publics et sur les déplacements doux afin de réduire l'emprise de la voiture et de créer les conditions favorables au développement des mobilités actives. Car, avec son relief plan et sa faible superficie, la commune se prête particulièrement bien à la pratique du vélo », déclare Jacques Prieur, maire de la Bernerie-en-Retz.

PROJET

Le projet s'inscrit donc dans un plan-guide général d'amélioration et de cohérence de traitement des espaces publics et des itinéraires doux. Depuis 2005, La Bernerie-en-Retz travaille à mettre en œuvre ce plan-guide avec l'agence de paysagistes-concepteurs Phytolab, installée à Nantes et associée à l'agence GCA pour l'ingénierie VRD. Ensemble, ils ont déjà réalisé, sur la commune, l'aménagement des abords de la gare, de la place Laurent-Chiffolleau, du haut de plage, de la place Bellevue et de la rue de Noirmoutier, du square Thibaud...

Au cours du mandat précédent (2014-2020), la municipalité décide de créer une continuité cyclable en site propre sur l'avenue Burlot afin de sécuriser et d'améliorer cet itinéraire. Il s'agit là de poursuivre la logique de création de liens entre le front de mer, le centre-ville et l'itinéraire de la Véloodyssée, en essayant le plus possible d'éviter les grandes voies de circulation. La mairie y voit également l'opportunité de rénover la chaussée vieillissante et, par la même occasion, de renouveler le réseau pluvial.

La mission est confiée, dans la continuité de ce qui a été déjà réalisé, au groupement Phytolab-GCA, qui propose la création d'une piste cyclable bidirectionnelle en site propre, séparée de la chaussée par une noue végétalisée, d'une part, et la rénovation et le rétrécissement de la chaussée, d'autre part.

Objectifs

Connectant le circuit Véloodyssée, le camping, la plage, la gare et le centre-ville, l'avenue Burlot est une articulation stratégique dans le fonctionnement communal. « Avant tout, il s'agit donc, pour la commune, de proposer un itinéraire cyclable de qualité et apaisé, mais aussi de sécuriser les circulations piétonnes sur cet itinéraire très emprunté, en particulier en haute saison, explique Gilles Laurent, conseiller municipal en charge de la voirie et des réseaux à La Bernerie-en-Retz. Le projet doit permettre de diminuer la place de la voiture au profit des mobilités actives, de ralentir le trafic et, d'une manière générale, d'améliorer le cadre de vie des habitants comme des vacanciers de passage. »

La rénovation du réseau pluvial et la création de la noue doivent participer à une meilleure gestion des eaux pluviales à l'échelle de la commune, dont le réseau tend à être saturé lors de forts épisodes pluvieux.

Caractéristiques du projet

Longueur : environ 1 km (depuis le carrefour avec l'avenue des Pins jusqu'à l'avenue de la Villardière).
Largeur : jusqu'à 11 m (avec trottoirs).

« L'une des difficultés, lors de la conception du projet, était de composer avec les différences de largeur d'emprise de l'avenue Burlot (qui varie de 5 m au plus étroit à 18 m au plus large à hauteur du camping), tout en maintenant une piste cyclable d'une largeur constante (3 m) », explique Clément Ravet, paysagiste-concepteur de l'agence Phytolab. Le projet décompose alors la voie en huit séquences et s'adapte aux différentes emprises et configurations. « Il s'agissait également de profiter du déploiement de cet axe cyclable doux et structurant pour renforcer la végétalisation sur ce site à l'écriture routière. » Ainsi, le projet de piste cyclable s'accompagne d'une noue plantée ; l'aire de stationnement du camping et les carrefours ont été végétalisés en valorisant les espèces endogènes et spécifiques au bord de mer et en limitant les interventions de gestion et d'entretien.

Côté voie SNCF, l'alignement existant de peupliers malades est supprimé, ce qui permet de révéler et de mettre en valeur le talus de la voie ferrée et sa végétation spontanée d'essences locales : chênes verts, aubépines, etc., donnant ainsi un caractère bocager à cet itinéraire. La piste cyclable bidirectionnelle, réalisée en béton, est adossée à la voie ferrée, ce qui permet de créer un parcours complètement sécurisé, puisqu'il n'est traversé par aucun véhicule. En effet, le long de l'avenue Burlot, la voie ferrée n'est jamais interrompue ; seul un tunnel piéton est présent en face du camping.

À côté de la piste cyclable et quand la largeur le permet, une noue végétalisée (d'environ 1 m de large) prend place. Elle permet de bien dissocier la chaussée de la piste cyclable, de sécuriser les cyclistes et d'empêcher toute possibilité de stationnement des véhicules sur la voie réservée

“L'une des difficultés, lors de la conception du projet, était de composer avec les différences de largeur d'emprise de l'avenue Burlot, tout en maintenant une piste cyclable d'une largeur constante.”

aux vélos. La noue a aussi pour but de récupérer les eaux pluviales de la piste cyclable grâce à l'absence de bordure avec celle-ci.

Côté chaussée, une bordure filante coulée sur place et arasée par rapport à la chaussée (d'environ 25 cm de large) sert de limite avec la noue. « Une largeur suffisamment épaisse pour bien marquer la séparation, mais qui reste franchissable par les véhicules en cas de difficultés de croisement », précise Pascal Marchais, chef de projet VRD chez GCA Ingénierie. La chaussée, quant à elle, est réduite à 5,20 m (bordure incluse) et des plateaux sont réalisés au niveau des carrefours afin de provoquer un ralentissement des véhicules et de mieux sécuriser les croisements. La totalité de l'avenue est désormais limitée à 30 km/h.

De l'autre côté de la chaussée, près des habitations, on retrouve une bordure coulée en place (sauf le long du camping pour des contraintes techniques liées au passage des machines) mais plus fine, qui sépare la voie et le trottoir. Ce dernier est entièrement refait et voit les candélabres déplacés en limite d'espace public afin de laisser plus de place à la circulation piétonne. En effet, à la demande du Département, le projet ne devait pas créer une voie verte mixte mais bien une véritable piste cyclable. Les circulations piétonnes devaient donc être bien distinctes.

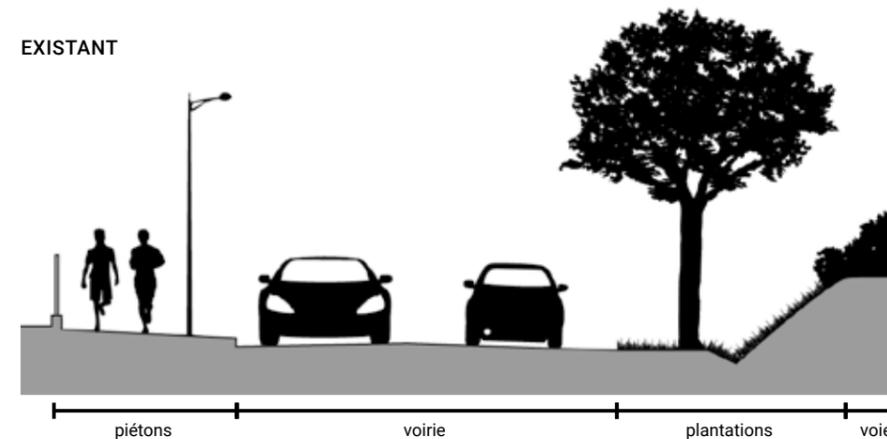
Le projet prévoit également la réalisation d'une vingtaine de places de stationnement, qui facilitent l'accès au centre-ville et à la plage.

Lorsque la largeur d'emprise est insuffisante pour conserver la noue, des réserves dans le béton ont été installées ponctuellement sur la piste et plantées de végétations rases. Ce dispositif d'alerte permet de signaler la présence à venir de la noue aux cyclistes (et éviter qu'ils ne tombent dedans).

Dans les largeurs les plus étroites, piste cyclable et chaussée sont accolées. Sur le principe du chaussidou (chaussée à voie centrale banalisée), les cycles gardent une voie distincte, mais sur laquelle les véhicules peuvent éventuellement déborder en cas de difficultés de croisement.

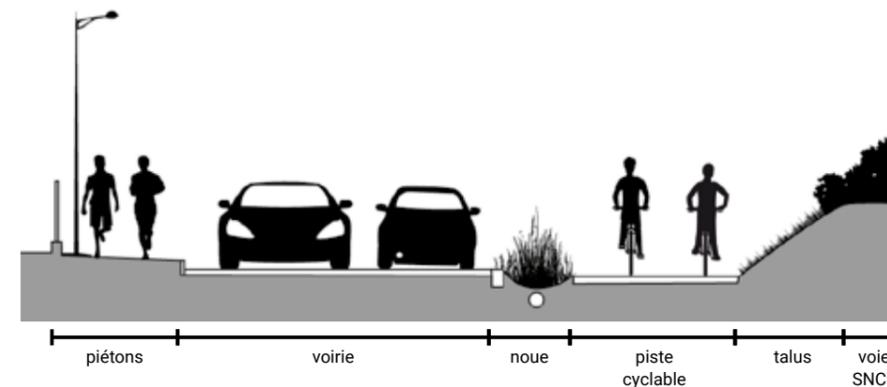
Le projet est porté et financé en propre par la commune de La Bernerie. Celle-ci a pu compter sur le soutien financier du Département (subvention pour la piste cyclable), de la Région (subvention au titre du tourisme dans le cadre de la Véloodyssée) et, dans une moindre mesure, sur des subventions de l'État. L'agglomération Pornic Agglo Pays de Retz a, quant à elle, pris en charge financièrement les travaux sur le réseau d'eaux pluviales.

EXISTANT



← Coupes transversales de l'avenue Burlot dans sa plus grande largeur. Au-dessus, l'état existant. Au-dessous, l'état projeté.

PROJET



MISE EN ŒUVRE

Calendrier

Les travaux commencent début 2020.

En premier lieu, il a fallu rénover le réseau pluvial, abattre les arbres, curer le fossé et mettre en place le collecteur sous la piste cyclable. Ensuite, la création de la piste cyclable a été entamée, puis celles de la longrine en béton et de la noue.

Le chantier est alors arrêté, à la mi-mars, par le premier confinement.

Les travaux, pour la réalisation de la chaussée et du trottoir, reprennent en mai pour s'arrêter une nouvelle fois fin juin, afin de laisser passer la période estivale et de ne pas gêner le fonctionnement de la commune et, en particulier, celui du camping durant cette période. Le chantier reprend à la mi-septembre pour se terminer en fin d'année.

Choix du retraitement de la chaussée au LHR

Lors de la conception, la proposition faite par l'équipe Phytolab-GCA est une solution classique qui implique d'enlever l'ancienne chaussée, composée de 20 à 25 cm de structure et de plusieurs monocouches ou bicouches empilées depuis des années, et qui ne présentait pas un bon fond de forme ; puis de refaire entièrement la chaussée avec une couche de forme de 60 cm d'épaisseur (pose d'un géotextile, couche granulaire en 0/80 + 0/20), surmontée d'une assise en grave-bitume et d'une couche de surface en BBSG.

Le contexte particulier lié au Covid-19 a mis à l'arrêt le chantier pendant plusieurs semaines. « La nécessité de stopper de nouveau le chantier pendant la période estivale a repoussé les travaux à l'automne, avec tous les risques de mise en péril et de matelassage que cela comportait pour cet ouvrage. C'est ce qui nous a poussés à mener des tests pour savoir si un retraitement en place de la couche de forme de la chaussée serait possible », a indiqué Valentin Métayer de l'entreprise Colas.

Ainsi, des essais en laboratoire ont été réalisés sur la grave 0/63 prélevée sur le chantier. On a constaté :

- > Une aptitude du matériau au traitement avec un liant hydraulique routier.
- > Des performances mécaniques (Rtb : résistance à la traction par fendage ; E : module d'élasticité) suffisantes pour une utilisation du matériau en couche de forme.
- > Un dosage du liant à 5 %, permettant d'obtenir les résistances à la compression simple à sept jours souhaitées.
- > Une insensibilité à l'eau élevée : CBR Immersion > IPI qui montre une forte prise hydraulique, donc une grande pérennité.

De plus, les essais de déflexion, réalisés *in situ* après le retraitement, ont montré une forte rigidité de la couche de forme traitée, validant ainsi un dosage en LHR à 5 % et le constat d'une forte prise hydraulique sur chantier.

Le mélange sablonneux-argileux présent rendait donc possible l'utilisation de la technique de retraitement en place au LHR, qui, par sa rapidité d'exécution, s'adaptait particulièrement bien à ce projet. En effet, cette solution présentait l'avantage d'une remise en circulation presque immédiate, permettant aux riverains de continuer à pouvoir accéder à leur domicile et au camping de mener ses travaux hors saison.

Le moindre impact écologique (générant moins de circulation de poids lourds) et la moins-value de cette solution ont achevé de convaincre la municipalité. Le concepteur, Phytolab, pour qui cette solution avait une finalité équivalente à ce qui était recherché, ne s'est pas non plus opposé à cette proposition.

En définitive, le retraitement de la chaussée en place a permis l'obtention d'une PF3, assurant ainsi la meilleure structure de l'assise.

Réalisation de la piste cyclable en béton

La piste cyclable est une piste bidirectionnelle en béton balayé, d'une largeur continue de 3 m. Elle a été réalisée avec un béton BC4, Dmax 0/22, de classe XF2, sur une épaisseur de 15 cm. Une nécessité pour assurer le passage occasionnel des engins destinés à l'entretien du talus et parce que le fond de forme n'était pas de très bonne qualité.

Le choix du béton pour cette piste s'est imposé pour plusieurs raisons :

- > La volonté de marquer qu'on se trouve en site urbain.
- > Le coût.
- > L'esthétique.
- > La durabilité.
- > La luminosité, car l'agence Phytolab souhaitait ne garder qu'un éclairage côté trottoir, pour éviter l'effet « boulevard ». Il a donc fallu choisir un matériau naturellement clair.
- > L'adhérence : le béton balayé a une très bonne adhérence pour les cycles.
- > La couleur, pour des questions de luminosité, comme expliqué précédemment, mais aussi pour bien différencier la piste cyclable de la chaussée.



Après les travaux préparatoires de la piste cyclable, la bordure en béton – séparant la piste cyclable/noue de la chaussée – a été coulée en place à l'aide d'une machine à coffrages glissants.

Le terrassement a été réalisé sur 35 cm, puis 20 cm de granulats 0/80 ont été posés. Quelques zones (trois ou quatre), situées sur l'emprise d'un ancien fossé, ont dû être purgées de nouveau jusqu'à 60 cm de profondeur pour obtenir la portance nécessaire.

Finalement, une portance PF2 a été obtenue (> 50 MPa) pour la plate-forme support.

Le linéaire de la piste a été coffré des deux côtés, puis le béton LafargeHolcim a été livré par toupie sur le chantier et mis en œuvre directement sur la plate-forme support, sur une épaisseur de 15 cm.

Le béton a été immédiatement vibré à la règle vibrante et taloché.

Encore frais, il a été balayé (balayage fin et transversal) et un produit de cure a été pulvérisé en surface pour le protéger contre la dessiccation.

Enfin, les joints de retrait transversaux ont été réalisés par sciage tous les 3,75 m (soit 25 fois l'épaisseur), suivant un calepinage simple, puisque les joints ont ici un rôle purement technique.



BON À SAVOIR

LA CLARTÉ DU BÉTON POUR LUTTER CONTRE L'EFFET DE SERRE

par Joseph Abdo

Le réchauffement climatique est dû principalement à l'accumulation, autour de la Terre, de gaz dits à « effet de serre », tels que le CO₂, le N₂O et le CH₄, qui font office de filtre en ne laissant passer que les rayons lumineux dont l'énergie est supérieure à un seuil E₀ = h_ν. Ainsi, un rayon lumineux d'une énergie adéquate, émis par le Soleil, peut traverser cette couche de gaz pour atteindre la Terre où, en fonction des obstacles et des objets rencontrés, il se comporte de deux manières : soit il est réfléchi (neige, glacier, matériau clair ou poli), soit il est absorbé (matériau sombre, faune, flore) puis restitué à un niveau énergétique plus faible (en infrarouge). Dans le premier cas, le rayon lumineux réfléchi rebrousse chemin pour atteindre cette couche de gaz qu'il peut traverser sans encombre. En revanche, dans le second cas, le rayon lumineux restitué en infrarouge n'arrive pas à franchir la barrière de gaz et se trouve ainsi piégé entre la Terre et celle-ci. Ce qui provoque le réchauffement climatique par effet de serre. Plus la concentration des gaz à effet de serre est élevée, plus l'effet de serre est important.

En fait, pour lutter contre le réchauffement climatique, deux voies, non exclusives l'une de l'autre, sont possibles : soit on tente de réduire la concentration des gaz à effet de serre (GES), ce que préconisent les lois du Grenelle de l'environnement, soit on tente de limiter les pertes d'énergie des rayons lumineux au contact de la Terre, en faisant appel, dans la construction et dans l'entretien des bâtiments et des infrastructures de transport, à des matériaux à haut pouvoir réfléchissant (matériaux clairs et polis pour les façades des bâtiments, matériaux clairs et à faible granulométrie pour les infrastructures de transport).

Cette bonne vieille méthode, utilisée depuis la nuit des temps dans les pays chauds, a l'énorme avantage d'être corrélée positivement au développement : plus la démographie augmente, plus on construit, plus on augmente les surfaces réfléchissantes et plus on atténue l'effet de serre. Quand on sait ce que représentent aujourd'hui les surfaces développées des façades des bâtiments et les surfaces des infrastructures de transport, on mesure toute l'importance d'une telle approche. L'idéal, bien sûr, serait d'associer les deux voies.



Coulage du béton.



Vibration superficielle du béton.



Talochage de la surface du béton.



Balayage transversal du béton.



Pulvérisation du produit de cure.



Exécution des joints de retrait par sciage.



BON À SAVOIR

LA CLARTÉ DU BÉTON POUR RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC

par Joseph Abdo

Éclairer est une nécessité qui répond à une demande de sécurité et d'ambiance urbaine. Éclairer, c'est investir dans une installation (fabrication, transport, installation) et assurer son exploitation (changement et recyclage des lampes, nettoyage des luminaires, consommation d'énergie).

L'éclairage public consomme de l'énergie électrique pour son installation et son exploitation : il contribue ainsi aux émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre.

Et, pourtant, il est difficile de concevoir des rues sans installations d'éclairage. Mais il est possible de l'optimiser et d'en atténuer les impacts sur l'environnement, tout en réalisant des économies substantielles :

- > En appliquant la norme NF EN 13201 parties 1 ; 2 ; 3 et 4. : « Éclairage public ».
- > En adoptant les nouvelles technologies en matière d'installations d'éclairage (matériel et souplesse de fonctionnement).
- > En intégrant les propriétés photométriques des revêtements des rues à éclairer dans la conception et le dimensionnement du projet d'éclairage.

« Éclairer juste » permet de faire des gains considérables en matière de puissance installée et de consommation énergétique. C'est un exercice d'optimisation qui se décline dès l'origine et tout au long d'un projet, puis dans sa phase de réalisation et même au stade de l'exploitation des installations.

L'expérience démontre que, à exigence lumineuse égale, le besoin en puissance peut varier de 30 à 40 %, voire 50 %, en changeant la nature du matériau constituant les revêtements de chaussée.

Revêtements & Lumière : un groupe de réflexion pour optimiser les projets d'éclairage public

Le groupe Revêtements et Lumière est né en 2008, à l'initiative de deux enseignants experts en voirie et en éclairage. Il compte aujourd'hui des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre, des éclairagistes, des structures de recherche et l'ensemble des filières techniques de production et d'application des revêtements routiers et urbains (revêtements en enrobés, en asphalte, en béton coulé en place, en produits préfabriqués pavés et dalles préfabriquées en béton et en pierres naturelles). Il a rejoint, en 2019, le comité opérationnel de l'IDRRIM « Aménagements urbains ».

Pour plus d'information :

- > Article : « Démarche originale du groupe de travail Revêtements et Lumière pour optimiser les projets d'éclairage public », RGRA, n° 972, mai 2020.
- > Plaquette : « Revêtements et Lumière : pour éclairer juste », éditée par le groupe Revêtements et Lumière, 2013.

Réalisation de la noue séparative

La noue est présente sur la majeure partie du linéaire de l'avenue Burlot (sauf en début et en fin d'ouvrage). Elle fait la séparation entre la chaussée et la piste cyclable, et apporte une touche végétale à cet itinéraire. Elle possède également une fonction technique importante ; celle de collecter et de stocker les eaux pluviales de la piste cyclable et de la chaussée (toute la chaussée est penchée vers la noue).

À certains endroits, elle est doublée d'un drain perméable relié au réseau pluvial de la commune, avec des regards en surface, qui sert de surverse et qui permet néanmoins de ralentir l'arrivée des eaux dans le réseau lors d'épisodes pluvieux importants. Cette solution permet de pallier le manque de capacité d'absorption du réseau existant.

La noue est réalisée avec une couche granulaire poreuse 40/80, posée sur un géotextile qui permet d'assurer le stockage de l'eau. Puis, sur une couche de 20 cm de terre végétale, 10 à 15 cm de galets ont été positionnés. Le stockage et l'infiltration sont les premières des solutions recherchées, le rejet dans le réseau ne devant intervenir qu'en cas de très fortes intempéries.

La noue est plantée de *Carex pendula* (plantation réalisée après la fin du chantier, en février 2021). Un alignement monospécifique mais facile d'entretien pour les services de la Ville. Cette plante, qui résiste bien à l'humidité et à la sécheresse, ne demande en effet qu'un passage de lamier en hauteur, de temps à autre, pour maintenir la taille voulue. À certains endroits et pour rester souple dans l'aménagement, des encochements ont été réalisés entre les plateaux et peuvent servir de passe-pieds. Côté chaussée, une longrine en béton extrudé de 25 cm de large, réalisée à l'aide d'une machine à coffrages glissants, sert de séparation avec la noue.

- > À gauche, la noue sépare la piste cyclable de la chaussée rénovée.
- À droite, des regards ont été installés pour drainer l'eau vers le réseau pluvial en cas de fortes intempéries.



Réalisation de la chaussée retraitée

Après analyse en laboratoire des carottes, les résultats obtenus ont montré que le sol sablonneux-argileux s'adaptait bien au retraitement.

La première étape a été la scarification de la chaussée existante, suivie de l'épandage du LHR Rolac Premier 635 dosé à 5 %, avec vérification de la quantité épandue à l'essai à la bêche, afin d'obtenir les performances mécaniques visées.

Le malaxage a ensuite été réalisé avec un pulvimixeur, sur une profondeur de 35 cm, puis un compactage par deux compacteurs V5 a été effectué. Le compactage final a été exécuté immédiatement après un réglage à la niveleuse sur toute la largeur de la chaussée.

La nouvelle chaussée se compose :

- > d'une couche de forme traitée de 35 cm d'épaisseur, qui permet à la plate-forme d'atteindre une portance PF3 (> 80 MPa) ;
- > d'une couche de fondation en grave-bitume de classe 3, d'épaisseur 8 cm ;
- > d'une couche de surface en enrobé BBSG 0/10 recyclé à 20 %, d'épaisseur 5 cm.

Les plateaux, mis en place pour matérialiser les traversées piétonnes, devaient initialement être réalisés en quartzite grenailé beige, mais ils ont finalement été réalisés en enrobé Colclair de 3 cm d'épaisseur. Le choix de la couleur beige vise à bien les démarquer du reste de la chaussée.

La bordure T2 (qui sépare la chaussée du trottoir) a été coulée en place avec une machine à coffrages glissants, sauf à hauteur du camping en raison des aménagements existants qui ne permettaient pas le passage de la machine. À cet endroit, des bordures en béton préfabriquées ont été amenées.

Les trottoirs ont été réalisés avec des enrobés noirs, cloutés avec des matériaux calcaires 14/20.



▲ Après épandage du liant, le malaxeur mélange intimement le liant et les matériaux de l'ancienne chaussée. ▲ Réglage du matériau retraité à la niveleuse.



▲ Atelier de compactage.

▲ Vue de l'avenue Gilbert-Burlot avec le nouveau revêtement de chaussée.

Pour aller plus loin : liens et infos en p. 16, bibliographie technique en p. 34.

+ Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : www.infociments.fr/routes

+ Pour aller plus loin, retrouvez notre bibliographie technique en p. 34.

BILAN

Le chantier s'est terminé fin 2020, pour la voirie, et au printemps 2021, pour les espaces verts. Il s'est très bien déroulé au regard des circonstances exceptionnelles liées au Covid-19 et avec une très bonne coopération entre tous les acteurs du projet.

Colas a souligné qu'ils avaient particulièrement apprécié que les élus de La Bernerie aient été parmi les premiers, dans cette période compliquée, à accepter que le chantier reprenne.

À l'heure actuelle, la commune n'a pas encore suffisamment de recul sur les changements apportés par ce nouvel aménagement et c'est lors de la prochaine période estivale (2021) que se fera le véritable test. D'ailleurs, elle inaugurerait la piste cyclable lors de la prochaine fête du vélo, le 5 juin 2021, en présence de l'ensemble des acteurs du projet. Néanmoins, les premiers retours des riverains et des utilisateurs de la piste cyclable sont positifs.

La commune a parallèlement lancé, en début de mandat, un Pacma (plan d'action communal pour les mobilités actives) qui vise à définir les actions à mettre en place en faveur des circulations et du stationnement pour vélos afin de prolonger ce qui a été commencé par l'aménagement de l'avenue Gilbert-Burlot.

De la volonté de créer un itinéraire cyclable est née une véritable stratégie de requalification urbaine, qui englobe tous les enjeux actuels de l'aménagement durable : mobilité douce ; gestion des eaux pluviales ; économie d'énergie ; recyclage des matériaux. Sur ce chantier, le béton montre qu'il peut apporter des solutions à ces nouvelles problématiques. ■

LIENS UTILES

- > Mairie de La Bernerie-en-Retz
<https://mairie-labernerie.fr>
- > Phytolab
<https://www.phytolab.fr>
- > GCA Ingénierie
<http://gcaingenierie.fr>
- > Colas
<https://www.colas.com>
- > LafargeHolcim
<https://www.lafarge.fr/lafargeholcim-en-france>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

EN QUELQUES CHIFFRES

- > Longueur : 900 m
- > Largeur : jusqu'à 11 m
- > Piste cyclable : 1 500 m² de béton
- > Liant hydraulique routier : 186 t de Rolac Premier 635
- > Matériaux bitumineux :
 - Voirie : 1083 t de grave-bitume 0/14 Classe 3 R30 % et 520 t d'enrobé type BBSG 0/10 Classe 3 R30 %
 - Trottoir : 345 t de BB 0/6 clouté 14/20 calcaire GSM
 - Plateaux de voirie : 120 t de BB 0/6 granulats clairs type Colclair
- > Déblais : 150 m³ de purge

> L'avenue Gilbert-Burlot a désormais une piste cyclable bidirectionnelle sécurisée par une noue et une chaussée recalibrée, renforcée et rénovée. Le béton clair de la piste cyclable contraste visuellement avec la chaussée et rend plus lisible l'espace urbain.



ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#13 en ligne sur le site infociments.fr



Retrouvez tout Routes en ligne sur le site infociments.fr



Vidéos, Guides Techniques, organisation de Journées Techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur les liants hydrauliques routiers.

ROUTES

Info #14

RÉAU
SEINE-ET-MARNE (77)



Une plate-forme support de chaussée innovante

#mieuxcirculer

#mieuxprotégerlaplanète

#chantier

#lianthydrauliqueroutier

Implanté le long de l'autoroute A5, à Réau, au nord de Melun (Seine-et-Marne), le parc d'activités de l'A5-Sénart est promis à un bel avenir. Pour renforcer sa voirie de liaison, l'établissement public d'aménagement Sénart (EPA Sénart), maître d'ouvrage, a choisi, sur proposition du bureau d'études Ségic Ingénierie, la solution du traitement de sol au liant hydraulique routier (LHR), couplée avec un recyclage des matériaux pour réaliser les travaux de terrassement de la liaison Réau-Ourdy. Un chantier d'avenir, écologiquement exemplaire, réalisé par l'entreprise Routes & chantiers modernes (RCM).

SITUATION

À environ 10 kilomètres au nord de Melun, Réau est une commune rurale de Seine-et-Marne. Elle compte moins de 2 000 habitants (les Réaltais). Son nom serait issu du latin regalus, qui signifie « royal » et qui pourrait venir de son appartenance à l'ancien « domaine » des rois de France.

Transformé en maison de retraite, le château du Plessis-Picard y conserve le souvenir de la romancière George Sand. C'est dans cette belle propriété qu'elle rencontra son futur époux, Casimir Dudevant, avocat, qu'elle épousera à Paris en septembre 1822.

Entouré de zones agricoles (deux tiers de terres arables), le village accueille, depuis les années 1950, deux sociétés aéronautiques prestigieuses : Snecma (aujourd'hui Safran Aircraft Engines, qui y a installé son musée) et Hispano-Suiza. Depuis 2011, Réau abrite également le centre pénitentiaire du Sud-Francilien (615 places).

Membre de la communauté d'agglomération Grand Paris-Sud, Réau accueille le vaste parc d'activités de l'A5-Sénart.

ÉTAT DES LIEUX

Aménagé par l'établissement public d'aménagement Sénart (EPA Sénart), le parc d'activités de l'A5-Sénart compte de nombreuses entreprises françaises et internationales, leaders de la logistique et du e-commerce : XPO, Sarenza, Geodis, Scadif, Logistéo AD Distribution, Leroy Merlin, C-Logistics, Bergerat Monnoyeur, Dentressangles Initiatives, Mondial Relay...

Pour améliorer sa desserte, l'EPA Sénart a envisagé, il y a plus d'une décennie, la réalisation d'une voirie de liaison reliant l'A5a à l'A5b via la RD57.

Le projet est présenté au public, pour la première fois, en octobre 2005, date du lancement de la concertation relative à la création de la ZAC du parc de l'A5-Sénart. Il comprend la réalisation de trois « barreaux » le long de la RD57. L'infrastructure routière envisagée se veut un atout pour le

ROUTES INFO #14

Publié le 15/06/2021

© CIMbéton

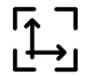
Texte : Charles Desjardins & Joseph Abdo



Liant hydraulique routier



Recyclage en place



Surface traitée : 52 000 m²



Seine-et-Marne

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage
EPA Sénart

Maîtrise d'œuvre
Ségic

Entreprises
Routes & chantiers modernes (RCM)

Mise en œuvre du liant hydraulique routier
Routes & chantiers modernes (RCM)

Fournisseur du liant hydraulique routier
EQIOM

CI-DESSUS : Vue aérienne du chantier du barreau sud de contournement du hameau d'Ourdy. Il permettra de relier les communes de Moissy-Cramayel et de Réau à Savigny-le-Temple.

Vous préférez la lecture digitale ?
Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 23.

+ Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : www.infociments.fr/liants-hydrauliques-routiers/

développement du parc d'activités de l'A5-Sénart, qui génère un important trafic routier. Une enquête publique est lancée en octobre 2017. La mission est confiée au bureau d'études Ségic, qui propose un projet global d'aménagement dont le but est de :

- > Renforcer le tronçon de la RD57 situé près de la commune de Moissy-Cramayel, au nord de Réau (barreau nord-ouest).
- > Déplacer et doubler le tronçon de la RD57 situé à Réau, de manière à l'éloigner du bourg (barreau nord-est).
- > Renforcer la liaison Réau-Ourdy, hameau périphérique de la commune.
- > Créer une nouvelle voie pour relier la RD57 à l'A5a (barreau sud).

À une échelle plus locale, ce premier barreau sud, financé en totalité par l'EPA Sénart, complète le maillage du réseau viaire de l'agglomération et permettra de relier efficacement les communes de Moissy-Cramayel et de Réau à la commune de Savigny-le-Temple, en contournant le hameau d'Ourdy. Il sera le support d'une desserte en transports en commun. C'est cette liaison qui fait l'objet du présent reportage.



BON À SAVOIR

LE PARC D'ACTIVITÉS DE L'A5-SÉNART

Pôle d'excellence du cluster d'innovation logistique du territoire de Grand Paris-Sud, le parc présente des bâtiments logistiques de « dernière génération » répondant aux normes environnementales les plus exigeantes. Sur 200 hectares de foncier et 550 000 m² de Surface De Plancher SDP, le parc d'activités accueillera à terme plus de 2 600 emplois. Situé à l'embranchement des autoroutes A5a et A5b, à proximité immédiate de la Francilienne (RN104), le parc d'activités est connecté au Park + Paris Sud-Est, le premier parking sécurisé dédié aux poids lourds, créé en Île-de-France.

En 2019 et 2020, l'EPA Sénart a mis en œuvre un programme d'aménagement paysager exceptionnel sur le parc. Plus de 500 arbres et cépées ornementaux, 51 000 sujets pour boisements et massifs arbustifs, plus de 3 hectares d'arbustes et de haies, 1,3 hectare de plantes couvre-sol, 1,4 hectare de prairie fleurie et 23 hectares de gazon ont été plantés sur la zone d'activité pour réussir pleinement son intégration paysagère.

À partir de 2022, le parc accueillera également une station multicarburants écoresponsable développée par Engie Solutions pour le compte de Sigeif Mobilités. Cette station proposera du gaz naturel et issu de la méthanisation, deux carburants particulièrement adaptés aux acteurs économiques du territoire : du gaz naturel liquéfié (GNL) et du gaz naturel comprimé (GNC) 100 % bio. Ce projet audacieux confirme l'engagement durable de l'aménageur et des élus locaux ; il marque une avancée significative dans le développement du bioGNV, puisque la station distribuera 100 % de biométhane comprimé, une première en France.

LE PROJET D'AMÉNAGEMENT DE LA LIAISON RÉAU-OURDY

« La création de cette nouvelle voirie permettra la desserte de la zone d'activité depuis la province par l'A5b et la RD57 ainsi que les accès locaux à la zone par l'A5a et la liaison RD306-RD402. Elle viendra également compléter le réseau local en offrant une nouvelle voie de franchissement de l'autoroute A5a et de la voie TGV, et en créant ainsi un itinéraire alternatif à la RD402 ou à l'A5b entre Moissy-Cramayel et Savigny-le-Temple », précise le bureau d'études Ségic.

Les caractéristiques géométriques de la nouvelle voirie sont conformes au guide d'Aménagement des routes principales (ARP) de 1994. La vitesse pratiquée sur cet axe étant limitée à 90 km/h, les valeurs limites prises en compte seront celles de la catégorie R80.

L'objectif principal du bureau d'études Ségic était de valoriser au maximum les matériaux naturels présents sur le site et de réduire ainsi l'utilisation des matériaux d'apport granulaires. Cela a conduit à préconiser le traitement des sols en place pour améliorer l'arase et pour confectionner la couche de forme. L'appel d'offres, qui autorisait les variantes, a été lancé avec la solution de base suivante :

- > Arase de terrassement traitée à la chaux vive (CaO) : 35 cm.
- > Matériau de couche de forme traité au liant hydraulique routier : 30 cm.

L'objectif fixé pour la plate-forme support est une portance de niveau PF2, soit un module d'élasticité $50 \leq EV2 < 80$ MPa.

Sur la couche de forme traitée, la structure de la chaussée préconisée serait alors la suivante :

- > Une couche de fondation en grave-bitume GB3, 0/14 et d'épaisseur 13 cm.
- > Une couche de base en grave-bitume GB3, 0/14 et d'épaisseur 13 cm, collée sur la couche de fondation.
- > Une couche de surface constituée de deux couches avec interface collée de béton bitumineux semi-grenu BBSG, 0/10, de classe 3 et d'épaisseur totale 8 cm.

Cette structure totalise une épaisseur de 99 cm.

« L'appel d'offres autorisait les variantes, explique Ahmed Said, chef d'agence de Ségic Ingénierie. Le trafic envisagé était de 1 320 PL/jour/sens/voie, avec une structure de base en PF2 égale à 99 cm et une mise hors gel "hivers rigoureux non exceptionnels" (HRNE). »

La variante entreprise : une arase et une couche de forme traitées, performantes et innovantes

L'entreprise Routes & chantiers modernes (RCM), dont l'agence « travaux » est installée à Montereau-sur-le-Jard (à 6 km seulement), est chargée de réaliser la section de voirie située autour du hameau d'Ourdy. Long de 2 km, le chantier a recours au traitement de sol.

« Après des investigations géotechniques complémentaires par sondage et des prélèvements réalisés par le laboratoire de l'entreprise, nous avons été en mesure de proposer une variante technico-économique à forte vocation environnementale », explique Patrice Quilloux, directeur général de RCM.

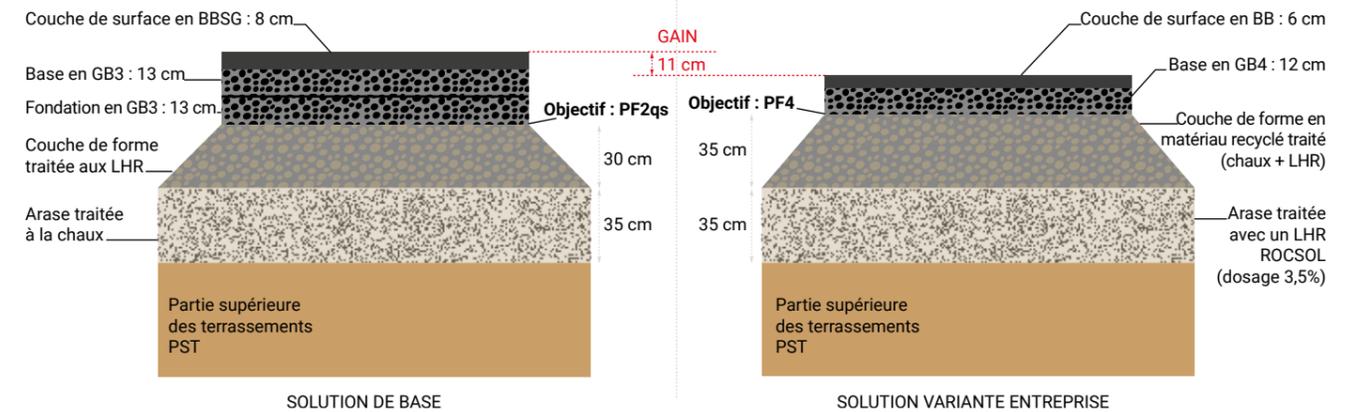
L'objectif principal visé par RCM est de réduire l'utilisation des matériaux nobles dans la structure de chaussée, en concevant une plate-forme support performante.

La couche de forme doit donc présenter une régularité irréprochable en épaisseur et en homogénéité de performance.

La variante proposée par RCM est :

- > Une arase de terrassement traitée avec le liant hydraulique routier ROC SOL d'EQIOM (dosage : 3,5 %) : 35 cm.
- > Une couche de forme en matériau recyclé (ECOREM R) avec un traitement mixte (chaux 1,5 % + ROC VDS d'EQIOM 4,75 %) : 35 cm.

Ainsi conçue, la plate-forme support est très performante, avec une portance de niveau PF4, soit un module d'élasticité $EV2 \geq 200$ MPa.



Dimensionnement de la variante

Le dimensionnement de la structure, intégrant cette plate-forme à haute performance, a été effectué avec les hypothèses suivantes :

- > Trafic estimé à la mise en service : 1 320 PL/j/sens/voie.
- > Portance de la plate-forme support : 200 MPa.
- > Durée de vie : vingt ans.

Le calcul mené avec le logiciel Alizé donne la structure de chaussée suivante :

- > 1 couche de base en grave-bitume GB4, 0/20 et d'épaisseur 12 cm.
- > 1 couche de surface en béton bitumineux BBME3, 0/10 sur 6 cm.

La structure totale (arase + couche de forme + structure de chaussée) aura donc une épaisseur de 88 cm.

Avantages de la variante entreprise

Outre sa simplification facilitant la mise en œuvre, cette variante comportait plusieurs améliorations appréciables :

- > La valorisation des terrassements (PST4/AR2).
- > La réduction de l'épaisseur totale de la chaussée de 11 cm (88 cm au lieu de 99 cm).
- > La mise hors gel « hiver exceptionnel » (HE) au lieu de « hivers rigoureux non exceptionnels » (HRNE).
- > Une plate-forme de portance optimisée (PF4 au lieu de PF2).

« Après des investigations géotechniques complémentaires par sondage et des prélèvements réalisés par le laboratoire de l'entreprise, nous avons été en mesure de proposer une variante technico-économique à forte vocation environnementale »

Pour aller plus loin : liens et infos en p. 23, bibliographie technique en p. 34.

« En augmentant la portance de la plate-forme support (PF4 au lieu de PF2) et la performance de la grave-bitume (GB4 au lieu de GB3), RCM a aussi pu réduire de 16 cm l'épaisseur totale de la structure de chaussée. »

> Des indicateurs environnementaux améliorés : Énergie procédé (- 33 %) et gaz à effet de serre GES (- 33 %).

« Pour obtenir une variante aussi performante, nous avons travaillé en étroite collaboration avec EQIOM, qui a fourni le liant hydraulique routier », explique Yoann Ausanneau, responsable Laboratoire chez RCM.

« L'utilisation de liant hydraulique pour l'arase et la couche de forme a augmenté la portance de la plate-forme de façon spectaculaire. Elle a également permis de renforcer la mise hors gel, se félicitent conjointement Jaouad Nadah, responsable support technique client, et Marc Chignon, responsable de marché des liants géotechniques pour les régions Ouest et Île-de-France chez EQIOM. En outre, en augmentant la portance de la plate-forme support (PF4 au lieu de PF2) et la performance de la grave-bitume (GB4 au lieu de GB3), RCM a aussi pu réduire de 16 cm l'épaisseur totale de la structure de chaussée (12 + 6 = 18 cm au lieu de 13+13+8 = 34 cm). »

Autre argument qui se révèle très compétitif : RCM propose de réaliser la couche de forme en utilisant un E COREM R provenant de sa plate-forme de revalorisation, située à côté de son agence « travaux » de Montereau-sur-le-Jard. Quantité : 15 000 t (voir encadré).

L'EPA Sénart valide ces propositions.



BON À SAVOIR

LE RECYCLAGE,
UN ACTE DE PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

En 2011, la société Routes & chantiers modernes s'est dotée d'une plate-forme de revalorisation des matériaux inertes du BTP, baptisée Revalorisation Éco Matériaux (REM). Implantée sur le site de son agence « travaux » de Montereau-sur-le-Jard (Seine-et-Marne), sur une surface de 30 000 m², REM réalise plusieurs types d'opérations :

- > la collecte des matériaux de déconstruction et des déblais inertes (bétons, enrobés, etc.) ;
- > le tri ;
- > la fabrication de matériaux recyclés (concassage et criblage) : grave 0/31,5 ; cailloux 40/80, etc. ;
- > la fabrication de matériaux traités aux liants hydrauliques (chaux ou ciments) issus du recyclage : grave-ciment, limons traités à la chaux, sables stabilisés, etc. ;
- > la vente de matériaux (gravillons, sables, enrobés) ;
- > des prestations de service sur demande : concassage ou criblage de matériaux sur site.

« Le recyclage est un acte de protection de l'environnement qui s'inscrit parfaitement dans notre démarche de développement durable, explique Patrice Quilloux, le directeur général de RCM. C'est une réponse aux objectifs fixés par la LTECV (loi de transition énergétique pour la croissance verte). L'échéance était fixée à "après 2020". Nous avons su l'anticiper et nous n'avons qu'à nous en féliciter aujourd'hui ! »

MISE EN ŒUVRE

Calendrier

Le planning des travaux est prévu sur deux ans, à partir de 2020.

Les travaux doivent être effectués en parallèle de ceux du parc d'activités de l'A5-Sénart.

La date prévisionnelle de la mise en service des aménagements est fixée à 2021.

Le chantier débute en mai 2020.

En fonction d'un phasage très précis, différents secteurs sont entrepris, en prenant garde de permettre aux engins de pouvoir continuer à circuler aisément partout sur le chantier.

Traitement de la partie supérieure de terrassement (PST)

Une fois les terrassements terminés, avec notamment la réalisation d'un remblai « d'une hauteur de 7 m pour le raccordement à un OA », décrit Laurent Simon, conducteur de travaux chez RCM, les traitements de la PST sur 0,35 m sont planifiés. Cette étape de planification est importante, car la circulation lourde sur la couche, une fois traitée, est interdite pendant plusieurs jours. Durant cette période, il faut prévoir des travaux compatibles avec cette interdiction. Une fois planifié, le traitement est calé sur cinq jours, avec deux jours de pré-réglage de la PST. À partir de ce moment, l'entreprise travaille avec des engins asservis pour que les couches soient les plus homogènes possible.

« 90 % du parc des machines de terrassement sont asservis GPS, 100 % des machines de réglage sont équipées en ATS (système de suivi dynamique de haute précision) », précise Roger Meschin, directeur du matériel. De son côté, Pierre Stoquert, directeur d'exploitation, ajoute : « Nos conducteurs d'engins appliquent une procédure d'entreprise pour la vérification des points de contrôle que notre géomètre-topographe enregistre à chaque début de chantier sur trois ou quatre plots disposés sur le chantier. »



▲ Vu d'ensemble des travaux de réalisation du remblai, par couches successives.

Avec une météo favorable, les opérations de traitement peuvent se dérouler sans accroc.

Sur les 2 kilomètres de la section courante, les étapes se succèdent :

> Scarification de la PST

À l'aide du ripper de la niveleuse 140M, la couche est déstructurée pour faciliter les opérations d'arrosage et de malaxage.

> Humidification du matériau.

Cette opération de correction de l'état hydrique du matériau est incontournable pour une bonne mise en œuvre et pour développer une bonne prise hydraulique.

> Épandage du liant et contrôle de la régularité de l'épandage

Un ouvrier spécialisé, sous le contrôle du chef de chantier et du laboratoire, est voué à cette tâche. « À chaque nouveau chargement de l'épandeur, il vérifie l'épandage au mètre carré par l'essai à la bêche et s'assure que les quantités mises en œuvre, par porteur, correspondent aux surfaces que j'ai définies par méthode Q/S (rapport (exprimé en m³/m²) entre le volume Q de sol compacté pendant un temps donné et la surface S balayée par le compacteur dans le même temps) », explique Olivier Villain, chef de chantier en charge des travaux.

> Malaxage sur 35 cm

Le LHR et le matériau sont mélangés intimement à l'aide d'une Wirtgen 2400.

> Compactage

Également incontournable, le compactage, à l'aide de deux compacteurs V5, est réalisé selon des prescriptions données (vitesse, nombre de passes, plan de balayage) dès le démarrage du traitement. Il est ensuite suivi par les disques des compacteurs selon la méthode Q/S.

> Réglage

Une niveleuse 140M suit l'opération de compactage, une fois celle-ci terminée, pour définir le profil, en long et en travers, final de la couche.

> Compactage final

Un compacteur à pneus P3 et l'atelier d'enduit de cure viennent finaliser la journée de traitement.

> Réception à 7 j = EV2 > 100 MPa

Après un minimum de 7 jours de cure sans aucune circulation lourde, le laboratoire de l'entreprise et celui de l'extérieur réalisent des essais de portance pour valider le point d'arrêt et passer à l'étape suivante du chantier.

Réalisation et traitement de la couche de forme

Sur le chantier, une fois l'arase traitée, la portance de la partie supérieure des terrassements (PST) s'élevait en moyenne à 100 MPa. Préalablement à la réalisation de la couche de forme sur l'ensemble de la section courante, RCM réalise une planche d'essai sur 1 000 m².

Plusieurs objectifs sont visés : « Cette planche d'essai permet de vérifier les modalités de compactage pendant le traitement, l'altimétrie avant/après et les performances de la couche après traitement et de les adapter pour la section courante, si besoin. C'est un échauffement ! » définit Laurent Simon.

Cette planche d'essai complète les études de traitement menées en phase de préparation et en cours de chantier. Quelques dizaines d'éprouvettes ont été réalisées, pendant le premier confinement du Covid-19, par le laboratoire de l'entreprise, puis conservées 7-28-90 jours à une température constante et à une hygrométrie contrôlée pour mesurer les performances mécaniques (couple Rt/E en MPa). « C'est le dosage à 4,75 % qu'a retenu RCM », conclut Jaouad Nadah.



▲ Les terrassements ont permis la réalisation d'un remblai « d'une hauteur de 7 m ».



▲ La zone de stockage de la plate-forme avec différents matériaux (sables, gravillons, déblais...).

◀ La plate-forme de revalorisation des matériaux inertes du BTP de RCM, implantée à Montereau-sur-le-Jard.

+ Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : www.infociments.fr/liants-hydrauliques-routiers/

Ensuite, pour réaliser la couche de forme, il a fallu, dans un premier temps, acheminer les matériaux recyclés et prétraités à la chaux provenant de la plate-forme de revalorisation de RCM, sise à Montereau-sur-le-Jard ; et dans un second temps, mener l'opération de mise en œuvre du matériau sur 40 cm, pour une épaisseur finale de 35 cm, afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale. Cette phase est très importante, car un bon réglage ne peut être garanti que s'il y a une recoupe de la couche après traitement. Aucun apport n'est possible dans la phase de réglage. « Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement (20 l/m²), puis réalisé un malaxage d'homogénéisation au malaxeur, et ce préalablement aux opérations de traitement de la couche », explique Laurent Simon.

L'opération de traitement, proprement dite, y a succédé. Elle a été réalisée en deux phases successives : un épandage du liant hydraulique routier à raison de 4,75 % de ROC VDS (soit plus de 29 kg/m²) à la surface du matériau à l'aide d'un épandeur à dosage asservi à l'avancement, suivi d'un malaxage à l'aide de la stabilisatrice Wirtgen 2400. « Lors du malaxage, nous ne voulions pas que des matériaux non traités restent à l'interface de la PST et de la CDF. Notre conducteur de malaxeur a donc systématiquement repris 1-2 cm du traitement de la PST pour s'assurer de la parfaite liaison des deux couches », précise Yoann Ausanneau.



Le malaxage a été effectué à l'aide de la stabilisatrice Wirtgen 2400. Pour s'assurer de la bonne interface PST-CDF, 1-2 cm du traitement de la PST a été systématiquement repris.



Réglage et compactage.



Les deux compacteurs V5 de l'atelier de compactage.



Phase très importante, la recoupe finale garantit un bon réglage.

L'épandage du liant hydraulique routier ROC VDS d'EQIOM à raison de 4,75 % (soit plus de 29 kg/m²).

« Lors du malaxage, nous ne voulions pas que des matériaux non traités restent à l'interface de la PST et de la CDF. Notre conducteur de malaxeur a donc systématiquement repris 1-2 cm du traitement de la PST pour s'assurer de la parfaite liaison des deux couches »

Le traitement de la couche de forme est suivi de l'opération de compactage. L'atelier de compactage se compose de deux compacteurs vibrants V5 et d'un compacteur à pneus. Il effectue 8 passes à 2,5 km/h, travaillant en parallèle, et 6 passes de P3 sur la couche traitée, dont 2 sur l'enduit de cure.

Les contrôles internes et externes du plan de contrôle de l'entreprise sont appliqués : « Teneur en eau avant traitement, contrôle par pesée de la quantité de liant épanché et Q/S ; vérification de la profondeur de malaxage, teneur en eau après le malaxage, vérification de la qualité de compactage sur la base d'essais et de références Proctor en laboratoire, explique Laurent Simon. Enfin, pour contrôler la déformabilité de la couche de forme, des déflexions ont été mesurées sur l'ensemble du tracé. »

Sept jours après la réalisation de la planche d'essai, des essais de déflexions corrélés avec des essais de plaques ont validé les performances attendues. Une fois toute la surface traitée, la couche de forme est réceptionnée par le laboratoire de l'entreprise et celui de l'extérieur avec « un écart type assez faible sur les déflexions, relève Yoann Ausanneau (RCM), témoin d'une régularité dans les performances ». Réception à 7 j = Déflexion < 50/100°.

À noter deux points particuliers du chantier : le raccordement à l'OA et la suppression de la VC d'entrée du hameau. Dans le phasage prévu et pour ouvrir la circulation aux riverains, la plate-forme support de chaussée a été réalisée avec des matériaux d'apport déjà traités en centrale, car « le traitement en place n'était pas possible du fait des surfaces faibles », précise Laurent Simon.

PHASES FINALES DU CHANTIER

Afin d'éviter d'endommager la couche de forme par la circulation de chantier, la couche de base en GB4 0/20 est rapidement réalisée. « Bien que l'uni du traitement soit excellent, nous avons décidé d'appliquer la GB en palpant sur des fils préalablement implantés », explique Damien Bouffety, géomètre-topographe de l'entreprise RCM. « Une fois la couche de GB réalisée, l'entreprise RCM a pu finaliser les travaux liés à la piste cyclable, les fossés, la végétalisation des emprises libres et des emprunts », précise, pour sa part, Champlin N'kouka, directeur de projet chez Ségic. « Enfin, la couche de roulement et la signalisation ont conclu cette belle opération », ajoute Clarisse Pépin, chargée d'affaires pour l'EPA Sénart.

BILAN

Depuis le 12 mars 2021, la tranche ferme du chantier, réalisée par RCM, est ouverte à la circulation. Bien que la phase de préparation du chantier ait été impactée par la pandémie de Covid-19, la météo, assez clémente, en a permis un déroulement normal. La tranche optionnelle, qui consiste à réhabiliter la voirie de desserte du hameau d'Ourdy, sera réalisée pour la fin de l'année 2021. ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > Volume de terrassement : 60 000 m³
- > Hauteur maximale de remblai : 7 m
- > Surface PST : 27 000 m²
- > Surface CDF : 25 000 m²
- > Quantité de LHR : 1 500 t
- > 5 500 t de GB4 0/20
- > 2 500 t de BBME 3 0/10
- > Longueur du chantier : 2 km

LIENS UTILES

- > RCM
<http://routesetchantiersmodernes.com>
- > EQIOM
<https://www.eqiom.com>
- > EPA Sénart
<https://www.epa-senart.fr>
- > Ségic
<https://www.segic-ingenierie.fr>
- > Infociments Routes
<https://www.infociments.fr/route>

Quelque 15 000 tonnes de matériaux provenant de la plate-forme de revalorisation de RCM sont mises en œuvre. Ceux-ci sont issus des environs à moins de 10 km de la plate-forme. Au lieu d'être évacués en Installation de Stockage de Déchets Inertes ISDI, ils sont revalorisés. Ils sont préalablement analysés, criblés 0/31,5, traités à la chaux, puis mis en stock pour maturation pour donner les caractéristiques suivantes à l'ECOREM R :

- > matériaux A1 : 80 µm = 35,1 %
- > Dmax = 0/31,5
- > VBS = 1,04
- > Maturation du stock traité à la chaux = 1 an
- > d OPN 1,71 t/m³
- > W % OPN=15,2 %
- > Zone 3 après traitement à 4,5 % ROC VDS
Rt = 0.49 MPa
E = 7635 MPa

Formules & données

+ Pour aller plus loin, retrouvez notre bibliographie technique en p. 34.

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#14 en ligne sur le site infociments.fr



Retrouvez tout Routes en ligne sur le site infociments.fr



Vidéos, Guides Techniques, organisation de Journées Techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur les liants hydrauliques routiers.



Infociments, le concentré d'information sur le ciment et ses applications

Être utilisateur d'infociments, c'est être libre de personnaliser ses accès et ses contenus selon ses besoins, de gérer un flux d'information structuré par thématiques et de mettre de côté les sujets qui vous intéressent pour une lecture au calme, ou tout simplement garder la main sur vos abonnements à nos revues et publications pour être sûr de ne rien rater.

Retrouvez sur infociments.fr l'ensemble de nos publications et toute notre documentation technique, (brochures, guides, vidéos et logiciels), disponible facilement et gratuitement.

ESPACE UTILISATEUR DÉDIÉ	ALERTES THÉMATIQUES	NEWSLETTERS THÉMATIQUES	CONTENUS MULTI-FORMATS
LES ACTUALITÉS DE LA FILIÈRE	UNE BIBLIOGRAPHIE TECHNIQUE	DES PUBLICATIONS RÉFÉRENCES	DES OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION
	DES WEBINAIRES LIVE ET VIDEOS		



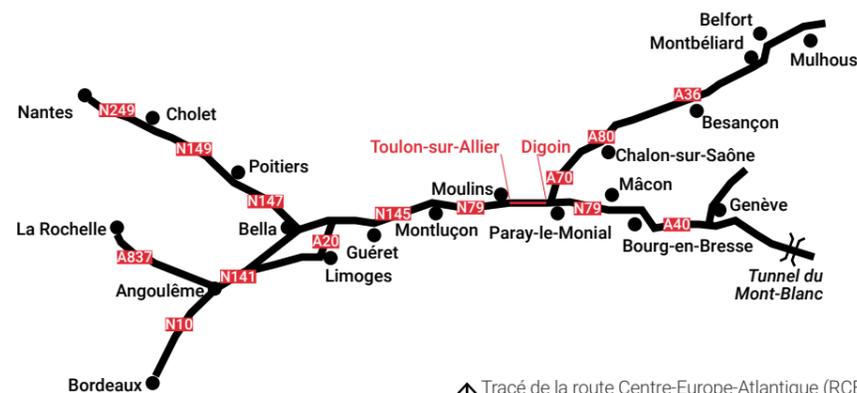
Traitement des sols pour les travaux de terrassement de l'A79, entre Toulon-sur-Allier et Digoin

#mieuxcirculer #mieuxprotégerlaplanète #mieuxvivre #chantier #lianthydrauliqueroutier

Important tronçon du vaste chantier d'aménagement de la route Centre-Europe-Atlantique (RCEA) et l'un des plus grands chantiers de terrassement réalisés en France en 2021, la liaison entre Montmarault (Allier) et Digoin (Saône-et-Loire) fait massivement appel à la technique de traitement des sols en place au liant hydraulique routier (LHR) pour le renforcement de l'arase et pour la confection de la couche de forme. Confié à l'entreprise Eiffage, ce projet a requis des solutions hors normes pour s'adapter à la nature des sols et aux cadences du chantier. Pour la partie est, de Toulon-sur-Allier à Digoin, les travaux ont nécessité 35000 tonnes de Ligex M4, un LHR confectionné sur mesure par Ciments-Calcia.

SITUATION

Le tronçon de la future A79 entre Toulon-sur-Allier (03) et Digoin (71) s'inscrit dans le plus large cadre de l'aménagement de la route Centre-Europe-Atlantique (RCEA). Une fois achevée, la RCEA reliera Bordeaux et la façade atlantique à l'Europe centrale et septentrionale, en s'intégrant dans un vaste réseau continental de voies express et d'autoroutes. Il s'agit de construire 1850 km de voies en France, dont 400 km d'autoroutes et 800 km de routes express qui seront transformées postérieurement en autoroutes.



Tracé de la route Centre-Europe-Atlantique (RCEA).

ROUTES INFO #18

Publié le 20/12/2021

© CIMbéton

Texte : Joseph Abdo

Liant hydraulique routier	Recyclage en place	Surface traitée au LHR : 1 100 000 m ²	Allier / Saône-et-Loire

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Concedant**
État (DIT)
- Maîtrise d'ouvrage**
Aliae
- Maîtrise d'œuvre**
EGIS Villes et Transports
- GIE concepteur-construteur**
CLEA, Eiffage Génie civil
- Exploitant**
APRR
- Fournisseur du liant hydraulique routier**
Ciments-Calcia

CI-DESSUS : vue générale du chantier de mise à 2x2 voies de la RN79 entre toulon-sur-allier et digoin.

Vous préférez la lecture digitale ? Retrouvez et scannez nos QR Codes en p. 33.

Le tracé de la RCEA est situé majoritairement en France. Il comporte plusieurs branches : deux à l'est et deux à l'ouest ainsi que d'autres, d'importance moindre. Elles se rejoignent toutes en une section centrale, de Guéret à Paray-le-Monial.

La RCEA présente l'avantage de rester au-dessous des 500 mètres d'altitude, de réduire le trajet Mulhouse-Bordeaux (de 970 à 830 km) et d'être gratuite. L'immense succès de l'itinéraire a induit un trafic beaucoup plus dense que les estimations de départ et un flux très important de poids lourds sur des routes construites, à l'origine, principalement à 1x2 voies. La mise à 2x2 voies, rendue indispensable par un taux d'accidents graves ou mortels beaucoup plus élevé que sur le reste du réseau français, est commencée dès les années 1990, mais elle bute en Saône-et-Loire et dans l'Allier sur un manque de financements publics.

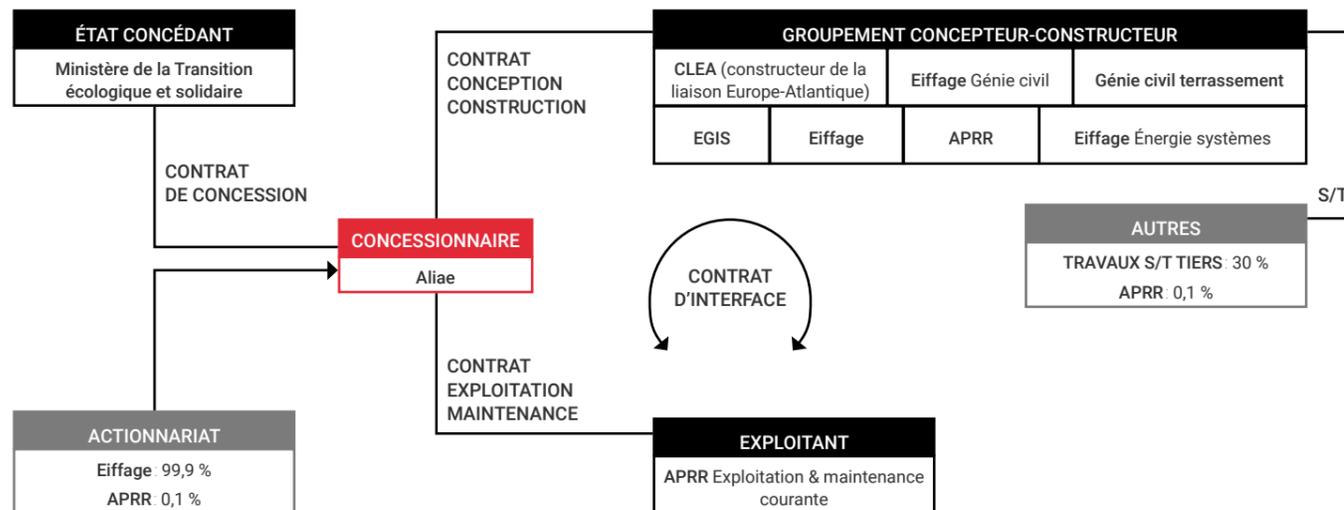
ÉTAT DES LIEUX

Le tronçon de la future autoroute A79, objet de ce reportage, reliera Toulon-sur-Allier (03) à Digoïn (71), en lieu et place de l'actuelle route nationale RN79. Il s'inscrit dans le cadre de l'aménagement de l'A79, qui reliera Montmarault (03) à Digoïn (71) et qui se situe sur le tronçon central de la RCEA concédé par l'état à Aliae (filiale d'Eiffage).

La RN79 est une route particulièrement accidentogène à l'origine de fortes perturbations de trafic. C'est pourquoi le projet de mise à 2x2 voies aux normes autoroutières a été déclaré d'utilité publique par décret ministériel en date du 22 avril 2017.

Cette mise à 2x2 voies aux normes autoroutières a fait l'objet d'un contrat de concession avec la société Aliae, filiale à 100 % du groupe Eiffage, pour une durée de 48 ans à partir de la date de signature du contrat. À la suite de quoi, l'ouvrage sera transféré à l'État.

« En tant que maître d'ouvrage en charge de financer, concevoir, construire puis exploiter, entretenir et assurer la maintenance jusqu'au terme de la concession, Aliae a confié au groupement CLEA la conception et la construction de l'A79. Ce groupement, dont la mission s'achèvera à la mise en service de l'A79, rassemble toutes les compétences indispensables au bon déroulement des opérations techniques », explique Christophe Sandre, directeur du projet du groupement concepteur-constructeur CLEA.



Organigramme du concessionnaire Aliae.

Depuis la commune de Sazeret, à l'ouest, jusqu'à celle de Digoïn, à l'est, 88 km de la RN79 passeront progressivement de 2x1 à 2x2 voies. Tous les ouvrages feront l'objet de mise aux normes de sécurité. « Ce chantier de grande envergure mobilise au plus fort de son activité un effectif qui atteint en pointe plus de 1 500 personnes et qui met en avant l'expertise multimétier du groupe Eiffage. Ce chantier a été découpé en quatre sections désignées par TOARC A, TOARC B, TOARC C et TOARC D », ajoute Christophe Sandre.

Néanmoins, l'impact environnemental d'un tel ouvrage n'est pas neutre, en particulier parce que le projet traverse une réserve naturelle (celle du val d'Allier) et parce qu'il est susceptible de créer un nouvel obstacle pour les déplacements de la faune locale.

« Pour réduire cet impact, nous avons dû intégrer à ce projet de nombreuses compensations environnementales et, notamment, la réalisation d'un passage pour la grande faune et de plusieurs ouvrages réservés au passage de la faune ainsi qu'une centaine d'ouvrages plus petits destinés à la petite faune afin de maintenir les continuités écologiques », ajoute Thibaut Meskel, responsable de l'Environnement chez Aliae.

L'autoroute A79 sera porteuse d'une grande innovation : le péage en flux libre, dispositif qui permet la suppression des barrières physiques de pleine voie au profit de portiques équipés de caméras capables de lire les plaques d'immatriculation et les badges de télépéage. « Ces portiques font partie d'un système intelligent qui permet de relier un véhicule ou un badge à un compte bancaire, de sorte à automatiser les transactions et à éviter l'arrêt aux gares de péage. Ils présentent aussi l'avantage de réduire considérablement l'artificialisation des sols », ajoute Thibaut Meskel.

Déjà en place dans certains pays européens, l'A79 sera la première autoroute de France à bénéficier de cette technologie de péage en flux libre, contribuant à la fluidification de la circulation avec un petit tronçon de l'autoroute A4.

Pour aller plus loin : liens et infos en p. 33, bibliographie technique en p. 34.



- > 88 km de longueur totale
- > 48 ans de concession
- > 65 km d'élargissement
- > 23 km de route à 2x2 voies à requalifier
- > Trafic estimé à la mise en service: 5 000 à 8 500 véhicules par jour et par sens, selon les tronçons
- > 3,5 millions de mètres cubes de déblais
- > 1 million de tonnes d'enrobés (GB classique, GB5® et BB5®)
- > 12 échangeurs
- > 4 aires de repos et 2 haltes simples
- > 1 aire de service à Toulon-sur-Allier
- > 148 ouvrages d'art, dont 45 ouvrages d'art courants neufs, 12 ouvrages non courants et 91 ouvrages existants à requalifier
- > 79 bassins multifonctions
- > 40 ouvrages pour la transparence écologique à élargir
- > 52 cours d'eau franchis avec suivi écologique
- > 21 communes traversées

MISE AU STANDARD AUTOROUTIER DE LA RN79 ENTRE TOULON-SUR-ALLIER ET DIGOÏN

Le projet

La RN79 est un axe majeur, tant localement qu'à l'échelle européenne. Elle draine ainsi un trafic compris entre 10 000 et 15 000 véhicules par jour dont 30 à 40 % de poids lourds selon les sections dans les départements de l'Allier et de Saône-et-Loire. La mise au standard autoroutier entre Toulon-sur-Allier et Digoïn correspond aux TOARCS C et D (52 km sur les 88 km au total).

➤ Schéma illustrant le découpage en 2 TOARCS du tronçon Toulon-sur-Allier - Digoïn.



Les objectifs

Les objectifs sont de sécuriser et de fluidifier la circulation, la RN79 étant une voie dangereuse et encombrée.

Les contraintes

Elles sont de deux types :

- > **Les contraintes environnementales** afin de respecter la nature et les paysages, de maintenir les corridors écologiques, de réduire l'impact sur l'environnement pendant les travaux et durant l'exploitation de l'autoroute.
- > **Les contraintes d'exécution** dues au phasage des travaux, à la gestion du flux du trafic et des déviations, à la gestion de l'eau, du matériel et des déblais.

ÉTUDES

Le contexte géotechnique

Le tracé du tronçon de l'A79 entre Toulon-sur-Allier et Digoïn traverse principalement la formation géologique connue sous l'appellation « sables et argiles du Bourbonnais », qui est une formation hétérogène de sables plus ou moins argileux, avec présence de lentilles argileuses.



La liaison entre Toulon-Sur-Allier (Allier) et Digoïn (Saône-et-Loire) fait appel massivement à la technique de traitement des sols en place au liant hydraulique routier LHR.

Les reconnaissances géotechniques

Pour les besoins des études de terrassement (mouvement des terres et études de traitement des sols), une campagne de reconnaissance géotechnique globale des ouvrages d'art et d'assainissement a été menée en deux phases : une G2 pro poussée, puis un contrôle en G3. La première, pour la phase de projet, a été réalisée au quatrième trimestre de l'année 2019 ; puis la seconde de contrôle, pour la phase d'exécution, au printemps 2020.

Lors de ces reconnaissances, 1950 sondages géotechniques de tous types ont été réalisés : 850 sondages à la pelle ; 150 sondages avec essais pressiométriques tous les mètres ; 320 sondages carottés ou à la tarière ; 590 essais au pénétromètre type CPT, 40 piézomètres, etc.

Ces sondages ont des profondeurs comprises entre 1,5 et 17 m. Les différents matériaux ont été identifiés et classés conformément au *Guide technique des terrassements routiers* (GTR) et à la norme NF P 11 300 « Classification des sols ».

Les études de traitement

La présence des sables et argiles du Bourbonnais sur l'ensemble du tracé Toulon-Digoin a permis d'identifier rapidement les gisements potentiels en matériaux pour la partie supérieure des terrassements (PST) et la couche de forme (CDF). Grâce à leur facilité d'utilisation (taux de réemploi proche de 100 % lors des mouvements de terres), une stratégie avait été imaginée dès les études préalables, qui consistait à optimiser les mouvements des terres en maximisant le réemploi des matériaux du site et en les traitant soit à la chaux, soit au LHR pour les couches nobles de la future plate-forme autoroutière.

Compte tenu de l'hétérogénéité de certains gisements de matériaux, des mélanges associés pouvant varier en matériaux de B4 à A1, il a été décidé de mener un grand nombre d'études de traitement sur les différentes grandes familles de ces gisements pour :

- Vérifier l'aptitude du sol au traitement (norme NF P 94 100) ;
- Déterminer les performances mécaniques obtenues par un traitement à la chaux ;
- Déterminer les performances mécaniques obtenues par un traitement au LHR ;
- Vérifier la tenue au gel des sols traités.

L'objectif était de trouver un liant adapté à chaque type de sol afin de garantir les performances mécaniques visées (résistance mécanique et tenue au gel), tout en prenant en compte les contraintes spécifiques de mise en œuvre du chantier.

Le choix s'est finalement porté sur un LHR dont le délai de maniabilité était cohérent avec les exigences du traitement en place.

En outre, pour la couche de forme, une étude géotechnique de niveau 2 a été menée pour obtenir :

- Une plate-forme support de classe PF3 ;
- Un matériau traité de classe mécanique 5.

En termes de performances mécaniques et de comportement au gel, les objectifs recherchés étaient les suivants :

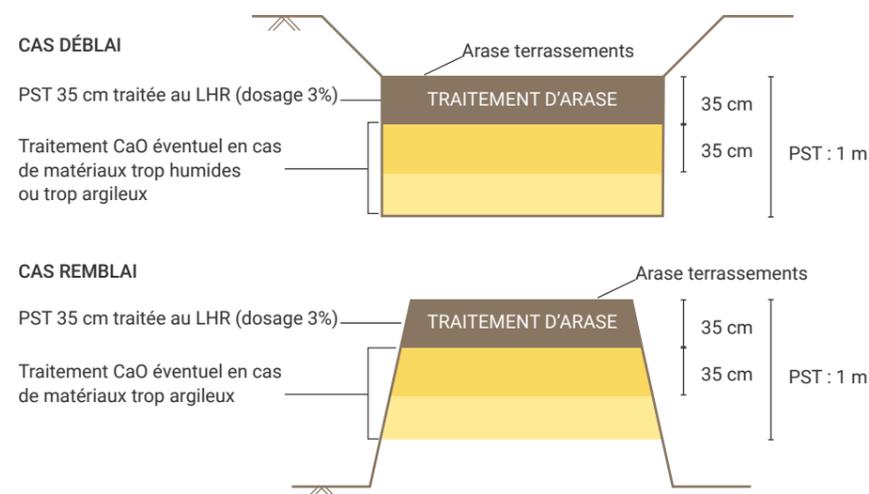
> Pour la PST inférieure : matériau traité à la chaux vive présentant une pente de gonflement au gel $p < 0,25 \text{ mm} / (^\circ\text{C}\cdot\text{h}) 1/2$, peu gélif, classé SGp selon la norme NF P98-086.

> Pour la PST supérieure : matériau traité systématiquement au LHR et présentant une résistance $R_{tb} > 0,25 \text{ MPa}$, non gélif, classé SGn selon la norme NF P98-086.

> Pour la CDF : matériau traité au LHR, présentant une résistance $R_{tb} > 0,25 \text{ MPa}$, non gélif, classé SGn selon la norme NF P98-086 et de classe mécanique 5 au sens du GTS.

L'objectif était de trouver un liant adapté à chaque type de sol afin de garantir les performances mécaniques visées, tout en prenant en compte les contraintes spécifiques de mise en œuvre du chantier. Le choix s'est finalement porté sur un LHR dont le délai de maniabilité était cohérent avec les exigences du traitement en place.

➤ Au niveau de l'arase terrassement.



La solution retenue pour la plate-forme support de chaussée

Les études ont permis de caractériser le matériau traité, de définir les dosages permettant d'atteindre les performances visées et d'établir un dimensionnement de la plate-forme support de chaussée.

Le dimensionnement optimisé des structures de chaussée a été réalisé en prenant comme objectif une classe de plate-forme autoroutière de portance PF3.

Compte tenu des conditions climatiques particulières qui règnent dans les départements de l'Allier et de Saône-et-Loire (indice de gel élevé $200 \text{ }^\circ\text{C}/\text{J}$) et des épaisseurs optimisées des structures bitumineuses, le dimensionnement de la plate-forme support de chaussée repose sur deux variantes :

- soit une couche de forme granulaire, non gélive, de 50 cm ;
- soit une couche de forme traitée au liant hydraulique routier, non gélive, de 35 cm, avec une PST peu gélive, traitée au liant routier.

Pour optimiser la réutilisation des matériaux du site, le choix a été fait de réaliser les couches supports en matériaux traités au LHR, à savoir :

> **PST inférieure** : matériau traité à la chaux (dosage : 1,5 %) et sur une épaisseur de 35 cm. À réaliser uniquement dans les configurations d'arase nécessitant une amélioration de celle-ci, principalement dans les zones de déblais ou de remblais rasants.

- Objectifs :
 - Matériau peu gélif avec pente de gonflement au gel $\leq 0,25$ (soit $Q_g = 4$) ;
 - Densification : q3.
- Critères de réception :
 - Compacité conforme à la densification q3 ;
 - Portance $EV2 \geq 30 \text{ MPa}$.

> **PST supérieure** : matériau traité au LHR (dosage : 3 %) et sur une épaisseur de 35 cm.

- Objectifs :
 - Matériau peu gélif ($R_{tb} \geq 0,25 \text{ MPa}$) ;
 - Densification : q3.

> **Couche de forme traitée au LHR** : matériau traité au LHR (dosage : 5 %) et sur une épaisseur de 35 cm.

- Objectifs :
 - Matériau non gélif ($R_{tb} \geq 0,25 \text{ MPa}$) ;
 - Densification : q3 ;
 - Matériau de classe mécanique 5.

Le choix du liant

Le liant fourni a été formulé spécifiquement pour le projet de l'A79, en lien avec les équipes techniques de CLEA. Ce liant devait pouvoir répondre en termes de composition, de performances mécaniques et de délai de maniabilité. « Après différentes propositions et divers échanges entre nos laboratoires, le Ligex M4 a été validé », explique Bruno Classen, directeur de l'agence Routes chez Ciments-Calcia.

CHOIX DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSÉE

Compte tenu des performances escomptées de la plate-forme support de chaussée, la structure de la chaussée est la suivante :

> **Enduit bicouche clouté**, qui assure à la fois la protection de la couche de forme traitée et le collage à l'interface entre la couche de forme et la structure de chaussée.

> **Couche de fondation** en grave-bitume GB4 MAX, de granulométrie 0/14, d'épaisseur 9 cm, comportant 50 % de fraisats d'enrobés (recyclage de matériaux de la RCEA ou de chantiers situés à proximité).

> **Couche de base** en grave-bitume GB4 MAX, de granulométrie 0/14, d'épaisseur 9 cm et comportant 50 % de fraisats d'enrobés (récupérés sur la RCEA ou sur les chantiers des alentours).

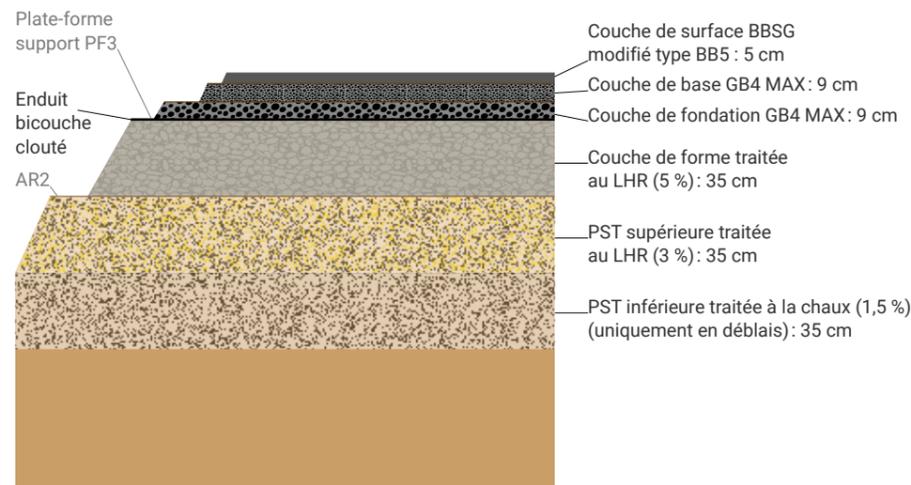
> **Couche de surface** en béton bitumineux semi-grenu BBSG modifié de type BB5®, de granulométrie 0/10, d'épaisseur 5 cm et comportant 30 % de fraisats d'enrobés (récupérés sur la RCEA ou sur les chantiers des alentours).

À noter : sur une zone de 4 km, au niveau de Toulon-sur-Allier, la couche de fondation et la couche de base ont été réalisées en grave-bitume de type GB5®.

Pour aller plus loin : liens et infos en p. 33, bibliographie technique en p. 34.

Le liant fourni a été formulé spécifiquement pour le projet de l'A79, en lien avec les équipes techniques de CLEA. Ce liant devait pouvoir répondre en termes de composition, de performances mécaniques et de délai de maniabilité.

➔ Coupe en travers-type de la structure de l'A79.



RÉALISATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Phasage du chantier

Les travaux ont commencé, en août 2020, par les opérations de décapage de la terre végétale et de mouvement des sols pour modeler le terrain. « Les travaux des TOARCS C et D ont été lancés simultanément avec les quatre métiers (chaussées; ouvrages d'art; génie civil; équipements). La durée des travaux a été fixée à deux ans. Pour tenir ces délais, l'entreprise a dû s'organiser efficacement et mettre en place une organisation spécifique, tant humaine que matérielle », précise Olivier Prinnet, directeur des travaux chez Eiffage.

Plusieurs spécificités marquent ce tronçon :

- > il fait 51,5 km et impose de longues distances à parcourir, en particulier par la route.
- > il compte la réalisation de 8 viaducs.
- > la traversée de la route nationale (RN7).
- > la réalisation de 7 échangeurs sur le linéaire divise le chantier en plusieurs zones indépendantes qui contraignent le transport des matériaux traités.
- > peu d'emprises foncières : complication de la gestion et du stockage des matériaux sur l'itinéraire.

Les travaux de terrassement se sont divisés en trois étapes : travaux de la PST inférieure (35cm) ; travaux de la PST supérieure (35cm) et travaux de la CDF (35cm).

Travaux de la PST inférieure traitée à la chaux

Dans un premier temps, l'arase a été décapée sur une épaisseur de 70 cm, puis mise en dépôt provisoire. Après la scarification, la chaux a été épanchée à l'aide d'un épandeur asservi, à raison de 10 kg/m². Le malaxage du sol et de la chaux a été réalisé sur une épaisseur finale de 35 cm, à l'aide d'un malaxeur tracté. Un réglage avec une niveleuse a ensuite été effectué, puis un compactage à l'aide d'un compacteur VM5 garantissant l'obtention de la compacité visée.

Travaux de la PST supérieure traitée au LHR

Cette opération consiste à acheminer les matériaux depuis le dépôt provisoire et à les répandre sur le site à l'aide d'une niveleuse, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement et suffisante pour garantir une épaisseur finale de 35 cm (après traitement, compactage et recoupe). L'utilisation de ces matériaux, issus des déblais, a permis de ne pas puiser dans les ressources naturelles locales. Le LHR Ligex M4 a été ensuite répandu à l'aide d'un épandeur asservi, à raison de 19 kg/m². Le matériau et le liant ont été malaxés à l'aide d'un malaxeur tracté. Enfin, un préreglage avec une niveleuse asservie a été réalisé de façon à obtenir une épaisseur homogène. Cette phase est importante, car un bon réglage ne peut être garanti que s'il y a recoupe de la couche après traitement. Pour finir, le compactage a été réalisé par des compacteurs VM5.

L'utilisation de ces matériaux, issus des déblais, a permis de ne pas puiser dans les ressources naturelles locales.



⤴ Les matériaux issus des déblais ont été répandus sur le site à l'aide d'une niveleuse, sur une épaisseur homogène. Puis un épandeur asservi a procédé à l'épandage du LHR Ligex M4.



⤴ Le matériau et le liant sont malaxés à l'aide d'un malaxeur tracté.

Travaux de mise en œuvre de la CDF

Sur le chantier, une fois l'arase traitée, l'objectif de portance de la partie supérieure des terrassements (PST) est largement atteint (> 80 MPa). Ensuite, pour réaliser la couche de forme, les matériaux du dépôt provisoire ont été acheminés sur site (approvisionnement avec reprise sur stock à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tombereaux articulés). Cette opération est suivie du régalaage du matériau sur 40 cm, pour une épaisseur finale de 35 cm, afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale. Un préreglage avec une niveleuse asservie a ensuite été réalisé, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement. Cette phase est également très importante, car un bon réglage ne peut être garanti que s'il y a recoupe de la couche après traitement. Aucun apport n'est possible dans la phase de réglage final. « Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons utilisé un malaxeur équipé d'un système d'injection d'eau dans la cloche, et ce préalablement aux opérations de traitement de la couche », explique Olivier PRINET d'Eiffage.

Cette opération a été suivie par le traitement proprement dit. Celui-ci a été réalisée en deux temps :

- > Un épandage du LHR Ligex M4, à raison de 5 % (soit 30 kg/m²), à la surface du matériau a été réalisé en deux passes, à l'aide d'un épandeur autotracté.
- > Un malaxage à l'aide de la machine type Wirtgen 240 ou similaire. Le matériau a été ensuite remis en forme.

Trois types de compacteurs ont été utilisés afin d'atteindre l'objectif q3 fixé : à bille lisse, à pieds dameurs (pour limiter le feuilletage), puis à pneus (pour donner un bel uni). « Une niveleuse assistée par GPS effectue le réglage par recoupe de la couche traitée, pour obtenir un résultat au centimètre près. On acquiert ainsi un très bon uni et un profil en long très régulier », ajoute Olivier Prinnet.

Un enduit de cure bicouche clouté a été ensuite appliqué pour, d'une part, protéger la couche de forme et assurer la bonne prise hydraulique du mélange et pour, d'autre part, garantir l'obtention d'un bon collage à l'interface entre la couche de forme et la couche de fondation.

Pour aller plus loin : liens et infos en p. 33, bibliographie technique en p. 34.



⤴ Malaxage à l'aide d'un pulvimixeur.



⤴ Compactage à l'aide de compacteurs à bille lisse.



⤴ Le compacteur à pneu permet de donner un bel uni.

➕ Pour aller plus loin, retrouvez notre bibliographie technique en p. 34.

Contrôles

De nombreux contrôles ont été réalisés au cours du chantier afin de s'assurer des caractéristiques mécaniques visées.

Des contrôles de portance ont ainsi été réalisés pour la PST inférieure, traitée à la chaux vive, permettant de valider la classe d'arase obtenue.

Lors des travaux de la PST supérieure, traitée au LHR, la validation de la classe d'arase a été permise par des contrôles de portance couplés à des vérifications de densification au gammadensimètre.



➔ Contrôle du compactage au gamma-densimètre.

CONTRAINTES TECHNIQUES DU CHANTIER

Approvisionnement en eau

Point crucial dans la mise en œuvre des matériaux traités : « L'humidification et l'arrosage doivent être constamment contrôlés afin de maintenir le bon état hydrique des matériaux. Plusieurs points d'approvisionnement ont donc été aménagés tout au long du tracé », explique Olivier Prinnet.

Délai de maniabilité et logistique de livraison du Ligex M4

« Le Ligex M4 est un liant à base de clinker. Sa composition permet d'obtenir une cinétique rapide de montée en performance, tout en bénéficiant d'un délai de maniabilité adapté à une mise en œuvre des travaux de traitement des sols en place », précise Bruno Classen, chef de l'agence Routes de Ciments-Calcia.

Au total, ce sont 35000 t qui ont été livrées sur la période concernée, relativement longue, compte tenu de l'importance du chantier, mais également des conditions restrictives dues à la pandémie de coronavirus. « Les livraisons ont débuté en Mai 2021 et se sont achevées à la mi-octobre 2021. Cependant, l'activité a connu son pic entre les mois de juillet et de septembre. Les cadences de livraison ont été très variables selon l'avancée des travaux. Certaines cadences journalières ont pu atteindre 300 tonnes », souligne Wilfrid Beck, technico-commercial chez Ciments-Calcia.

La logistique a été un élément-clé de la réussite de ce chantier pour Ciments-Calcia : la bonne communication entre les équipes de traitement d'Eiffage et de Ciments-Calcia a permis une fluidité des livraisons.

BILAN

« Ce chantier a été un défi du point de vue de l'organisation – en particulier, au regard de la longueur du tracé et des nombreux ouvrages qui le jalonnent – et du respect des enjeux environnementaux », précise Christophe Sandre.

En outre, il a été impacté par la crise du Covid-19 et par une météo pas toujours clémente... « Mais les équipes soudées et un bon enchaînement dans les diverses étapes du processus ont permis de relever ce défi ! » se félicite Christophe Sandre.

La couche de forme a été terminée à la mi-octobre 2021, pour une mise en service prévue à l'automne 2022. ■

EN QUELQUES CHIFFRES

> **Longueur** : 52 km dont 6,9 km en requalification et 45,1 km en élargissement

> **Déblais** : 1 800 000 m³

> **Remblais routiers et paysagers** : 1 200 000 m³

> **LHR Ligex M4** : 35 000 t

> **PST traitée au LHR** : 185 000 m³

> **CDF traitée au LHR** : 200 000 m³

LIENS UTILES

> **Société Autoroute de liaison Atlantique-Europe (Aliae)**

<https://www.autoroute-a79.fr>

> **Eiffage**

<https://www.eiffage.com>

> **Ciments-Calcia**

<https://www.ciments-calcia.fr>

> **Infociments Routes**

<https://www.infociments.fr/route>

ALLER PLUS LOIN AVEC INFOCUMENTS.FR



Retrouvez le Routes Info#18 en ligne sur le site [infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Retrouvez tout Routes en ligne sur le site [infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Vidéos, Guides Techniques, organisation de Journées Techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur les liants hydrauliques routiers.

Bibliographie

À retrouver sur infociments.fr

GUIDES TECHNIQUES CIMBÉTON

T 50
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement
Collection technique, CIMbéton, 2019.

T 51
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 2 : Mise en œuvre
Collection technique, CIMbéton, 2009.

T 52
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 3 : Cahier des Clauses Techniques Particulières CCTP-Type ; Bordereau de prix unitaire BPU ; Détail estimatif DE CCTP-Type, CIMbéton, 2007.

T 53
Espaces urbains en béton désactivé. Conception et réalisation
Collection technique, CIMbéton, 2005.

T 56
Carrefours giratoires. Des solutions durables en béton de ciment
Collection technique, CIMbéton, 2005.

T 57
Voiries et aménagements urbains en béton. Revêtements et structures réservoirs
Collection technique, CIMbéton, 2007.

T 58 et C 58
Retraitement en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques
CCTP-Type, CIMbéton, 2008.

T 59
Les infrastructures de transports collectifs de surface
Collection technique, CIMbéton, 2004.

T 63
Carrefours giratoires en béton. Tome 1 - Guide de dimensionnement
Collection technique, CIMbéton, 2003.

T 64
Carrefours giratoires en béton. Tome 2 - CCTP type - BPU - DE
Collection technique, CIMbéton, 2009.

T 65
Chaussées composites en béton de ciment. Tome 1 : Structures neuves en BAC collé sur GB
Collection technique, CIMbéton, 2008.

T 69
Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton
Collection technique, CIMbéton, 2019.

T 70
Terrassements et assises de chaussées
Traitement des sols aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013

T 71
L'entretien structurel des chaussées souples et semi-rigides
Le retraitement en place à froid aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013.

PLAQUETTE TECHNIQUE CIMBÉTON

En route vers le développement durable
L'entretien des chaussées en place aux liants hydrauliques
CIMbéton, 2013.

Vidéos & logiciels

À retrouver sur infociments.fr



PUBLICATIONS SETRA/LCPC

Guide technique
Réalizations des remblais et des couches de forme
Fascicule I et Fascicule II
SETRA / LCPC, 2000.

Guide technique
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en remblais et couches de forme
SETRA / LCPC, 2000.

Guide technique
Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en assises de chaussées
SETRA / LCPC, 2007.

Guide technique
Retraitement en place à froid des anciennes chaussées
SETRA / LCPC, 2003.

À retrouver sur idrrim.com ou specbea.com

Guide technique
Carrefours giratoires en béton
IDRRIM, 2015.

Guide technique
Carrefours giratoires en béton
Specbea, 2015.

☺ Scannez ce QR codes et retrouvez toute notre bibliographie en ligne sur infociments.fr



L'abonnement à « Routes », c'est simple et gratuit.
Alors, (ré)abonnez-vous pour recevoir les prochains reportages.



Les règlements RGPD (protection des données personnelles) ne nous permettent pas de passer automatiquement votre abonnement à la formule digitale. Pour cela, il vous faut remplir le formulaire ci-dessous, soit en **version digitale avec le QR code à scanner ci-contre**, soit en nous renvoyant le questionnaire ci-dessous, par courriel (centrinfo@cimbeton.net) ou à l'adresse :

CIMbéton - Abonnement Routes - 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex
Pour toutes questions, CIMbéton : 01 55 23 01 00.

RECEVOIR L'ENSEMBLE DES PUBLICATIONS DE « ROUTES » EN 2022

SI VOUS RECEVEZ DÉJÀ LES PUBLICATIONS ROUTES PAR COURRIEL : SOUHAITEZ VOUS RESTER ABONNÉ ? OUI NON
SI VOUS NE RECEVEZ PAS LES PUBLICATIONS ROUTES PAR COURRIEL : SOUHAITEZ-VOUS Y ÊTRE ABONNÉ ? OUI NON

Merci d'indiquer vos nom et prénom :

Merci d'indiquer votre courriel (obligatoire) :

Merci d'indiquer votre entreprise / direction :

Avez-vous changé d'adresse pour l'envoi postal ? OUI (merci d'indiquer la nouvelle adresse ci-dessous) NON

Adresse :

Code Postal Commune :

Conformément à la loi « Informatique et libertés » du 6 janvier 1978 modifiée, vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression aux informations qui vous concernent, que vous pouvez exercer en vous adressant à CIMbéton - Questionnaire Routes - 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex, en joignant une copie d'un justificatif d'identité.



REMUE-MÉNINGSES #05 BEST OF 2021

Problème posé : La diversité du temps (partie 1)

Pour donner un peu plus de difficulté au problème exposé dans le précédent Remue-Méninges, caractérisons le temps toujours à l'aide d'un seul indice mais sur une demi-journée : le ciel est-il couvert ou dégagé ? Autrement dit, distinguons seulement les demi-journées claires et les demi-journées nuageuses. Peut-on dans ces conditions avoir beaucoup de semaines avec des alternances de temps différents ? A première vue, non. Au bout de quelques semaines, toutes les combinaisons de demi-journées claires et de demi-journées nuageuses seront probablement épuisées, et une des combinaisons déjà observée se répètera inévitablement.

Calculer alors le nombre de semaines avec des alternances de temps différents sur des demi-journées.

(Réponse dans le prochain numéro : Routes la Revue #5.)

SOLUTION DU REMUE-MÉNINGSES #04

Problème posé : La diversité du temps (partie 2)

« Cette semaine sera globalement plus sèche et plus lumineuse, même s'il faut s'attendre à un bref intervalle neigeux sur l'Île-de-France mardi. Mais rien à voir avec la semaine passée, qui a été dominée par la présence d'une couverture nuageuse accompagnée de temps à autre de chutes de pluie. En revanche, le soleil sera indécis tout au long de la semaine prochaine, avec une alternance quasi systématique de jours lumineux et d'autres couverts. »

Cet exemple de bulletin météo illustre bien la diversité du temps, sans oublier que, dans la même journée, on peut avoir des alternances de situations météo en nombre extrêmement élevé. Peut-on, dans ces conditions, évaluer le nombre de semaines avec des alternances de temps différents ? La réponse est, en principe, oui. Mais ce nombre dépendra du nombre d'indices retenus pour caractériser le temps.

Pour simplifier le problème, caractérisons le temps à l'aide d'un seul indice : le ciel est-il couvert ou dégagé ? Autrement dit, distinguons seulement les jours clairs et les jours nuageux. Peut-on, dans ces conditions, avoir beaucoup de semaines avec des alternances de temps différents ? À première vue, non. Au bout de quelques semaines, toutes les combinaisons de jours clairs et de jours nuageux seront probablement épuisées, et l'une des combinaisons déjà observées se répètera inévitablement.

Calculez alors le nombre de semaines avec des alternances de temps différents pour un seul indice.

Solution

Le premier jour de la semaine peut être « clair » ou « nuageux ». Nous avons donc deux combinaisons ou 2 alternances différentes. Ainsi, sur une période de 1 jour, nous avons 2^1 alternances différentes.

Sur une période de deux jours, les alternances de jours « clairs » et « nuageux » sont les 4 combinaisons suivantes :

- Jour « clair » et jour « clair » ;
- Jour « clair » et jour « nuageux » ;
- Jour « nuageux » et jour « clair » ;
- Jour « nuageux » et jour « nuageux ».

En d'autres termes, sur une période de 2 jours, chacune des 2 combinaisons du premier jour se combine aux deux combinaisons du deuxième jour.

Ainsi, sur une période de 2 jours, nous avons $2 \cdot 2$ soit 2^2 alternances différentes.

Sur une période de 3 jours, les alternances de jours « clairs » et « nuageux » sont les 8 combinaisons suivantes :

- Jour « clair », jour « clair » et jour « clair » ;
- Jour « clair », jour « clair » et jour « nuageux » ;
- Jour « clair », jour « nuageux » et jour « clair » ;
- Jour « clair », jour « nuageux » et jour « nuageux » ;
- Jour « nuageux », jour « clair » et jour « clair » ;
- Jour « nuageux », jour « clair » et jour « nuageux » ;
- Jour « nuageux », jour « nuageux » et jour « clair » ;
- Jour « nuageux », jour « nuageux » et jour « nuageux ».

En d'autres termes, sur une période de 3 jours, chacune des 4 combinaisons des deux premiers jours se combine aux deux combinaisons du troisième jour.

Ainsi, sur une période de 3 jours, nous avons $2^2 \cdot 2$ soit 2^3 alternances différentes.

De la même manière, au cours de quatre jours, chacune des 8 combinaisons des trois premiers jours se combine aux deux combinaisons du quatrième jour.

Sur une période de 4 jours, nous avons $2^3 \cdot 2$ soit 2^4 alternances différentes.

Sur une période de 5 jours, nous avons $2^4 \cdot 2$ soit 2^5 alternances différentes.

Sur une période de 6 jours, nous avons $2^5 \cdot 2$ soit 2^6 alternances différentes.

Enfin, sur une période de 7 jours, nous avons $2^6 \cdot 2$ soit 2^7 alternances différentes, soit 128 alternances différentes.

Il en résulte qu'il y a 128 semaines (soit 896 jours) avec différents ordres d'alternances de jours clairs et nuageux. Après 128 semaines ou 896 jours, une des combinaisons ayant déjà eu lieu se répètera inévitablement.

Cette répétition peut évidemment se produire avant, mais 896 jours est le délai après lequel une telle répétition est inévitable.

En d'autres termes, deux années entières et 160 jours peuvent s'écouler sans qu'une semaine ressemble à l'autre en ce qui concerne le temps caractérisé avec un seul indice.