



Cimbéton



#chantierroutier

#innovation

#optimisation&performance

#valorisation&recyclage

#LHR&béton

Routes

LE MAG #155 - JUIN 2026

ROUTES INFO #41

CHANTIER
RN7. NIÈVRE (58)

L'intérêt d'une plateforme support de haute qualité PF4 pour le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN7 dans la Nièvre

ROUTES INFO #42

DOSSIER
RÉSILIENCE URBAINE

Le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité

ROUTES INFO #43

DOSSIER
TRAITEMENT AUX LHR

Valorisation des sols par traitement aux LHR : la solution pour des plateformes de haute qualité, PF3 au minimum.

ROUTES INFO #44

CHANTIER
PORT DE LIMAY-PORCHEVILLE. YVELINES (78)

Plateforme support performante pour un centre de distribution à haute qualité environnementale

ROUTES INFO #45

CHANTIER
RN124. GERS (32)

900 000 m³ de sols valorisés grâce à la chaux et au LHR afin de réaliser une plateforme support de haute qualité PF3

ROUTES INFO #46

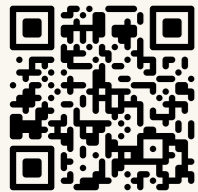
CHANTIER
RN2. NORD (59)

300 000 tonnes de granulats économisés grâce à la valorisation des sols aux LHR et à la réalisation d'une plateforme support de haute qualité PF3



L'abonnement à « Routes », c'est simple et gratuit.

FAITES-EN PROFITER VOS COLLÈGUES EN UN CLIC !



Pour faire découvrir votre magazine ou compléter votre abonnement, utilisez le formulaire ci-dessous, soit en [version digitale avec le QR code à scanner ci-contre](#), soit en nous le renvoyant, par courriel (centrinfo@cimbeton.net) ou à l'adresse :

Cimbéton - Abonnement **Routes** - 16 bis, boulevard Jean-Jaurès 92110 Clichy.

Pour toute question, Cimbéton : 01 55 23 01 00.

RECEVOIR L'ENSEMBLE DES PUBLICATIONS « ROUTES » EN 2026

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** - 16 bis, boulevard Jean-Jaurès 92110 Clichy, en joignant une copie d'un justificatif d'identité.

ÉDITO

Liants Hydrauliques Routiers, Bétons : des solutions pour optimiser et améliorer la résilience de vos infrastructures

Cimbéton a le plaisir de vous adresser LE MAG 2026 de la revue *Routes*. Dans ce numéro imprimé, nous avons rassemblé les quatre reportages des chantiers emblématiques de l'année écoulée (RI#41 ; RI#44 ; RI#45 et RI#46) et un résumé de chacun des deux dossiers thématiques publiés en 2025 (RI#42 et RI#43).

À travers quatre reportages de chantiers, nous vous présentons l'intérêt du traitement au liant hydraulique routier (LHR) pour confectionner des plates-formes support de chaussées performantes, de classe PF3 minimum. Ces solutions techniques permettent d'associer préservation des ressources naturelles, valorisation des matériaux en place et optimisation structurelle. Les ouvrages ainsi construits offrent un bilan global économique et environnemental positifs et jouissent d'une durabilité accrue.

- RN 7 (Nièvre). « L'intérêt d'une plate-forme support de haute qualité PF4 pour le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN7 dans la Nièvre entre la commune de Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier », **RI #41**.
- Limay (Yvelines). « Plateforme support performante pour un centre de distribution à haute qualité environnementale », **RI #44**.
- RN 124 (Gers). « Mise à 2x2 voies entre Gimont et l'Isle-Jourdain : 900 000 m3 de sols valorisés grâce à la chaux et au liant hydraulique routier dans les remblais, l'arase et la couche de forme afin de réaliser une plateforme support de haute qualité PF3 », **RI #45**.
- RN 2 (Nord). « Plus de 300 000 tonnes de granulats économisés grâce à la valorisation des sols aux liants hydrauliques et à la réalisation d'une plateforme support de haute qualité PF3 pour le projet de contournement d'Avesnes-sur-Helpe », **RI #46**.

En complément, les résumés des deux dossiers thématiques, pour attirer votre attention :

- D'une part sur l'intérêt de la solution béton dans les aménagements urbain en béton, afin de bénéficier notamment de sa résilience aux différents aléas climatiques,
- Et d'autre part vous proposer un dossier complet sur l'intérêt des plateformes traitées avec en particulier de nombreux retours d'expérience (Syndicat des Terrassiers de France, CEREMA, UGE, Collectivités, Maitres d'œuvre, bureaux d'études...) ainsi qu'un comparatif économique et environnemental entre solutions sols traités et matériaux granulaires.

- « Résilience urbaine. Le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité », **RI#42**.
- « Valorisation des sols par traitement aux liants hydrauliques routiers. La solution pour des plateformes de haute qualité, PF3 au minimum, garantissant l'optimisation globale et la durabilité de la chaussée », **RI #43**.

Nous sommes sûrs que vous saurez apprécier les quatre reportages de chantiers ainsi que les résumés des deux dossiers thématiques, qui illustrent toutes les potentialités dans l'utilisation des LHR ou 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 dossiers thématiques 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.

Cédric LE GOUIL et Joseph ABDO



Direction de la publication

François Redron

Direction de la rédaction, coordination des reportages

Cédric Le Gouil, Joseph Abdo

Reportages, rédaction

Joseph Abdo, Cédric Le Gouil, Marjorie Debonnaire, Étienne Diemert

Direction de projet & direction artistique

Fenêtre sur cour / Sôa

Crédits photos

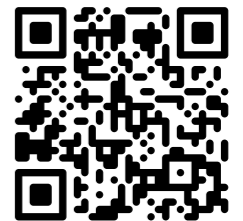
Joseph Abdo/JA-Consulting, Cédric Le Gouil, Damien Meyer, Cimbéton, Fenêtre sur cour, Roger Martin, Carrières et Bétons Bronzo Perasso, Groupe Sols, Galih Pradipta/Shawn.ccf/Oliver Foerstner/Atosan (Shutterstock), Maloudebo, Plaine Étude, Efcet, Ludovic Maillard, Jean-François Mestre, EQIOM, Colas/SAGL, Guintoli/NGE, Yasmina Boussafir, Eiffage, Maurice Bufalo/Spie Batignolles Valérian, D.Daguzan/ECOSTAB, Medinger & Fils, Valentin Minard-David/Roger Martin, Guillaume Tisserand/Lafarge France.

Photo de couverture :

RI#41 / Épandage du liant LV-TS 03. (©Roger Martin)

ABONNEZ-VOUS

Abonnez-vous depuis le QR code ci-dessous ou avec le formulaire d'abonnement ci-contre pour recevoir l'ensemble de nos publications.





#Chantier #Déviation #MiseÀ2x2Voies #TraitementRemblai #TraitementArase #TraitementCoucheDeForme
#PréserverLesRessourcesGranulaires #Valorisation #LiantHydrauliqueRoutier #Plate-formePF4

Routes info

#41

- CHANTIER -

Routes info #41
RN7
NIÈVRE (58)



Liant hydraulique routier



Recyclage en place



Volume matériaux traités : 200 000 m³



Nièvre

Routes info

#41

Chantier

Juin 2025

©Cimbéton

Texte : Joseph Abdo
& Cédric Le Gouil

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Dreal Bourgogne-Franche-Comté

Maîtrise d'œuvre

DIR Centre-Est

Entreprise

Roger Martin

Fournisseur du LHR LV-TS 03

Vicat

L'intérêt d'une plate-forme support de haute qualité PF4 pour le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN7 dans la Nièvre

Dernier tronçon de l'aménagement de la RN7 dans la Nièvre, la mise à 2 x 2 voies de cette route entre la commune de Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier a massivement fait appel à la technique de traitement des sols en place au liant hydraulique routier (LHR). Confiés à l'entreprise Roger Martin, les travaux ont mis en œuvre les solutions les plus performantes pour atteindre l'objectif : une plate-forme support PF4. À cette fin, l'entreprise a réalisé un traitement de l'arase et de la couche de forme au LHR, ce qui a nécessité 17 600 tonnes de liant LV-TS 03 livrées par Vicat.

SITUATION

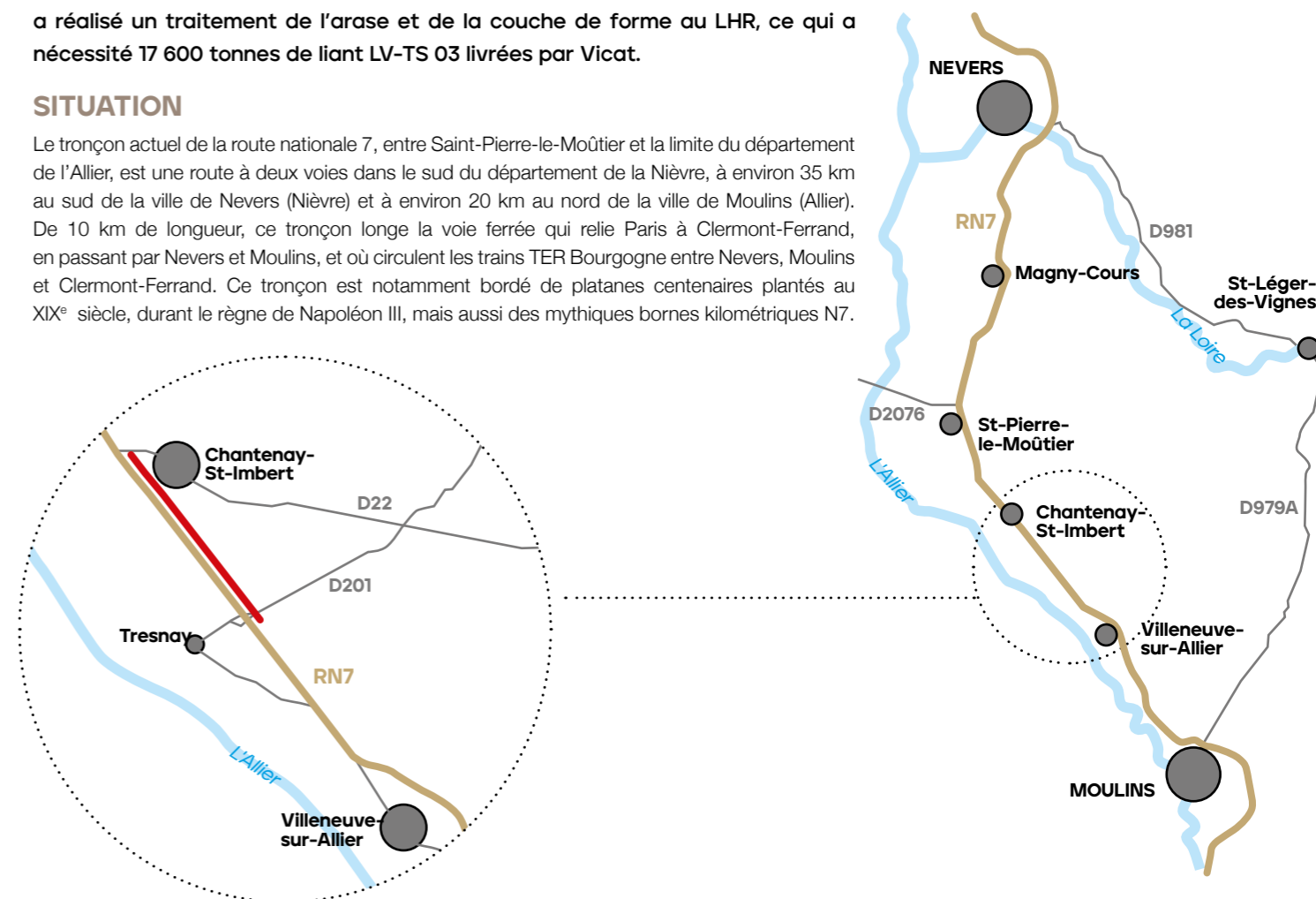
Le tronçon actuel de la route nationale 7, entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier, est une route à deux voies dans le sud du département de la Nièvre, à environ 35 km au sud de la ville de Nevers (Nièvre) et à environ 20 km au nord de la ville de Moulins (Allier). De 10 km de longueur, ce tronçon longe la voie ferrée qui relie Paris à Clermont-Ferrand, en passant par Nevers et Moulins, et où circulent les trains TER Bourgogne entre Nevers, Moulins et Clermont-Ferrand. Ce tronçon est notamment bordé de platanes centenaires plantés au XIX^e siècle, durant le règne de Napoléon III, mais aussi des mythiques bornes kilométriques N7.

← Photo d'ouverture.

RN7. Vue générale du chantier de mise en œuvre de la couche de forme traitée au liant LV-TS 03. À gauche, l'actuelle RN7, bordée de platanes, et, à droite, la ligne SNCF Paris-Clermont-Ferrand. (©Roger Martin)

↓ Figure 1.

Programme d'aménagement de la RN7 entre Nevers et Moulins, dont la section qui s'étend de Chantenay-Saint-Imbert à la limite du département de l'Allier.



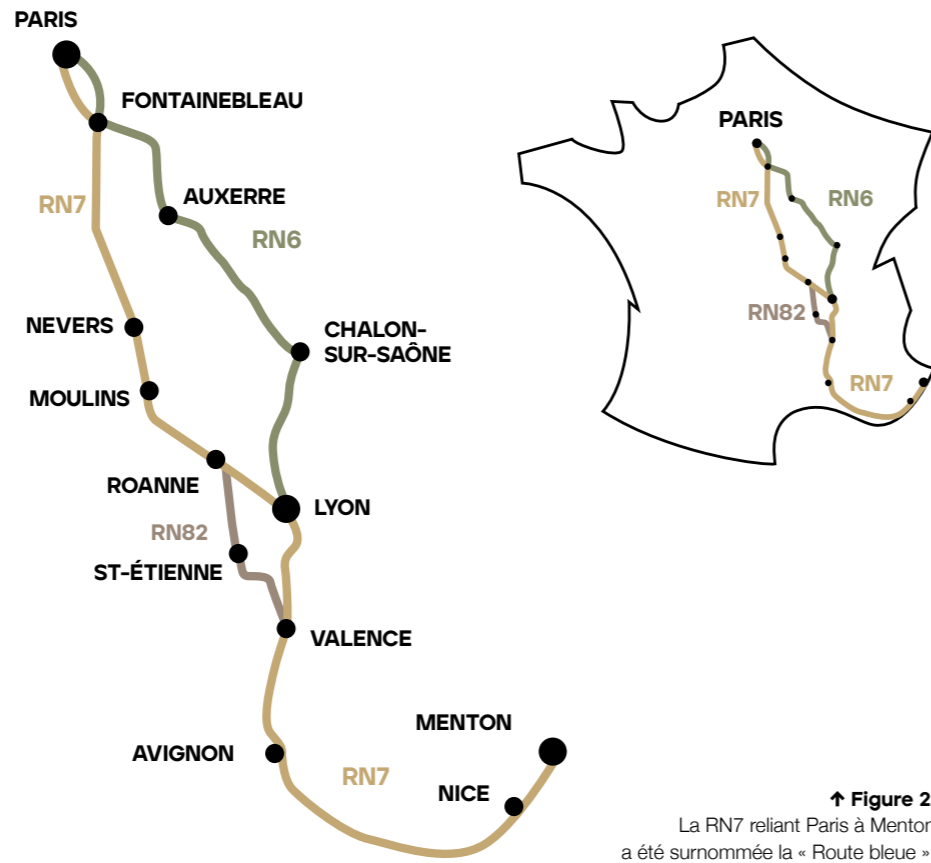
ROUTE NATIONALE 7

La RN7 est une route nationale française ayant relié, à son apogée, Paris à Menton, via l'ouest de la Bourgogne, le nord de l'Auvergne, la vallée du Rhône, le massif de l'Estérel et la Côte d'Azur. Construite sur le tracé d'une voie romaine partant de Lyon, la RN7 constitue aujourd'hui l'axe le plus chargé d'histoire.

Immortalisée par la chanson de Charles Trenet, la RN7 a résonné dans de nombreux foyers français comme le synonyme de départ en vacances. Reliant Paris à la Côte d'Azur, cette route mythique, longue de 996 km, est ponctuée de villes qui vivaient au rythme de ces fameux chassés-croisés de l'été. Elle est surnommée la « Route bleue » en raison de son statut d'itinéraire privilégié pour rejoindre la Côte d'Azur.

Cette route reliait des villes comme Paris, Fontainebleau, Briare, Nevers, Moulins, Lapalisse, Roanne, Lyon, Vienne, Valence, Orange, Avignon, Aix-en-Provence, Brignoles, Fréjus, Cannes, Nice et Menton.

Seuls 40 % du linéaire de la RN7 sont aujourd'hui maintenus. Les autres tronçons, rétrocédés aux départements à la suite du décret de 2006, ont été renommés et renumérotés. En souvenir de la route des vacances, nombre de départements ont cependant veillé à maintenir le chiffre 7 dans leur nouvelle numérotation.



↑ Figure 2.
La RN7 reliant Paris à Menton a été surnommée la « Route bleue ».

ÉTAT DES LIEUX

La RN7 traverse la Nièvre du nord au sud, sur une longueur de 120 km. Elle a été mise à 2 x 2 voies sur la partie nord, dans le cadre de l'aménagement de l'autoroute A77 : celle-ci relie Poligny en Seine-et-Marne à Sermoise-sur-Loire au sud de Nevers, où elle est prolongée par la RN7. Récemment, la section entre Sermoise-sur-Loire et Moulins (Allier) a fait l'objet de travaux d'aménagement et de mise à 2 x 2 voies, réalisés en plusieurs phases :

- Tronçon entre Avermes et Moulins (4 km), mis en service en 2008 ;
- Tronçon entre la limite de l'Allier et Villeneuve-sur-Allier (5,5 km), mis en service en 2019 ;
- Tronçon entre Villeneuve-sur-Allier et Trévol (2 km), mis en service en 2021.

Pour achever la mise à 2 x 2 voies de la RN7 entre Nevers et Moulins, il reste les deux aménagements suivants :

- Tronçon entre Saint-Pierre-le-Moûtier (Nièvre) et la limite du département de l'Allier (10 km), en cours actuellement et qui sera mis en service fin 2025 ;
- Section entre Trévol et Avermes (2 km), non inscrite au contrat de plan État-Région (2023-2027). Travaux possibles dans le cadre du CPER (2028-2032).

C'est un axe routier structurant, emprunté par un trafic qui atteint 35 000 véhicules par jour, dont 35 % de poids lourds. En raison de cette circulation dense et continue, la RN7 était saturée et souffrait de beaucoup de ralentissements causant de la pollution, des impacts sur l'environnement, de la gêne aux usagers et des nuisances aux habitants.

C'est pourquoi les habitants des communes environnantes devaient s'armer de patience aux « stops » et prendre beaucoup de risques, avant de pouvoir s'engager sur la RN7. C'est donc un axe routier très chargé, mais aussi – et surtout – très accidentogène. Ces travaux constituent donc un enjeu important de sécurité routière.

« L'aménagement de la RN7 entre Saint-Pierre-le-Moûtier (Nièvre) et la limite du département de l'Allier est un projet très attendu par les habitants des communes, qui espèrent retrouver tranquillité et sécurité. Il y a donc un vrai intérêt public pour sa mise à 2 x 2 voies. En outre, elle doit faciliter les échanges entre Nevers et la région parisienne, d'une part, et entre Nevers et Lyon ainsi qu'entre Nevers et Clermont-Ferrand, en passant par Moulins, d'autre part », explique Thibaud de Beaurouvre, chef de projet routier et multimodal à la Dreal Bourgogne-Franche-Comté (direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement).

PROJET

Ce tracé neuf à 2 x 2 voies relie Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier sur un linéaire de 10 km. Cette nouvelle voie aura le statut de route express RN7, où la vitesse sera limitée à 110 km/h.

Cet aménagement a été découpé en trois lots :

- Sécurisation de la déviation de Saint-Pierre-le-Moûtier (1986) en phase d'étude ;
- Mise à 2 x 2 voies entre Saint-Pierre-le-Moûtier et l'échangeur sud de Chantenay-Saint-Imbert (4,5 km), mise en service en décembre 2022 ;
- Mise à 2 x 2 voies entre l'échangeur sud de Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier (5,5 km), en cours actuellement, mise en service fin 2025.

« Ce projet s'inscrit dans le programme d'aménagement de la RN7 entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier. Il a été déclaré d'utilité publique par décret en Conseil d'État du 20 septembre 1995 ; ensuite, la déclaration d'utilité publique (DUP) a été prorogée, par décret du 20 septembre 2000, jusqu'au 21 septembre 2005 », ajoute Thibaud de Beaurouvre.

Le coût global de cette opération s'élève à 93,55 M€. Inscrite aux contrats de plan État-Région 2015-2022 (79,55 M€) et 2023-2027 (14 M€), elle est cofinancée par l'État (70 %), la région Bourgogne-Franche-Comté (15 %) et le conseil départemental de la Nièvre (15 %).

Après les travaux de la RN7 entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier, il restera une dernière section à mettre à 2 x 2 voies pour finaliser l'aménagement de la RN7 entre Nevers et Moulins : celle située entre Trévol et Avermes (2 km) et dont les travaux devraient démarrer à partir de 2028.

Objectifs

Ce projet doit notamment permettre de :

- Améliorer la sécurité des riverains et des usagers et réduire le nombre d'accidents ;
- Diminuer le trafic de véhicules traversant les communes et redonner de la tranquillité aux habitants ;
- Fluidifier le trafic sur la RN7, en particulier aux heures de pointe ;
- Mieux connecter le département de la Nièvre aux autres territoires et faciliter les échanges ;
- Parachever la liaison rapide entre Paris, Nevers, Moulins et les autoroutes A79 et A89.

« L'objectif est de renforcer la sécurité des riverains et des usagers, d'améliorer les échanges entre le Bassin parisien, Nevers et Moulins, de desservir de manière fine et sécuritaire les territoires traversés, mais également d'améliorer les conditions de déplacement des usagers et de réduire la durée de parcours », précise Thibaud de Beaurouvre.

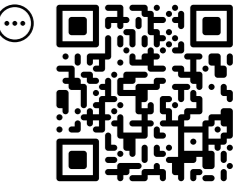
Études d'impact

L'impact environnemental d'un tel ouvrage n'est pas neutre, en particulier parce que le projet est de taille importante et qu'il est susceptible de créer un obstacle de plus pour les déplacements de la faune locale. Des études ont donc été effectuées afin d'évaluer les impacts du projet sur l'environnement et de mettre en œuvre la procédure ERC (éviter, réduire, compenser) : il s'agit de respecter la nature et les paysages, de maintenir les corridors écologiques, de réduire les impacts sur l'environnement pendant les travaux et durant l'exploitation de la route nationale.

« Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à prévoir des mesures compensatoires durant les travaux. Et celles-ci nous permettront d'assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux aménagés après la mise en service de la route », précise Thibaud de Beaurouvre.

Ces mesures compensatoires sont :

- Travaux de replantation d'arbres alignés pour remplacer les platanes qui longeaient la RN7 et qui ont été coupés à cause des travaux ;
- Travaux d'aménagement de zones humides pour remplacer celles dégradées par les travaux de terrassement ;
- Réalisation d'ouvrages pour assurer le déplacement de la petite faune ;
- Réalisation d'ouvrages hydrauliques intégrant des crapauducs ;
- Aménagement spécifique pour les chauves-souris ;
- Réalisation de bassins de rétention tout au long de la route, destinés à dépolluer les eaux de ruissellement.



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

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE L'OPÉRATION

La section à 2 x 2 voies entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier est longue de 10 km environ. Elle comporte :

- 1 échangeur ;
- 3 rétablissements routiers, dont le passage supérieur (PS) de la RN7 actuelle ; 2 PS et 1 passage inférieur (PI) ;
- 16 ouvrages hydrauliques (OH) ;
- 10 ouvrages pour le passage de la petite faune, via OH ;
- 1 ouvrage pour la ligne SNCF : ouvrage de rétablissement pour RD ;
- 2 viaducs de franchissement ;
- Dévoisement souterrain des réseaux AEP et de télécoms.

« Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à prévoir des mesures compensatoires durant les travaux. Et celles-ci nous permettront d'assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux aménagés après la mise en service de la route. »



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

Études techniques

Contexte hydrogéologique et géotechnique

Le tracé de la nouvelle RN7, entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier, se situe dans la plaine de l'Allier. Sur le plan géologique, celle-ci se caractérise par la prédominance de formations sableuses et argileuses du Tertiaire et de formations alluvionnaires plus récentes (constituées de sables et de graviers issus du lit majeur de l'Allier).

Sur le plan hydrologique, cette vallée se caractérise par l'abondance des nappes alluviales qui bordent l'Allier, entraînant parfois l'inondation des formations alluvionnaires environnantes.

Du fait de la proximité des cours d'eau et des nappes alluviales, les formations alluvionnaires – qui se trouvent sur le nouveau tracé de la RN7 – sont donc souvent inondées, ce qui, du point de vue géotechnique, les classe dans la catégorie des matériaux humides à très humides.

Solution de base de la maîtrise d'œuvre DIR Centre-Est

Du fait que le nouveau tracé s'insère entre l'ancienne RN7 et la plate-forme de la voie ferrée qui relie Paris à Clermont-Ferrand, en passant par Nevers et Moulins, la nouvelle RN7 devait être conçue avec un profil en long très contraint afin que le niveau final de la route soit compatible avec les ouvrages existants de l'ancienne RN7 et de la ligne SNCF.

Si l'on ajoute à cela que les matériaux alluvionnaires présents sur le tracé sont impropres à l'utilisation du fait de leur humidité excessive, la direction interdépartementale des routes Centre-Est (Dirce) s'est trouvée dans l'obligation d'envisager des terrassements avec un profil très rasant et beaucoup d'apports de matériaux nobles de carrière.

L'appel d'offres, qui autorisait les variantes, a été lancé par la Dirce avec la solution de base suivante :

- Décaissement des terres végétales, mises en dépôt provisoire pour être réutilisées sur le chantier ou majoritairement mises en dépôt définitif ;
- Décaissement très rasant des matériaux humides de l'assise de remblai ;
- Apport de matériaux granulaires 0/300 sur 80 cm d'épaisseur, pour remplacer les matériaux humides décaissés ;
- Remblais courants réalisés en matériaux du site et complétés par des matériaux d'apport, coiffés systématiquement par des matériaux 0/300 de carrière ;
- Apport de matériaux granulaires 0/150 sur 40 cm d'épaisseur, pour la confection de la couche de forme (CDF) ;
- Apport de matériaux granulaires 0/31,5 sur 10 cm d'épaisseur, pour fermer la surface de la CDF.

> Objectifs

Les objectifs visés par la Dirce sont :

- Optimiser les mouvements de sols et réduire au minimum les sols excédentaires ;
- Réduire le transport des matériaux ;
- Préserver le réseau routier environnant ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- Obtenir une plate-forme support de classe de portance PF3.

Le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN7 a été réalisé sur un terrain vierge, mais avec des contraintes topographiques et géotechniques.

Les travaux de terrassement ont donc engendré des mouvements de terre importants, avec un volume déplacé estimé de 2 350 000 m³ (1 500 000 m³ pour le lot entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Chantenay-Saint-Imbert et 850 000 m³ pour le lot entre Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier), chiffres intégrant la gestion des terres végétales (très excédentaires).

« *Soucieux de limiter les mises en décharge des sols excédentaires, nous nous sommes fixé l'objectif d'optimiser les mouvements de terre. Au lieu d'être évacués, ces matériaux devaient être stockés sur place puis réutilisés pour la confection d'ouvrages divers, tels que talus, merlons, modelés paysagers et remblais* », précise Stéphane Le Guilloux, chef de projet à la Dirce, service de l'ingénierie routière de Moulins-sur-Allier.

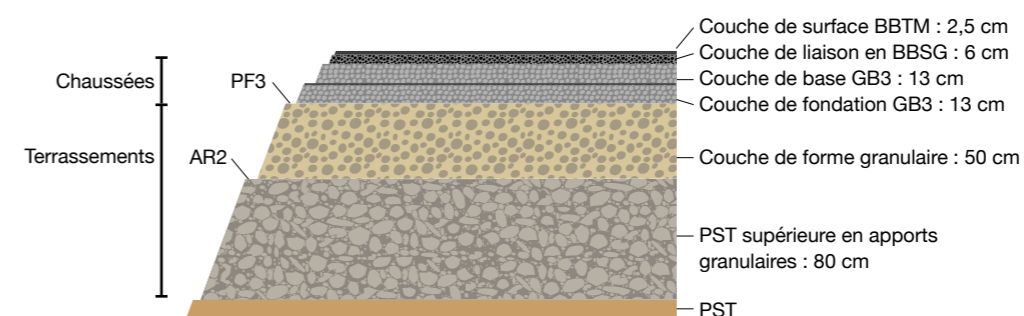
S'agissant d'un chantier de création de voies neuves de taille relativement importante (longueur de 10 km et superficie de 280 000 m² environ), les travaux de terrassement de la solution de base faisaient appel à l'utilisation exclusive d'apports granulaires.

« *Sur la base d'études préliminaires menées par la Dirce, l'appel d'offres prévoyait de faire appel à la technique des apports granulaires pour réaliser les remblais, améliorer les performances de l'arase et confectionner la couche de forme. La quantité de ressources granulaires nécessaires à la réalisation de ces travaux avait été estimée à environ un million de tonnes de granulats pour la seule section sud* », ajoute Stéphane Le Guilloux.

> Structure de chaussée de la solution de base

La chaussée avait été dimensionnée pour un trafic élevé T0+ et pour une plate-forme PF3. La structure de chaussée retenue dans l'appel d'offres était la suivante (cf. fig. 3) :

- Couche de surface en béton bitumineux très mince (BBTM) d'épaisseur 2,5 cm ;
- Couche de liaison en béton bitumineux semi-grenu (BBSG) de classe 3, d'épaisseur 6 cm ;
- Couche de base en grave-bitume 0/14, de classe GB3 et d'épaisseur 13 cm ;
- Couche de fondation en grave-bitume 0/14, de classe GB3 et d'épaisseur 13 cm.



← **Figure 3.**
Coupe en travers-type de la structure de chaussée de la solution de base du projet de mise à 2x2 voies de la RN7 entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier.

Attribution du marché

C'est un groupement d'entreprises, mené par Roger Martin, qui a été adjudicataire de la totalité des travaux de terrassement, d'assainissement et de chaussée. Ce groupement est constitué de Roger Martin, agence Grands Travaux (basée à Dijon), mandataire ; Merlot TP (basée dans la Nièvre, groupe Roger Martin) et Pass (basée dans l'Allier, pour les ouvrages linéaires en béton et les dispositifs de retenue). Les ouvrages d'art ont été réalisés par Roger Martin via sa filiale SNCTP sur le tronçon entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Chantenay-Saint-Imbert et par Bouygues sur le tronçon entre Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier.

La solution variante de Roger Martin

Les reconnaissances géotechniques et la recherche de gisements de matériaux

Une mission géotechnique G3 avait été effectuée par Roger Martin avant le démarrage du chantier. Des prélèvements sur le nouveau tracé ont été réalisés et les différents matériaux identifiés et classés conformément au *Guide des terrassements routiers* (GTR) (ancienne version) et à la norme NF P 11 300 (ancienne version). Ces matériaux (essentiellement de type B2, B3, B4 et B5) sont très humides, de classe « th » et en quantité insuffisante. Ces matériaux ont donc été décaissés, stockés sur site puis traités, si besoin, à la chaux pour être réutilisés dans des remblais courants.

Roger Martin a donc cherché et trouvé, dans l'enceinte de l'opération routière, des gisements de matériaux de classe B4/B5 suffisants et aptes à être valorisés par traitement avec un liant hydraulique routier (LHR).

Les études de traitement

Les études menées sur ces matériaux ont permis d'obtenir des performances plus élevées que prévu (PF4 au lieu de PF3).

Fort de ces résultats favorables, Roger Martin a proposé à la Dreal et à la Dirce une variante pour les travaux de terrassement, faisant appel à la technique de traitement des matériaux au LHR au lieu de la technique des apports granulaires. Ce qu'elles ont accepté, vu les avantages que cette première technique apporte au projet sur le plan environnemental et économique (pas de déchets, préservation des ressources granulaires estimées à un million de tonnes pour la seule section sud, réduction des transports).

« *Sur la base d'études préliminaires menées par la Dirce, l'appel d'offres prévoyait de faire appel à la technique des apports granulaires pour réaliser les remblais, améliorer les performances de l'arase et confectionner la couche de forme. La quantité de ressources granulaires nécessaires à la réalisation de ces travaux avait été estimée à environ un million de tonnes de granulats pour la seule section sud.* »

« En matière de déblais, nous n'avons rien évacué et tout réutilisé sur place. Au total, ce sont environ 400 000 m³ de matériaux qui ont été déplacés et réutilisés pour la construction de remblais en partie sud de l'opération. »

Les travaux de terrassement

Les travaux de terrassement de la solution variante ont ainsi comporté les opérations suivantes :

- Assise de remblai réalisée en matériaux argilo-limoneux A1-A2, rendus insensibles par traitement à la chaux et issus de terrassements à Saint-Pierre-le-Moûtier, tout au nord de l'opération ;
- Confection des corps des remblais ordinaires avec les matériaux (B2, B3, B4 et B5) présents sur le site et, si besoin, traitement à la chaux (dosage entre 0,5 et 1 %) ;
- Renforcement de la partie supérieure des terrassements (PST) avec les matériaux B4/B5 rapportés et traités avec 3 % de liant LV-TS 03, sur une épaisseur compactée de 30 cm, afin de passer d'une arase AR1 à une arase AR2 et surtout d'atteindre une arase peu gélive ;
- Traitement mixte de la CDF en matériaux rapportés B4/B5, avec 0,5 % de chaux suivis de 5 % de liant LV-TS 03, sur une épaisseur compactée de 35 cm, afin de conférer à la plate-forme support un niveau de portance élevé PF4 (EV2 ≥ 200 MPa, déflexion inférieure à 50/100^e de mm) et des performances mécaniques exceptionnelles de classe 4 au sens du *Guide de traitement des sols* (GTS) (zone 3 sur le diagramme de classification à 90 jours). Tous les matériaux déblayés (B2, B3, B4 et B5) ont été réutilisés.

« En matière de déblais, nous n'avons rien évacué et tout réutilisé sur place. Au total, ce sont environ 400 000 m³ de matériaux (C1A1, C1A2, B2, B3, B4 et B5) qui ont été déplacés et réutilisés pour la construction de remblais en partie sud de l'opération », indique Vincent Roux, directeur de travaux de l'agence Grands Travaux de Roger Martin.

Structure de la chaussée

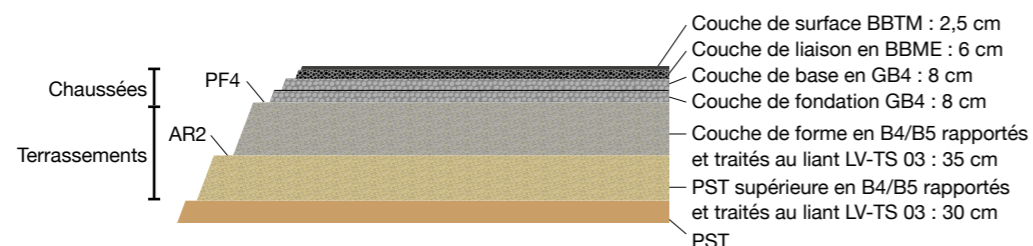
Les résultats favorables (PF4 au lieu de PF3) obtenus sur les matériaux B4/B5 traités au liant LV-TS 03, ont permis d'optimiser le dimensionnement et de proposer la structure de chaussée suivante (cf. fig. 4) :

- Une couche de surface en béton bitumineux très mince (BBTM), de classe 1 et d'épaisseur 2,5 cm ;
- Une couche de liaison en béton bitumineux à module élevé (BBME), de granulométrie 0/10 et d'épaisseur 6 cm, collée sur la couche de base ;
- Une couche de base en grave-bitume optimisée ORM (GB4), de granulométrie 0/14 et d'épaisseur 8 cm ;
- Une couche de fondation en grave-bitume optimisée ORM (GB4), de granulométrie 0/14 et d'épaisseur 8 cm .

« Le traitement des matériaux du complexe PST-CDF au liant hydraulique routier (ayant permis l'obtention d'une plate-forme support de portance PF4) et le choix qualitatif des matériaux d'assise (GB4 au lieu de GB3) ont eu pour conséquence une réduction importante (d'environ 30 %) des épaisseurs des couches d'assise hydrocarbonées par rapport à la solution de base, synonyme de réduction des coûts et des impacts sur l'environnement », ajoute Vincent Roux.

→ Figure 4.

Coupe en travers-type de la structure de chaussée retenue pour la mise à 2x2 voies de la RN7 entre Saint-Pierre-le-Moûtier et la limite du département de l'Allier.



Études d'exécution

Les études d'exécution ont été refaites, sans modifier le fil rouge du projet, pour prendre en compte les modifications apportées par le choix des matériaux et par la conception de la structure de chaussée (terrassements et assises).

Après l'accord de la Dreal et de la Dirce, une piste de chantier a été construite par Roger Martin afin d'acheminer les matériaux B4/B5 des gisements (dans le diffuseur de Chantenay) au chantier, situé à 4 km plus au sud.

Cette piste a été réalisée en utilisant des granulats de béton recyclés en provenance du chantier de reconstruction du contournement de Moulins. Elle a permis de transporter les matériaux en toute sécurité et sans créer de gêne aux usagers de la RN7, qui circulent sur une section bidirectionnelle.

RÉALISATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Phasage du chantier

Les travaux ont été réalisés selon le phasage suivant :

- Le premier tronçon entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Chantenay-Saint-Imbert (y compris les ouvrages d'art) a été exécuté par le groupement Roger Martin de mai 2020 à janvier 2023 (chaussée finie) ;
- Les ouvrages d'art du deuxième tronçon entre Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier ont été construits par Bouygues TPRF de mi-2023 à mi-2024 ;
- Pour le deuxième tronçon entre Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier, Roger Martin a reçu l'ordre de service de démarrer les travaux le 15 janvier 2024. Les travaux de terrassement se sont déroulés selon le calendrier suivant :
 - Terrassements généraux et réalisation des remblais : du 15 janvier à la fin août 2024 ;
 - Traitement de la PST au LV-TS 03 : d'août 2024 à février 2025 ;
 - Réalisation de la CDF et traitement au LV-TS 03 : d'octobre 2024 à avril 2025.

Travaux de terrassement généraux du tronçon de Chantenay-Saint-Imbert à la limite du département de l'Allier

En janvier 2024, les travaux de terrassement ont commencé par les opérations de décapage de la terre végétale et de mouvement des terres afin de modeler le terrain.

Si, sur la première section (Nord), des moyens de terrassement de grande masse ont pu être mis en œuvre (décapeuses et tracteurs pousseurs, pelle de 70 t et tombereaux rigides), la seconde section (Sud) a nécessité des moyens bien différents de par la spatialisation et l'accessibilité routière des différents gisements :

- Des limons-argileux A1/A2, extraits à Saint-Pierre-le-Moûtier à l'aide d'un atelier pelle, d'un transport routier en camion 8 x 4 et, à la marge, de semi-bennes ;
- Des calcaires argileux tendres C1 (C1A1/C1A2), des argiles (A2/A3), des sables (B2, B4, B5, B6), avec parfois des cailloutis (C1B5), extraits par des ateliers de pelles (type 50 t) et des tombereaux (de 30 t de charge utile) dans les déblais du chantier et l'emprunt connecté à la section courante à l'aide de la piste ;
- Des sables argileux et des argiles sableuses (B4/B5), extraits par des pelles de 50 t et acheminés par transport routier (tracteur benne et camion 8 x 4).

Grâce à une organisation spécifique et adaptée à ce chantier, tant humaine que matérielle, l'entreprise a pu constituer les remblais et les couches traitées en atteignant une moyenne de 3 500 m³ par jour et en tulant les différents ateliers.



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



De gauche à droite.

↑ Réalisation de la couche de forme. Acheminement des matériaux B4/B5 par camion et régalaie par la niveleuse. (©Roger Martin) ↑ La couche de forme en matériaux B4/B5 prête à recevoir les opérations de traitement. (©Roger Martin)



↑ Vue d'un atelier de traitement des matériaux en place au liant LV-TS 03. (©Joseph Abdo/ JA-Consulting)

NOTA :
TRAVAUX SOUS LES REMBLAIS

À certains endroits, où l'assise au droit des remblais s'est révélée instable, un traitement des matériaux sableux en place au LV-TS 03 a été réalisé (dosage entre 2,5 et 3 %) sur une épaisseur de 40 à 50 cm (suivant l'hétérogénéité).

Travaux de réalisation des remblais

Pour les remblais, il a été procédé en deux étapes :

> **La réalisation du corps du remblai (matériaux essentiellement B2, B3, B4 et B5)**

Il a fallu acheminer les matériaux sélectionnés et stockés sur site, puis les régaler par couches successives d'une épaisseur maximale de 40 cm. Après vérification de la teneur en eau, les couches ont été souvent traitées avec 1 % de chaux et compactées à l'aide d'un atelier constitué de plusieurs V5, avec un suivi vibratoire permanent lié à la présence de la voie SNCF, toute proche. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4.

Avant la réalisation de la PST des remblais, un contrôle de la portance a été effectué afin de s'assurer de l'obtention du niveau de portance visé, à savoir 35 MPa.

> **La réalisation de la PST des remblais**

Ce sont des matériaux (B4/B5), en provenance des gisements identifiés à proximité du site, qui ont été utilisés. Ils ont été acheminés et régalerés en une couche de 38 cm d'épaisseur. Après vérification et ajustement de la teneur en eau, cette couche a été traitée au LV-TS 03 (à raison de 3 %) et compactée à l'aide d'un atelier de compacteurs de type V5. L'objectif était d'atteindre une déflexion inférieure à 80/100^e de mm au passage d'un essieu chargé à 13 t.

Travaux de renforcement de l'arase en déblai (apport B4/B5 et traitement au LV-TS 03)

Pour renforcer l'arase en déblai, il a fallu, dans un premier temps, acheminer les matériaux B4/B5 préalablement sélectionnés sur le site d'extraction. Les matériaux ont été extraits à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tracteurs bennes et mis en œuvre à l'aide d'un bulldozer assisté par GPS, en une couche de 35 cm, pour une épaisseur finale de 30 cm, afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale.

Sur l'arase ainsi préparée, un épandeur de liant asservi avec contrôle pondéral a distribué le liant LV-TS 03 (à raison de 3 %). Puis un pulvimixeur Wirtgen a assuré le malaxage du liant avec le matériau rapporté.

« Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse-enfouisseuse », rappelle Vincent Roux.

L'opération de réglage a été faite au bulldozer guidé par GPS. Un compactage à l'aide de compacteurs de type V5 est venu finaliser le profil en long et en travers. Deux contrôles ont été effectués à ce stade :

- Le contrôle de la portance par mesure de la déflexion, qui doit être inférieure à 80/100 ;
- Le contrôle des profils par levés topographiques.

Travaux de mise en œuvre de la couche de forme

Sur le chantier, une fois l'arase traitée, la portance de la PST s'élevait à 80 MPa. Ensuite, pour réaliser la CDF, il a fallu acheminer les matériaux B4/B5 préalablement sélectionnés à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tracteurs bennes. Ces matériaux ont été mis en œuvre sur 38 cm, pour une épaisseur finale de 35 cm (bull assisté par GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale. Enfin, il y a eu préréglage avec une niveleuse guidée par station optique, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement.

« Cette phase est 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 durant la phase de réglage », explique Vincent Roux.

Cette opération a été suivie du traitement proprement dit, réalisé en deux temps :

- **Traitement du matériau à la chaux** : après épandage de la chaux à raison de 0,5 %, malaxage, préréglage fin et compactage à l'aide d'un compacteur V5, l'entreprise s'assure de la maîtrise de l'épaisseur de la CDF (38 cm).
- **Le traitement au liant LV-TS 03** : ces travaux ont démarré le 1^{er} avril 2025 dans de bonnes conditions météo (beau temps sec, température idéale, apparition statistique de gel peu probable). Le traitement s'est fait en plusieurs opérations successives :
 - **Humidification** : la teneur en eau du mélange a été contrôlée : si elle se révélait insuffisante, l'on procédait à son ajustement à l'aide d'une arroseuse-enfouisseuse ;
 - **Épandage** du liant LV-TS 03 (à raison de 5 %) à la surface du matériau à l'aide de deux épandeurs asservis avec contrôle pondéral ;



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



De gauche à droite et de haut en bas.

↑ Épandage du liant LV-TS 03. (©Roger Martin) ↑ Atelier de traitement constitué d'un épandeur de liant et d'un malaxeur. (©Roger Martin) ↑ Le malaxeur mélange intimement le liant épandu en surface avec le matériau B4/B5 et sur une profondeur de 38 cm. (©Roger Martin)



De gauche à droite et de haut en bas.

↑ Atelier de compactage de la couche de forme traitée en action. (©Joseph Abdo/JA-Consulting) ↑ Station robotisée pour le contrôle topographique. (©Joseph Abdo/JA-Consulting) ↑ Opération de réglage de la couche de forme. À droite, réglage grossier. À gauche, réglage fin. (©Joseph Abdo/JA-Consulting) ↑ La couche de forme a reçu son enduit de protection. (©Joseph Abdo/JA-Consulting)

- **Malaxage** du matériau et du liant sur une épaisseur de 38 cm à l'aide d'un malaxeur Wirtgen WR 240i ;
- **Régalage** : le matériau a été ensuite remis en forme à l'aide d'une niveleuse dotée de GPS ;
- **Compactage** : après régalage, deux types de compacteurs se sont chargés du compactage : le compacteur à billes V5 en quatre passes, puis le compacteur V3 en deux passes, afin d'atteindre l'objectif q3, et enfin le compacteur à pneus PS-500 en 16 à 18 passes pour assurer l'obtention d'une bonne fermeture du matériau en surface et donner un bel uni ;
- **Recoupe et réglage fin** à l'aide d'une niveleuse guidée et un atelier de type pelle sur pneus ou tracteur benne pour gérer l'excédent de matériaux. « Une niveleuse avec guidage à la station robotisée (d'une précision de 5 mm) effectue le réglage final par recoupe de la couche traitée pour obtenir un résultat au centimètre près. Il en résulte un très bon uni et un profil en long régulier », ajoute Vincent Roux.
- **Cure du matériau traité** : dès la fin du compactage, une cure à l'eau a été réalisée et éventuellement répétée, si besoin, en fonction des conditions météo. En fin de journée, un enduit monocouche prégravillonné a été appliqué pour protéger la CDF et pour assurer la bonne prise hydraulique du mélange. À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant un délai de vingt et un jours*, délai très sécuritaire permettant de garantir l'obtention de performances mécaniques élevées.

*NOTA

Le laboratoire de l'entreprise a autorisé la circulation des véhicules de chantier dès sept jours, échéance à laquelle le matériau a atteint une résistance à la compression $R_c = 1$ MPa. Mais, la planification du chantier le permettant, le conducteur des travaux a préféré viser une remise en circulation à vingt et un jours.

Contrôles

Les contrôles suivants ont été réalisés par le laboratoire de Roger Martin et par le Cerema d'Autun (contrôle extérieur) :

- Le contrôle de la teneur en eau naturelle du sol a été réalisé avant, pendant et après le traitement ;
- Le contrôle de l'épandage du liant s'est fait par pesées de bâches et celui des recouvrements à raison de trois ou quatre séries de trois mesures chacune par jour ;
- Pour le malaxage, le contrôle de la finesse de la mouture, de l'homogénéité et de la profondeur a été réalisé visuellement ;
- En ce qui concerne le compactage, l'objectif était q4 pour les PST et les remblais courants et q3 pour les CDF. Ces contrôles ont été réalisés à l'aide du pénétromètre dynamique léger à énergie variable Panda ;
- Les contrôles géométriques ont été effectués par levés topographiques sur tous les profils à l'aide d'une station totale robotisée.
- Les contrôles de déflexion de la PST à la poutre de Benkelman. Les résultats obtenus à quatorze jours montraient que le traitement était homogène et que le niveau de la déflexion sur la PST était excellent, largement inférieur à 80/100°, puisque la moyenne était à 40/100°. Pour la CDF, la déflexion moyenne, mesurée à soixante jours, était inférieure aux 50/100° de l'objectif.
- Contrôle de la vibration générée par les compacteurs à l'aide de capteurs de vibration pour mesurer en temps réel le dépassement des seuils autorisés par la SNCF (proximité de la ligne SNCF Paris – Clermont-Ferrand).



↑ Contrôle de compactage au pénétromètre dynamique léger à énergie variable Panda. (©Joseph Abdo/JA-Consulting)

DÉLAIS POUR LA REMISE EN CIRCULATION D'UNE COUCHE DE FORME TRAITÉE AVEC UN LIANT HYDRAULIQUE ROUTIER (LHR)

Il faut distinguer deux cas :

- Délai pour autoriser la circulation de chantier ;
- Délai pour la remise en circulation de la chaussée.

1. Délai pour autoriser la circulation de chantier sur une couche de forme (CDF) traitée

Ce délai dépend de la nature du trafic, de son intensité, des caractéristiques du matériau traité et de la portance du support. En France, conformément aux pratiques actuelles, une CDF traitée et protégée par un enduit gravillonné peut être circulée :

- Immédiatement par les véhicules légers, quelles que soient les caractéristiques du matériau de la chaussée et la qualité du support ;
- Au bout d'un délai de mûrissement par les poids lourds. Ce délai, nécessaire pour permettre la prise et le durcissement minimal du matériau traité, correspond à la durée au bout de laquelle la résistance à la compression du matériau traité atteint la valeur conventionnelle de 1 MPa (valeur fixée par REX et spécifiée dans le *Guide de traitement des sols* [GTS]).

Cette résistance à la compression de 1 MPa peut être atteinte au bout d'un délai qui varie en fonction de la nature du sol, de la nature du LHR ainsi que de son dosage et de la température ambiante au moment de la réalisation du chantier. En général, ce délai varie de un à dix jours.

2. Délai pour la remise en circulation d'une chaussée ayant une CDF traitée

On sous-entend une chaussée achevée, ayant fait l'objet d'une remise en état des dépendances (accotements, bermes, fossés) et ayant reçu sa couche de roulement et sa signalisation. Pour la remettre en circulation, y a-t-il un seuil de résistance à la compression à atteindre ?

La réponse est « non », et ce quel que soit le niveau du trafic escompté. Car le délai de mûrissement a déjà été observé avant la réalisation des couches d'assise et de

la couche de roulement. On peut, dès lors, se poser la question de l'incidence du délai de mûrissement observé sur la durée totale du chantier.

Rappelons qu'un chantier de ce type est, en principe, constitué de plusieurs opérations :

- Les travaux préparatoires, qui peuvent être plus ou moins complexes ;
- Les travaux de traitement en place de la CDF, qui comprennent une suite d'opérations à réaliser dans un ordre bien précis : épandage du liant, malaxage, nivelage, compactage et cure ;
- Les travaux de remise en état des dépendances, accotements, bermes et fossés ;
- La réalisation des couches d'assise (couche de fondation et couche de base) ;
- La réalisation de la couche de surface ;
- La signalisation horizontale et verticale.

L'entreprise se doit d'organiser et de planifier ces opérations afin de minimiser ou, mieux, d'annuler l'impact du délai de mûrissement sur la durée totale du chantier. S'il y a des travaux de remise en état des dépendances, l'entreprise pourra facilement effacer cet impact en mettant à profit la période de mûrissement pour réaliser des travaux sur les dépendances. En d'autres termes, le délai de mûrissement n'a pas d'incidence sur la durée totale du chantier.

De plus, de récents travaux et la capitalisation des REX des entreprises tendent à montrer que, contrairement aux idées reçues, les matériaux traités et compactés aux liants hydrauliques, disposant d'une stabilité minimale et reposant sur un support de bonne qualité, ne sont pas sujets aux dégradations de leurs performances mécaniques ou de leur durabilité associée, lorsqu'ils sont remis en trafic pendant leur prise/durcissement. En effet, la quasi-absence de déformation et, donc, de sollicitation liée à leur stabilité n'engendre pas de rupture des liaisons hydrauliques qui se forment continuellement grâce à la réaction hydraulique cimentaire.

BON À SAVOIR



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

17 600 TONNES DE LV-TS 03 LIVRÉES PAR VICAT

Le LHR mis en œuvre est le LV-TS 03, fabriqué par Vicat dans son usine locale de Créchy (Allier). « Ce liant est fabriqué à 60 km du chantier, essentiellement à base de clinker produit sur place. Il confère rapidement au matériau des performances mécaniques élevées qui permettent à l'entreprise d'optimiser son planning, tout en assurant un délai de maniabilité adapté aux travaux de terrassement et une émission de gaz à effet de serre maîtrisée », précise Bertrand Boilevin, responsable national des liants géotechniques chez Vicat.

Au total, ce sont 17 600 t qui ont été livrées pour l'ensemble du chantier de mise à 2 x 2 voies de la RN7 (7 100 t livrées en 2021 et en 2022 pour la section nord entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Chantenay-Saint-Imbert et 10 500 t livrées de juillet à septembre 2024 et du 31 mars au 30 avril 2025 pour la section sud entre Chantenay-Saint-Imbert et la limite du département de l'Allier). Les cadences de livraison ont été très variables selon l'avancée des travaux.

« Nous nous sommes ajustés aux contraintes de l'entreprise, notamment au démarrage, afin de l'accompagner dans une réalisation qualitative et exigeante. De plus, notre filiale de transport SATM a fait preuve de réactivité et de souplesse pour tenir systématiquement les cadences demandées par le chantier », ajoute David Quincaine, chargé d'affaires ciments et liants hydrauliques chez Vicat.

Pour l'année 2025, les livraisons du liant LV-TS 03 se sont concentrées sur cinq semaines (du 31 mars au 30 avril 2025). Cela a nécessité une organisation et une logistique appropriées pour livrer des quantités importantes de liant sur une période relativement courte.

« Concernant les livraisons, la période la plus intensive s'est concentrée sur le mois d'avril 2025, où, durant deux semaines, 4 000 tonnes de liant ont été livrées à raison de 400 t/j, ce qui représente 15 camions-citernes par jour », explique Paul Maury, responsable d'agence de SATM.

Cela sous-entend une logistique irréprochable : « En effet, la logistique a été un élément-clé de la réussite de ce chantier pour Vicat et SATM. La bonne communication entre les équipes de Roger Martin, la logistique et la cimenterie de Créchy a permis la fluidité des livraisons », concluent de concert David Quincaine, Bertrand Boilevin et Paul Maury.



→ Livraison du liant LV-TS 03 par SATM aux premières heures du jour. (©SATM)

BILAN

Malgré une année 2024 marquée par de nombreux jours de pluie successifs, le chantier s'est bien déroulé, et ce grâce à une bonne organisation et à la forte mobilisation des moyens humains et matériels de Roger Martin ainsi que de ses sous-traitants et fournisseurs. La solution technique de l'entreprise – qui a consisté à réaliser une plate-forme de haute qualité PF4 – a permis de gagner en coûts et en impacts environnementaux. Ce beau projet devrait être mis en circulation à la fin de l'année 2025.

« Pour moi, c'est une belle expérience que de mener un chantier avec un objectif de plate-forme de haute qualité PF4. Je suis heureux que cette opération se soit bien déroulée et satisfait du résultat. Je le dois à l'équipe de mise en œuvre (personnel de conduite d'engins, laboratoire et encadrants), mais aussi à la contribution efficace de tous les intervenants (Dreal Bourgogne-Franche-Comté, Dirce, fournisseurs, sous-traitants, contrôle extérieur du Cerema d'Autun...) », précise Vincent Roux.

De l'avis de tous, de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise, en passant par la maîtrise d'œuvre, le choix du traitement du sol avec un LHR a été bénéfique.

« Il a permis de valoriser les sols naturels disponibles à proximité du chantier et d'éviter l'apport de matériaux granulaires, de sorte que les coûts et les impacts du transport ont été abaissés. De plus, 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 durant les travaux, puis en raison de la mise en place de mesures compensatoires. Enfin, le tronçon de l'aménagement déjà réalisé et mis en service est tout à fait conforme à nos attentes et il satisfait parfaitement les habitants des communes concernées pour des raisons évidentes de sécurité et de confort. Les usagers sont aussi satisfaits », ajoute Thibaud de Beaurouvre.

En outre, le fait d'avoir opté pour une plate-forme support performante PF4 s'est révélé un choix pertinent sur les plans technique, économique et environnemental.

« Malgré les conditions météo difficiles de l'année 2024 (beaucoup de pluie) et les contraintes topographiques du tracé, je suis heureux de constater que le chantier s'est déroulé de façon convenable. Je suis satisfait du résultat, que l'on doit sûrement à la collaboration fructueuse entre les différents intervenants. En outre, le choix du traitement des sols au liant hydraulique routier s'est avéré pertinent, car il a permis de préserver les ressources granulaires, tout en générant des économies et en réduisant de beaucoup les impacts sur l'environnement. Mais, en contrepartie, il nécessite une maîtrise totale de la technique à tous les stades du projet : de la conception à la mise en œuvre, en passant par les études et les contrôles », conclut Stéphane Le Guilloux. ■

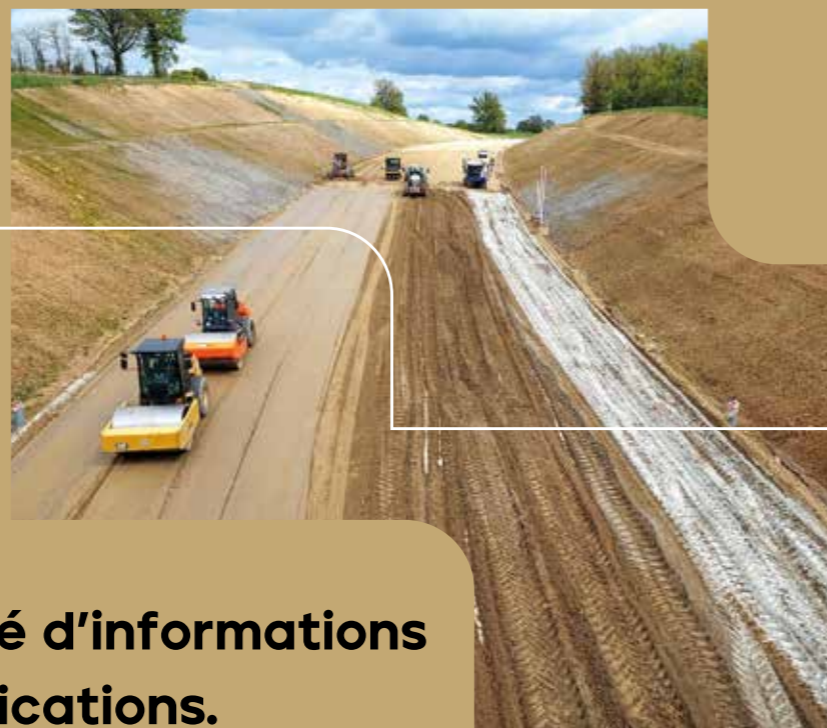
EN QUELQUES CHIFFRES

(Sections nord et sud réunies)

- > Longueur : 10 km
- > Déblais et emprunts : 1 522 000 m³
- > Remblais routiers et paysagers (merlons) : 1 187 000 m³
- > Modelés : 142 000 m³
- > Chaux : 11 800 t
- > Liant hydraulique routier : 17 600 t
- > PST traitée au liant : 94 000 m³
- > CDF traitée au liant : 99 000 m³

LIENS UTILES

- > Dreal Bourgogne-Franche-Comté
<https://www.bourgogne-franche-comte.developpement-durable.gouv.fr>
- > Dirce
<https://www.dirce.centre-est.developpement-durable.gouv.fr>
- > Roger Martin
<https://www.rogermartin.fr>
- > Vicat
<https://www.vicat.fr>
- > Infociments Route
<https://www.infociments.fr/route>



Infociments, le concentré d'informations 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, de **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 de notre documentation technique** (brochures, guides, vidéos et logiciels) disponibles facilement et gratuitement.

Votre site

Les actualités de la filière
 Une bibliographie technique
 Des publications références
 Des webinaires live et vidéos
 Des outils d'aide à la décision



Ensemble, accélérons
 la construction durable.

infociments.fr



Vidéos, Guides techniques, organisation
 de Journées techniques, découvrez les outils
 mis à votre disposition sur infociments.fr



#chantier #résilienceclimatique #bétonsdécoratifs #chaleur #gestiondel'eau #durabilité #désimperméabilisation
 #lotsdechaleur #ciments #albédoélevé #bétonrecyclé #harmoniebéton&nature

Routes info

- DOSSIER -

#42

Résilience urbaine

**Le béton, matériau-clé pour aménager
 de manière responsable
 en alliant harmonie et durabilité**

Photo d'ouverture.

Tramway à Marseille. Couplé à une trame verte, le béton « invisible » apporte toujours ses qualités structurantes et durables.

©Carrières et Bétons Bronzo Perasso

Résilience urbaine : le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité

Face au changement climatique, les villes doivent désormais repenser leurs infrastructures pour mieux résister aux épisodes de chaleur, aux pluies extrêmes et au vieillissement accéléré des aménagements urbains. Longtemps perçu comme un simple matériau structural, le béton évolue aujourd'hui vers des solutions plus durables, drainantes et adaptées aux nouveaux enjeux environnementaux. Ce dossier RI#42 revient sur le rôle croissant des bétons d'aménagement dans la construction de villes plus résilientes et plus confortables.

INTRODUCTION

Face à l'intensification des événements climatiques extrêmes, la résilience urbaine est devenue un enjeu majeur pour les collectivités et les aménageurs. Hausse des températures, sécheresses, pluies intenses ou vieillissement accéléré des infrastructures obligent désormais les villes à adapter leurs modes de conception et leurs matériaux. Longtemps associé à sa seule robustesse structurelle, le béton apparaît aujourd'hui comme un matériau capable de répondre à ces nouveaux défis grâce à l'évolution de ses propriétés techniques et environnementales. Bétons drainants, bétons clairs à albédo élevé, formulations bas carbone ou intégration de matériaux recyclés participent désormais à une approche plus durable de l'aménagement urbain.

COMPRENDRE LA RÉSILIENCE URBAINE

La résilience urbaine désigne la capacité d'une ville à anticiper les événements climatiques, à y résister puis à retrouver rapidement un fonctionnement normal. Avec l'urbanisation croissante et la densification des territoires, les villes concentrent aujourd'hui populations, activités économiques et infrastructures critiques. Elles sont donc particulièrement exposées aux conséquences du changement climatique.

Les infrastructures urbaines subissent déjà les effets des fortes chaleurs et des épisodes pluvieux extrêmes. Les canicules fragilisent certains matériaux routiers et accélèrent leur vieillissement, tandis que les inondations provoquent des dégradations importantes sur les réseaux de transport et les aménagements publics. Les phénomènes d'îlots de chaleur urbains constituent également un défi majeur. Dans les secteurs fortement minéralisés et peu végétalisés, les températures peuvent dépasser de plusieurs degrés celles observées dans les espaces naturels périphériques. Cette surchauffe est amplifiée par l'accumulation de surfaces sombres, l'imperméabilisation des sols et le manque de végétation.

LE RÔLE DU BÉTON DANS LA RÉSILIENCE URBAINE

Le béton est reconnu pour sa résistance aux intempéries et aux sollicitations mécaniques répétées. Correctement formulé et mis en œuvre, un ouvrage en béton possède une durée de vie particulièrement longue. Cette durabilité constitue un avantage important pour les infrastructures urbaines soumises à des usages intensifs et à des conditions climatiques sévères. Le béton présente également une rigidité mécanique élevée. Contrairement à certains matériaux plus sensibles à la chaleur, il conserve ses propriétés même lors d'épisodes caniculaires. Cette stabilité limite les phénomènes de déformation observés sur certaines voiries fortement sollicitées, notamment les voies de bus, les plateformes de tramway ou les zones de freinage intensif. Le développement des bétons drainants représente également une évolution importante dans l'aménagement urbain. Grâce à leur porosité, ces revêtements permettent l'infiltration rapide des eaux pluviales directement dans le sol. Ils réduisent ainsi le ruissellement de surface et participent à la limitation des risques d'inondation. Ces solutions contribuent également à la désimperméabilisation des villes et favorisent le maintien de l'humidité dans les sols. Leur structure poreuse limite aussi l'accumulation de chaleur et favorise l'évaporation de l'humidité résiduelle, participant ainsi au rafraîchissement de l'air ambiant pendant les périodes de forte chaleur.



CLARTÉ DES BÉTONS ET CONFORT URBAIN

Les matériaux cimentaires possèdent naturellement une teinte relativement claire. Cette clarté leur confère un albédo plus élevé que celui des surfaces bitumineuses sombres. L'albédo correspond à la capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire. Plus il est élevé, moins la surface absorbe de chaleur. Les bétons clairs limitent ainsi les montées en température des sols et réduisent la chaleur restituée dans l'environnement urbain, notamment durant la nuit. Ils participent ainsi à la réduction des îlots de chaleur urbains et à l'amélioration du confort thermique des habitants. Les approches les plus efficaces associent généralement matériaux clairs, végétation et dispositifs d'ombrage. Le béton n'est donc plus pensé comme un matériau opposé à la nature, mais comme un support complémentaire à la renaturation urbaine.

INNOVATIONS ET NOUVELLES GÉNÉRATIONS DE BÉTON

La réduction de l'empreinte carbone du béton constitue aujourd'hui un axe majeur de développement. De nouveaux ciments intègrent désormais des composants moins carbonés, comme le laitier de haut-fourneau, les fillers calcaires, les argiles calcinées ou encore les fines de béton recyclé. Ces formulations permettent de diminuer significativement les émissions de CO₂ liées à la fabrication du béton.

Les nouvelles technologies permettent également d'intégrer des capteurs directement dans les structures afin de surveiller la température, l'humidité ou certaines contraintes internes. Ces dispositifs facilitent l'anticipation des désordres et l'optimisation de la maintenance des ouvrages. Le développement du béton autoréparant ouvre aussi de nouvelles perspectives. Certaines formulations sont capables de limiter ou de combler automatiquement des microfissures afin d'empêcher la pénétration de l'eau ou des agents corrosifs.

CONCLUSION

Grâce à sa durabilité, sa résistance mécanique, ses propriétés drainantes et sa capacité à limiter les phénomènes de surchauffe, le béton joue aujourd'hui un rôle important dans les stratégies de résilience urbaine. L'évolution des formulations, l'intégration de matériaux recyclés et le développement de solutions bas carbone montrent également que ce matériau poursuit sa transformation afin de répondre aux nouvelles exigences environnementales. Associé à la végétalisation et à une approche plus globale de l'aménagement urbain, le béton apparaît désormais comme un levier technique capable de contribuer à la construction de villes plus durables, plus résilientes et mieux adaptées aux contraintes climatiques futures.

Le dossier thématique RI#42 (publié par Cimbéton en 2025) « *Résilience urbaine : le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité* » explore les enjeux de l'adaptation des villes face au changement climatique et met en lumière les solutions apportées par les bétons d'aménagement. Il aborde notamment la lutte contre les îlots de chaleur urbains, la gestion des eaux pluviales, les bétons drainants, les solutions à albédo élevé ainsi que les innovations bas carbone développées pour les infrastructures urbaines de demain.

↑ À Toulouse, béton désactivé clair résistant aux charges lourdes canalisées sous forte chaleur. ©Groupe Sols



Revêtements drainants / perméables
Baisse médiane de la température de l'air

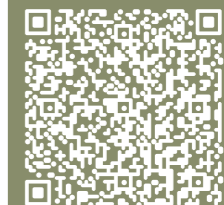
-2,1°C



Revêtements clairs
Baisse médiane de la température de l'air

-3°C

Routes info #42



retrouvez sur infociments.fr le dossier complet et ses 4 exemples de chantiers de villes résilientes grâce au béton



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

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 pour un ouvrage routier.



11 modules d'évaluation et/ou de comparaison

STRUCTURES ROUTIÈRES ET D'AMÉNAGEMENTS URBAINS

MODULE 1 - Structures de chaussées en béton avec fondation vs Structures avec couche de surface en matériaux bitumineux

MODULE 2 - Structures de chaussées en béton avec fondation vs Structures avec revêtement en produits modulaires (pavés et dalles en pierre naturelle ou préfabriqués en béton)

MODULE 3 - Structures de chaussées en béton sans fondation vs Structures avec couche de surface en matériaux bitumineux

MODULE 4 - Structures de chaussées en béton sans fondation vs Structures avec revêtement en produits modulaires (pavés et dalles en pierre naturelle ou préfabriqués en béton)

MODULE 5 - Structures en graves hydrauliques vs Structures en matériaux bitumineux

OUVRAGES DE SÉCURITÉ ET D'ASSAINISSEMENT

MODULE 6 - Dispositifs de retenue en béton vs Glissières métalliques

MODULE 7 - Ouvrages d'assainissement en béton coulé en place

DOMAINE DE LA VALORISATION DES MATÉRIAUX EN PLACE AUX LIANTS HYDRAULIQUES

MODULE 8 - Remblais : traitement vs Technique granulaire

MODULE 9 - Couche de forme : traitement vs Technique granulaire

MODULE 10 - Assises de chaussées : traitement du sol vs Structures avec couche de surface en matériaux bitumineux

MODULE 11 - Entretien structurel des chaussées : retraitement vs renforcement



Ensemble, accélérons
la construction durable.

[infociments.fr](https://www.infociments.fr)



Pour y accéder gratuitement :
<https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>
ou scannez ce QR Code.



#traitementdesol #plateformeperformante #valorisationdessols #optimisationglobale #durabilité #lianthydrauliqueroutier
#résilienceclimatique #constructiondurable #développementdurable #économie

Routes info

#43

- DOSSIER -

Valorisation des sols par traitement aux LHR

La solution pour des plateformes
de haute qualité, PF3 au minimum,
garantissant l'optimisation globale
et la durabilité de la chaussée

Valorisation des sols par traitement aux LHR : la solution pour des plateformes de haute qualité, PF3 au minimum, garantissant l'optimisation globale et la durabilité de la chaussée

Face à la raréfaction des ressources naturelles, à l'augmentation des coûts liés aux matériaux de construction et à leur transport et aux exigences environnementales croissantes, le traitement des sols aux liants hydrauliques s'impose progressivement comme une solution majeure pour la réalisation des infrastructures routières. Cette approche permet de valoriser les matériaux du site tout en optimisant et en améliorant durablement les performances des plateformes support de chaussée. Le dossier RI#43 analyse les enjeux techniques, économiques et environnementaux de cette méthode, devenue un levier important d'optimisation des projets d'infrastructures.

LE RÔLE DES PLATEFORMES SUPPORT DANS LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

La construction d'infrastructures routières, ferroviaires ou logistiques nécessite la réalisation préalable d'une plateforme support capable d'assurer la stabilité et la durabilité de la future chaussée. Cette plateforme doit garantir une portance suffisante, permettre un bon compactage des couches de chaussée et résister durablement aux sollicitations du trafic et aux conditions climatiques. La qualité de cette plateforme influence directement la durabilité globale de l'infrastructure. Traditionnellement, les plateformes étaient principalement réalisées à partir de matériaux granulaires issus de carrières. Mais cette approche se heurte aujourd'hui à plusieurs limites : raréfaction des ressources, augmentation des coûts de transport et contraintes environnementales croissantes. Dans ce contexte, le traitement des sols en place à la chaux ou aux liants hydrauliques routiers (LHR) apparaît comme une solution de plus en plus pertinente. Cette technique consiste à améliorer les propriétés mécaniques des sols naturels du chantier afin de les réutiliser directement dans la structure de l'infrastructure.

AMÉLIORER LA PORTANCE ET LA DURABILITÉ DES CHAUSSÉES

Le traitement des sols permet d'améliorer fortement la portance des plateformes support. Plus le niveau de portance est élevé, plus la structure de chaussée peut être optimisée. Les plateformes sont classées selon plusieurs niveaux de performance allant de PF1 à PF4. Les solutions granulaires classiques permettent généralement d'atteindre des niveaux PF2 ou PF2qs, tandis que les traitements aux liants hydrauliques permettent plus facilement d'obtenir des plateformes PF3, voire PF4. Une plateforme performante permet notamment de réduire l'épaisseur des couches supérieures de chaussée tout en améliorant leur comportement mécanique à long terme. Elle favorise également un meilleur compactage des couches d'assise grâce à un effet d'enclume qui améliore la qualité globale de l'ouvrage. Le traitement des sols réduit aussi la sensibilité des matériaux à l'eau (réduction de l'érosion) et améliore leur comportement face au gel, aux sécheresses et aux épisodes climatiques extrêmes. Les infrastructures deviennent ainsi plus résilientes face aux contraintes et aléas climatiques actuels.

UNE APPROCHE PLUS DURABLE DE LA CONSTRUCTION

Le traitement des sols répond également à des enjeux environnementaux majeurs. En valorisant les matériaux présents sur site, cette technique participe à la préservation des ressources naturelles non renouvelables notamment en réduisant fortement la consommation en granulats de carrière (en moyenne de 75%) ce qui réduit d'autant les volumes de déblais à évacuer. Cela entraîne une diminution importante des transports de matériaux (50-70%), une diminution des consommations en eau (15-20%) et énergétique (environ 10%). Concernant les émissions de gaz à effet de serre, l'impact pourra être limité (< 25%) voire équivalent à une solution tradition-

nelle granulaire en fonction notamment du type de liant utilisé¹. La solution de traitement devient particulièrement pertinente dans les régions où les ressources granulaires sont rares ou éloignées des chantiers. Le dossier souligne également l'évolution progressive des méthodes de conception routière. Pendant longtemps, la performance des infrastructures reposait principalement sur l'épaisseur des couches de chaussée. Aujourd'hui, la tendance consiste davantage à améliorer les performances de la plateforme support afin d'optimiser l'ensemble de la structure. Cette logique d'optimisation globale permet de réduire l'épaisseur des couches d'assise, et donc de limiter encore la consommation de matériaux nobles de l'infrastructure.

LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE TRAITEMENT

Plusieurs techniques de traitement existent selon la nature des sols et les objectifs recherchés. Le traitement à la chaux est traditionnellement utilisé pour améliorer certains sols argileux et réduire leur humidité, le traitement aux liants hydrauliques permet quant à lui d'obtenir des performances mécaniques plus élevées et plus rapides, notamment pour atteindre des plateformes PF3 ou PF4. Le choix de la solution dépend de nombreux paramètres : nature du sol, disponibilité des ressources locales, distance de transport, contraintes environnementales, coûts ou encore calendrier des travaux. Le dossier rappelle également que cette technique nécessite une forte maîtrise technique à toutes les étapes du projet : études géotechniques, formulation des liants, gestion de l'eau, réalisation des traitements et contrôle qualité. Le Guide de traitement des sols (GTS) et le Guide des terrassements routiers (GTR) encadrent aujourd'hui ces pratiques en France et constituent des références techniques majeures pour les maîtres d'ouvrage et les entreprises spécialisées.

VERS UNE OPTIMISATION GLOBALE DES INFRASTRUCTURES

L'optimisation des plateformes support peut générer des bénéfices importants. Même si le traitement des sols nécessite l'utilisation de liants spécifiques, les économies réalisées sur les matériaux d'assise, les transports et la gestion des déblais permettent souvent d'obtenir un bilan global économique favorable (30% en moyenne¹). Le dossier montre également que les plateformes PF3 sont désormais largement utilisées sur les infrastructures à fort trafic, tandis que les plateformes PF4 restent réservées aux projets les plus exigeants nécessitant une maîtrise technique particulièrement élevée. Au-delà des aspects purement techniques, le traitement des sols aux liants hydrauliques traduit une évolution plus large des pratiques d'aménagement : construire davantage à partir des ressources disponibles localement, limiter les impacts environnementaux et penser les infrastructures dans une logique de durabilité globale.

Le dossier thématique RI#43 publié par Cimbéton, « Valorisation des sols par traitement aux LHR : la solution pour des plateformes de haute qualité garantissant l'optimisation globale et la durabilité de la chaussée », détaille les principes techniques, économiques et environnementaux du traitement des sols en place pour les infrastructures routières et d'aménagement. Il présente les stratégies de conception des plateformes support, les enjeux de portance PF3 et PF4, les méthodes de dimensionnement ainsi que les bénéfices liés à la réduction des matériaux granulaires et des impacts environnementaux.



retrouvez sur infociments.fr le dossier complet et ses nombreux témoignages, retours d'expérience et points de vue.



1. Cf. étude comparative réalisée avec Perceval, SEVE-TP et Talhia Voirie dans le dossier Routes #43.

← Ci-contre.

RCEA/A79 entre Montmarault (03) et Digoïn (71). Eiffage Génie civil a réalisé une plateforme de haute qualité PF4 en améliorant la PST inférieure à la chaux, en renforçant la PST supérieure au liant Ligex M4 et en confectionnant une couche de forme traitée au même liant Ligex M4 de Heidelberg Materials (cf. Routes info #18). ©Eiffage



#Chantier #TraitementRemblai #TraitementArase #TraitementCoucheDeForme #PréserverLesRessourcesGranulaires
 #Valorisation #LiantHydrauliqueRoutier #PlateformeLogistique #PlateformeCommerciale #PlateformeIndustrielle

Routes info

#44

- CHANTIER -

Routes info #44
 Port de Limay-
 Porcheville
YVELINES (78)



Liant
hydraulique
routier



Recyclage
en place



Volume
matériaux
traités :
50 000 m³



Yvelines

Routes info #44 Chantier

Février 2026

©Cimbéton

Texte : Joseph Abdo
& Cédric Le Gouil

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Ingka, filiale d'Ikea

Maîtrise d'œuvre

Bureau d'études Edeis (Nantes)

Entreprise mandataire

Medinger & Fils

Fournisseur des LHR ROC AS et ROC TR

EQIOM

Entreprises de travaux cotraitantes

- Medinger & Fils : terrassements ; aménagements ; VRD ; voirie ; fondation des bâtiments
- Industrielle du béton (IB) : charpente et murs coupe-feu
- Mendes : dallage en béton à l'intérieur du bâtiment et sols en béton au droit des quais de chargement/déchargement
- NGE et Pinto : travaux de renforcement des sols par injection de coulis de ciment

Plateforme support performante pour un centre de distribution à haute qualité environnementale

← Photo d'ouverture.

Futur centre de distribution clients d'Ikea à Limay. ©Medinger & Fils

Un centre de distribution Ikea d'une superficie de 5,9 ha (59 000 m²) est en construction sur un terrain de 15 ha sis dans le port de Limay-Porcheville, à proximité de Mantes-la-Jolie (Yvelines). Il ouvrira ses portes à la fin de 2026. Une plateforme support traitée aux liants hydrauliques routiers ROC AS et ROC TR d'EQIOM, réalisée par Medinger & Fils, soutient le bâtiment et permet de créer les aménagements extérieurs ainsi que le réseau de voies lourdement circulées.

Un choix mûrement réfléchi, guidé par des préoccupations environnementales très actuelles à l'heure de la mobilisation mondiale pour le climat. Le maître d'ouvrage de l'opération affiche la volonté de faire de ce projet une réalisation remarquable sur le plan environnemental, avec deux objectifs : faible empreinte carbone et impacts environnementaux réduits, afin que le centre de distribution puisse obtenir, pour les bâtiments, le label Breeam « Very Good ». Le projet a été lancé avec un cahier des charges bien précis sur le plan environnemental.

1. SITUATION

Le nouveau centre de distribution clients d'Ikea est en cours de construction dans le port de Limay. À une soixantaine de kilomètres à l'ouest de Paris, la commune de Limay bénéficie d'une position stratégique à proximité immédiate de l'autoroute A13 et au bord de la Seine, ce qui lui permet de rayonner, d'une part, sur l'Île-de-France et, d'autre part, vers l'Ouest. En effet, l'A13 assure la liaison entre Paris et Caen, en passant à proximité de Rouen, et se connecte avec les autoroutes A28 (Abbeville-Tours) et A29 (reliant l'A13 à hauteur de Beuzeville à l'A26 à hauteur de Saint-Quentin). Situé sur la Seine, le port de Limay permet de relier le centre de distribution soit à Paris, soit à l'Ouest et au Havre par voie navigable.

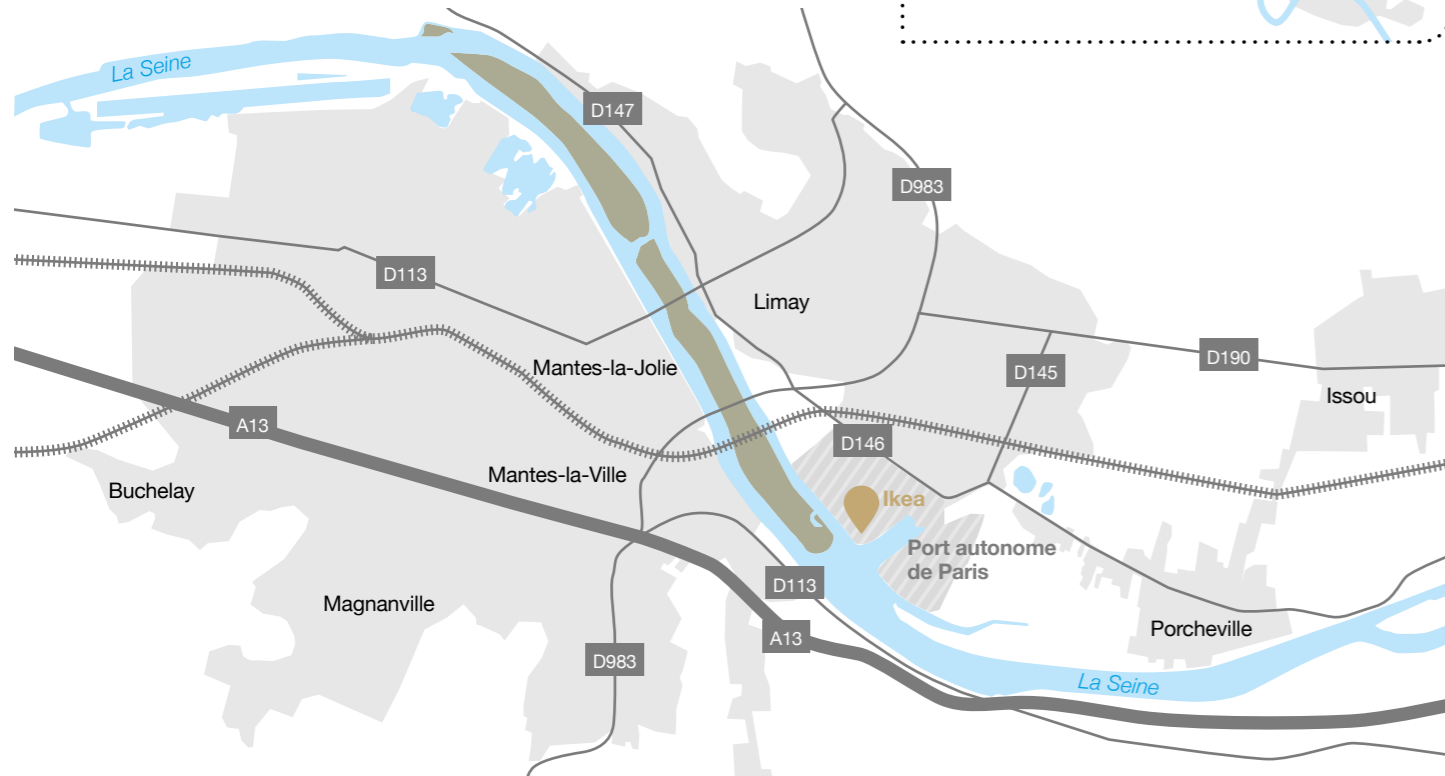
2. ÉTAT DES LIEUX

Face à l'évolution des habitudes des consommateurs, qui font de plus en plus leurs achats *via* Internet, Ikea France se devait de créer des centres de distribution clients. En novembre 2024, la marque a lancé la construction d'un centre important dans le port de Limay-Porcheville, dans le département des Yvelines, afin d'assurer la diffusion de ses produits en région parisienne et dans l'Ouest.

Le choix du port de Limay n'est pas le fruit du hasard. Ikea France mise en effet sur le transport fluvial pour acheminer ses marchandises et ce port lui offre un accès direct à la Seine. Ce nouveau centre de distribution favorise une logistique plus flexible, adaptée aux enjeux de la distribution urbaine et durable – et, surtout, réduisant son empreinte carbone.

→ **Figure 1.**
Plan de situation du projet de centre de distribution clients d'Ikea.

↓ **Figure 2.**
Le futur centre de distribution clients d'Ikea bénéficie d'un accès direct au transport fluvial via le port de Limay et au transport autoroutier via l'A13.



CENTRE DE DISTRIBUTION CLIENTS

Un centre de distribution clients a pour but de gérer le flux de marchandises depuis le fabricant ou le fournisseur jusqu'au client final ou aux magasins de détail. Il est en général situé à proximité des principaux pôles de transport, tels que les ports, les aéroports, les gares et surtout les grands axes routiers, facilitant ainsi la circulation des marchandises.

Ikea, avec un modèle en étoile, utilise les centres de distribution comme plateformes et les entrepôts régionaux, plus petits, comme antennes. Cette structure lui permet d'améliorer la gestion des transports et des stocks, garantissant une livraison rapide des produits en magasin.

3. PROJET

3.1. Site

Le site sur lequel est construit le projet Ikea est une ancienne aire de stockage de véhicules d'occasion PSA, dont la superficie s'élève à 15 ha. La plateforme existante, constituée d'une structure en matériau bitumineux posé sur le terrain naturel, est à la même cote que les parcelles et infrastructures environnantes. La nouvelle plateforme Ikea a été conçue en tenant compte des contraintes topographiques et géotechniques du site et en vue d'optimiser les mouvements des sols et des matériaux durant les travaux de terrassement.

3.2. Conception

Le projet est composé d'un bâtiment logistique d'une superficie totale de 59 000 m² et dont la livraison est prévue à la fin du second semestre 2026. Les entrepôts seront construits aux meilleurs standards techniques et environnementaux, la biodiversité faisant partie intégrante de la conception du projet. Cette plateforme logistique comprendra donc :

- 59 000 m² de plateforme bâtiment, dont des zones de stockage statique (racks traditionnels) et des zones de stockage dynamique (transstockeurs, racks HDP), des bureaux ainsi que des locaux d'exploitation et sociaux ;
- 65 quais de chargement/déchargement ;
- 25 500 m² de voies lourdes ;
- 12 000 m² de voies légères ;
- 10 500 m² de revêtement en béton pour les quais de chargement/déchargement ;
- Trois zones de stationnement de poids lourds pour un total de 91 emplacements, dont une vingtaine pour poids lourds électriques ;
- Trois zones de stationnement de véhicules légers comportant au total 593 emplacements, y compris une quinzaine de places PMR et environ 65 places pour des voitures électriques ;
- 5 km d'assainissement et 17 km de réseaux divers.

3.3. Objectifs

Dans un contexte d'accélération du e-commerce, les objectifs d'Ikea sont de :

- Renforcer ses capacités de préparation de commandes, de stockage et de livraison ;
- Livrer plus de clients parisiens via le fluvial et en véhicules électriques ;
- Renforcer les capacités de livraison à domicile de ses clients de Paris, d'Île-de-France et de l'ouest de la France grâce à sa proximité avec la Seine ;
- Soutenir ses ambitions en matière de livraisons durables dans l'objectif de livrer plus de 90 % de ses clients en zéro émission d'ici 2028 ;
- Réduire les impacts environnementaux et, en particulier, l'empreinte carbone de ses activités.

3.4. Les exigences techniques et environnementales

Le maître d'ouvrage a fait le choix d'un aménagement de haute qualité technique et environnementale, qui soit adapté aux exigences de la logistique :

- Une zone parfaitement sécurisée ;
- Des infrastructures adaptées avec des voies dimensionnées pour accueillir 164 poids lourds par jour et par sens et sur un parking sécurisé.

L'aménagement intègre aussi des exigences de développement respectueux de l'environnement et en particulier :

- La réduction de l'empreinte environnementale liée à la construction du bâtiment pour garantir l'obtention de la certification Breeam « Very Good » ;
- La réduction de l'imperméabilisation des sols, avec 33 000 m² de terrain végétalisé et la plantation de 187 arbres ;
- La réduction des transports polluants grâce au transport fluvial. L'acheminement des matériaux excavés du chantier a permis de les revaloriser sur d'autres sites portuaires dédiés. 900 trajets en camion et autant d'émissions de CO₂ ont ainsi pu être évités. Au total, ce sont environ 30 000 t de matériaux de démolition qui ont été évacués par voie fluviale ;
- La conservation du patrimoine environnemental (en protégeant une espèce d'oiseau et une espèce végétale) ;
- Les économies d'énergie grâce à la mise en place de systèmes d'éclairage et de matériel à faible consommation énergétique ;
- Le recyclage des déchets de chantier, de démolition et de déconstruction ;
- Le fait de favoriser, dans la plupart des cas, les produits répertoriés dans la base de données Inies et dont les impacts environnementaux et sanitaires sont faibles ;
- L'économie des ressources naturelles.

« Toutes les places dédiées aux véhicules légers et aux poids lourds ainsi que tous les cheminements piétons (y compris depuis les parkings de poids lourds) sont balisés et éclairés pour permettre la circulation piétonne et sécuriser la zone de parking. En outre, le système d'éclairage a été conçu avec du matériel à faible consommation électrique afin de réduire l'empreinte carbone durant l'exploitation du site », précise Jacques Dupraz, directeur technique de Medinger & Fils.

4. ÉTUDES TECHNIQUES

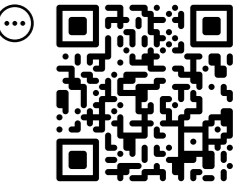
4.1. Contexte hydrogéologique et géotechnique

Le centre de distribution clients se situe dans la vallée de la Seine, sur la rive droite.

Sur le plan du relief géologique, le territoire communal forme un vaste amphithéâtre tourné vers la Seine au sud et adossé au plateau du Vexin. Il s'étage en trois niveaux du nord au sud : un plateau en pente douce entre 130 et 115 mètres d'altitude ; une partie de transition à la pente plus accentuée ; et la basse plaine alluviale entre 30 et 20 mètres d'altitude.

Le secteur géographique se caractérise par une importante diversité géologique avec de nombreux affleurements, tels que les craies du Crétacé, les argiles à silex, les limons des plateaux et des formations alluvionnaires plus récentes (constituées de sables et de graviers issus du lit majeur de la Seine).

Sur le plan hydrologique, cette vallée se caractérise par l'abondance des nappes alluviales qui bordent la Seine, entraînant parfois l'inondation des formations alluvionnaires qui se trouvent sur le site du nouveau centre Ikea. Du point de vue géotechnique, cela les classe dans la catégorie des matériaux humides à très humides.



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

« Toutes les places dédiées aux véhicules légers et aux poids lourds ainsi que tous les cheminements piétons sont balisés et éclairés pour permettre la circulation piétonne et sécuriser la zone de parking. En outre, le système d'éclairage a été conçu avec du matériel à faible consommation électrique afin de réduire l'empreinte carbone durant l'exploitation du site. »



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

4.2. Solution de base du bureau d'études Edeis

4.2.1. Plateforme support en matériaux granulaires

Compte tenu de ce contexte, le centre de distribution clients d'Ikea devait être conçu de façon que le niveau final soit compatible avec les ouvrages existants. Et les matériaux alluvionnaires présents sur le site étaient impropres à l'utilisation du fait de leur humidité excessive. Le bureau d'études Edeis s'est donc trouvé dans l'obligation d'envisager des terrassements avec un profil très rasant et d'apporter des matériaux nobles de carrière. L'appel d'offres, qui autorisait les variantes, a été lancé avec la solution de base suivante :

- Décaissement des matériaux bitumineux existants et évacuation vers une plateforme de valorisation et de recyclage ;
- Décaissement très rasant des matériaux humides de l'assise existante et stockage sur le site afin d'être réutilisés ;
- Apport de matériaux granulaires pour reconstituer la plateforme support.

Les objectifs visés par le bureau d'études sont de :

- Optimiser le transport des matériaux ;
- Privilégier les moyens peu polluants pour le transport des matériaux (transport fluvial) ;
- Préserver le réseau routier environnant ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) ;
- Obtenir une plateforme support de classe de portance minimale PF2.

S'agissant d'un chantier de création d'une plateforme industrielle, les travaux de terrassement de la solution de base faisaient appel à l'utilisation exclusive d'apports granulaires.

« Sur la base d'études préliminaires menées par le bureau d'études Edeis, l'appel d'offres prévoyait de faire appel à la technique des apports granulaires pour réaliser l'ensemble de l'ouvrage (sous le bâtiment, les voiries, les parkings et les aires de quai et de béquillage). La quantité de ressources granulaires nécessaires a été estimée à environ 200 000 tonnes de granulats », précise Valentin Vrain, directeur du développement chez Medinger & Fils.

4.2.2. Structures

« Compte tenu des performances escomptées de la plateforme support en matériaux granulaires et de la zone d'aménagement visée, les structures ont été dimensionnées en fonction de la nature et de l'intensité de la charge », précise Valentin Vrain.

Dans l'appel d'offres, quatre coupes en travers-type sont données (cf. fig. 3, 4, 5 et 6) :

> Pour la zone réservée à la construction du bâtiment (fig. 3)

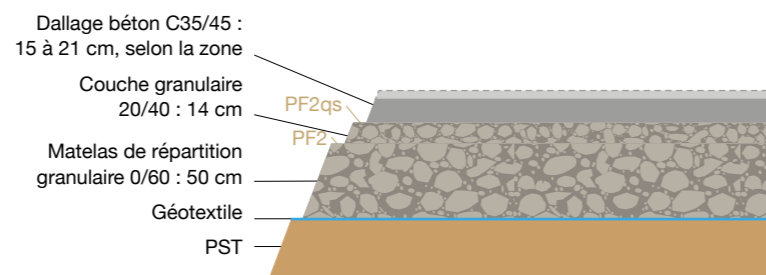
Sous le bâtiment logistique, la plateforme support est dimensionnée pour supporter une charge au sol variant selon la zone (de 0,5 à 3 t/m²). Le dispositif préconisé pour les fondations se compose donc d'inclusions rigides en béton non armé, ancrées dans la formation crayeuse, et d'un matelas de répartition granulaire 0/60 mm, d'épaisseur 50 cm, posé sur un géotextile. L'objectif visé est une plateforme support PF2, de portance minimale 50 MPa.

La structure à l'intérieur du bâtiment est composée (de bas en haut) :

- D'un géotextile ;
- D'un matelas de répartition granulaire 0/60 mm, d'épaisseur 50 cm, permettant de réaliser les inclusions rigides ;
- D'une couche granulaire 20/40 mm, d'épaisseur 14 cm, permettant d'augmenter la portance de la plateforme de PF2 à PF2qs, soit 80 MPa au minimum ;
- D'un dallage en béton de classe C35/45, d'épaisseur variant entre 15 et 21 cm, selon la zone.

→ Figure 3.

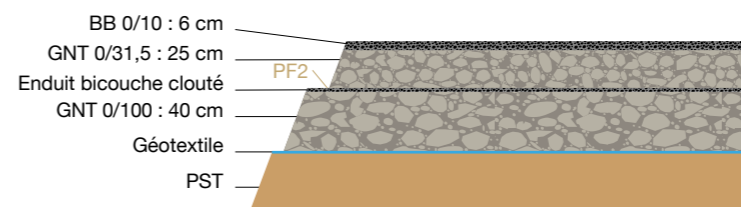
Coupe en travers-type de la structure du dallage à l'intérieur du bâtiment.



> Pour la zone réservée aux aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds (fig. 4)

La structure proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'un géotextile ;
- D'une couche de forme (CDF) en matériaux granulaires 0/100 mm recyclés, d'épaisseur 40 cm ;
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF, associé à une couche d'accrochage pour assurer le collage à l'interface entre la CDF et la structure de chaussée ;
- D'une assise en grave non traitée de classe A, de granulométrie 0/31,5 mm et d'épaisseur 25 cm ;
- D'une couche de surface en béton bitumineux BB 0/10 mm, d'épaisseur 6 cm.



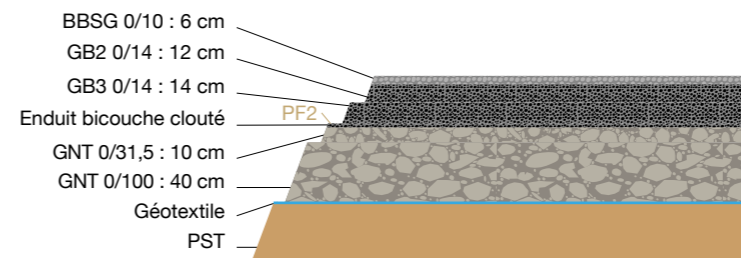
← Figure 4.

Coupe en travers-type de la structure des aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds.

> Pour la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (fig. 5)

La structure proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'un géotextile ;
- D'une CDF constituée :
 - D'une couche en grave non traitée 0/100 mm, d'épaisseur 40 cm ;
 - D'une couche en grave non traitée 0/31,5 mm, d'épaisseur 10 cm.
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF, associé à une couche d'accrochage pour assurer le collage à l'interface entre la CDF et la structure de chaussée ;
- D'une couche de fondation en grave-bitume de classe GB3, 0/14 mm, d'épaisseur 14 cm ;
- D'une couche de base en grave-bitume de classe GB2, 0/14 mm, d'épaisseur 12 cm ;
- D'une couche de surface en béton bitumineux semi-grenu BBSG 0/10 mm, de classe 3 et d'épaisseur 6 cm.



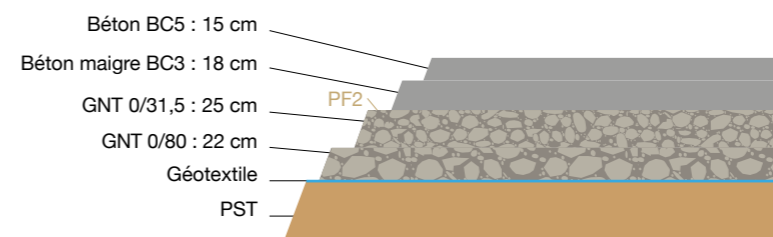
← Figure 5.

Coupe en travers-type de la structure des aménagements extérieurs réservés à la circulation et au stationnement des poids lourds.

> Pour la zone de béquillage en béton (fig. 6)

La structure proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'un géotextile ;
- D'une CDF constituée :
 - D'une couche en grave non traitée 0/80 mm, d'épaisseur 22 cm ;
 - D'une couche en grave non traitée 0/31,5 mm, d'épaisseur 25 cm.
- D'une couche de fondation en béton maigre de classe BC3, d'épaisseur 18 cm ;
- D'un revêtement en béton, de classe BC5, d'épaisseur 15 cm.



← Figure 6.

Coupe en travers-type de la structure des zones de béquillage.



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

4.3. Attribution du marché

C'est un groupement d'entreprises mené par Medinger & Fils qui a été adjudicataire de la totalité des travaux de gros œuvre des bâtiments, de génie civil et de voirie. Il est constitué de :

- Medinger & Fils, mandataire chargé des travaux de terrassement, d'assainissement, de fondation des bâtiments, de génie civil et de voirie ;
- NGE et Pinto pour le renforcement du sol par injection de coulis formulés avec un ciment à empreinte carbone réduite CEM III ;
- Industrielle du béton (IB), cotraitant chargé de la construction de la charpente en béton et des murs coupe-feu en béton ;
- Mendes, cotraitant chargé de la réalisation des revêtements en béton dans les zones de béquillage et du dallage en béton à l'intérieur du bâtiment.

4.4. Solution variante de l'entreprise

4.4.1. Les reconnaissances géotechniques et la recherche de gisements de matériaux

Dans le cadre de leur mission de suivi géotechnique G3, des sondages avaient été effectués par Medinger & Fils avant le démarrage du chantier. Des prélèvements sur le site ont été réalisés et les différents matériaux identifiés et classés conformément au *Guide des terrassements routiers* (GTR) (version 2023) et à la nouvelle norme NF P 11 300. Ces matériaux, essentiellement de type F1 (ancienne classe A1), I1 (ancienne classe B5) et I2 (ancienne classe B6), sont très humides, de classe « th » et en quantité suffisante. Comme il est prévu de réaliser des mouvements de terre, des bassins de décantation et des zones humides, l'idée a été donc de stocker ces sols sur site, les traiter à la chaux puis au liant hydraulique routier (LHR), afin de les utiliser pour confectionner les couches de forme des différents usages dans l'enceinte de l'opération.

4.4.2. Les études de traitement

Les études de traitement sur le matériau – obtenu par mélange des sols du site F1 (A1), I1 (B5) et I2 (B6) – menées conformément au protocole des essais accélérés (cf. « Note d'information » de l'IDRRIM, n° 52, septembre 2024) montrent que le matériau est apte au traitement mixte (chaux puis LHR) et que les performances mécaniques, mesurées à quatorze jours et à la température de 40 °C, sont relativement élevées (Rit = 0,35 MPa ; E = 4 250 MPa).

« La stratégie, imaginée dès les études préalables, a consisté à optimiser les performances de la plateforme support en traitant le matériau du site avec un liant hydraulique routier adapté afin de réduire l'utilisation des ressources naturelles nobles dans les couches d'assise », commente Julien Le Bel, responsable du laboratoire Medinger & Fils.

Le matériau obtenu par mélange des trois sols (dans des proportions correspondant à la situation réelle du chantier) a fait l'objet d'une étude de formulation de niveau 2 avec l'objectif de créer :

- Une plateforme support de classe PF3 pour le support sous bâtiment, les aménagements extérieurs non circulés et la voirie circulée ;
- Un matériau traité de classe mécanique 5 (zone 4 du diagramme de classification des sols traités).

Les études menées sur ces matériaux ont permis d'envisager l'obtention de performances élevées sur la plateforme support (portance minimale PF3). Forte de ces résultats favorables, Medinger & Fils a proposé au maître d'ouvrage Ingka et au bureau d'études Edeis une variante, pour les travaux de terrassement, faisant appel à la technique de traitement mixte des matériaux à la chaux puis au LHR ROC AS au lieu de la technique des apports granulaires. Ce qu'ils ont accepté, vu les avantages que cette technique apporte au projet sur le plan environnemental et économique (pas de déchets, préservation des ressources granulaires estimées à environ 200 000 t, réduction des transports, etc.).

4.4.3. Plateforme support traitée à la chaux (ou au liant ROC TR) et au liant ROC AS

Tous les matériaux générés par le mouvement des terres et par les excavations au droit des bassins de décantation ont été réutilisés sur site.

« En matière de déblais, nous n'avons rien évacué et tout réutilisé sur place. Au total, ce sont environ 100 000 m³ de matériaux F1 (A1), I1 (B5) et I2 (B6) qui ont été déplacés et réutilisés, après traitement à la chaux (ou, à défaut, au liant ROC TR) et au liant ROC AS, pour la confection des couches de forme dans les différentes applications sur le site. Cela vise à conférer à la plateforme support un niveau de portance élevé PF3 (EV2 ≥ 120 MPa) et des performances mécaniques de classe 5 selon le Guide de traitement des sols (zone 4 sur le diagramme de classification à 90 jours) », indique Valentin Vrain.

4.4.4. Structures variantes

Les résultats favorables en matière de portance (≥ PF3) – obtenus sur les matériaux F1 (A1), I1 (B5) et I2 (B6) traités à la chaux (ou au liant ROC TR) puis au liant ROC AS – ont permis de proposer, pour chaque zone, une structure de chaussée optimisée à la fois sur le plan économique et sur le plan environnemental.

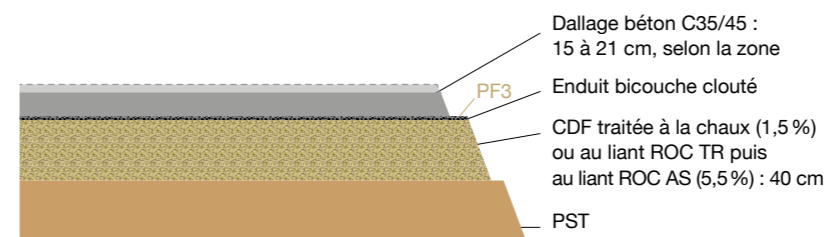
« Compte tenu des performances escomptées de la plateforme support et en fonction de la zone d'aménagement visée, les structures de chaussée ont été dimensionnées à l'aide du logiciel Alizé, dont les coupes en travers-type sont données ci-après », précise Julien Le Bel.

> Structure variante pour la zone réservée à la construction du bâtiment (fig. 7)

Sous le bâtiment, le principe de la solution optimisée est de remplacer le matelas de répartition en matériaux granulaires par une CDF traitée tout d'abord à la chaux (1,5 %) ou au liant ROC TR (2-3 %) (lorsque le traitement à la chaux ne donne pas rapidement les performances exigées), puis, après réalisation des inclusions rigides, au liant ROC AS (5,5 %). Les dosages ont été déterminés pour obtenir une portance de classe PF3.

La structure à l'intérieur du bâtiment est composée (de bas en haut) :

- D'une CDF traitée à la chaux (1,5 %) ou au liant ROC TR (2-3 %), d'épaisseur 40 cm, permettant d'obtenir une portance minimale de classe PF2. Après réalisation des inclusions rigides, traitement de la CDF au ROC AS (5,5 %) afin d'augmenter la portance de la plateforme de PF2 à PF3, soit 120 MPa au minimum ;
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF traitée ;
- D'un dallage en béton de classe C35/45, d'épaisseur variant entre 15 et 21 cm, selon la zone.



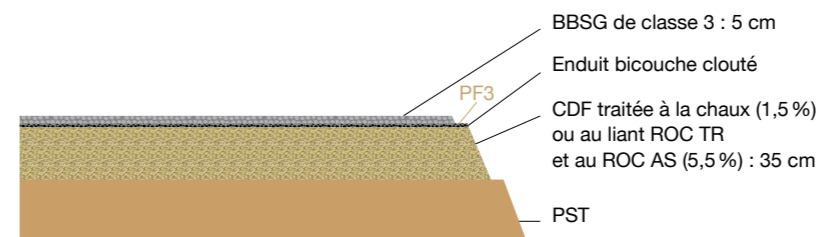
← Figure 7. Coupe en travers-type de la structure variante du dallage à l'intérieur du bâtiment.

En dehors du bâtiment, sur toute la surface du terrain à aménager, à savoir 50 000 m², la plateforme support a été conçue avec un complexe arase de terrassement-CDF performante en matériau traité à la chaux (ou, à défaut, au liant ROC TR) et au liant ROC AS, ce qui engendre une réduction des épaisseurs des structures de chaussée dans les différentes zones. Compte tenu de l'objectif visé, à savoir optimiser l'utilisation des matériaux nobles dans la structure de l'assise, la plateforme support est conçue pour avoir une portance élevée (au minimum PF3).

> Structure variante pour les aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds (fig. 8)

La structure variante proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'une CDF traitée à la chaux (1,5 %) ou, à défaut, au liant ROC TR (2-3 %) et au liant ROC AS (5,5 %), d'épaisseur 35 cm ;
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF traitée, associé à une couche d'accrochage pour assurer le collage à l'interface entre la CDF et la structure de chaussée ;
- D'une couche de surface en BBSG de classe 3, conforme à la NFP 98150-1, d'épaisseur 5 cm.



← Figure 8. Coupe en travers-type de la structure variante des aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds.



↑ Vue du laboratoire de Medinger & Fils. ©Medinger & Fils

INTÉRÊT DES LHR À FORTE TENEUR EN CHAUX PAR RAPPORT À LA CHAUX SEULE

Un LHR à dosage élevé en chaux, tel le liant ROC TR, offre plusieurs avantages par rapport à la chaux seule, notamment :

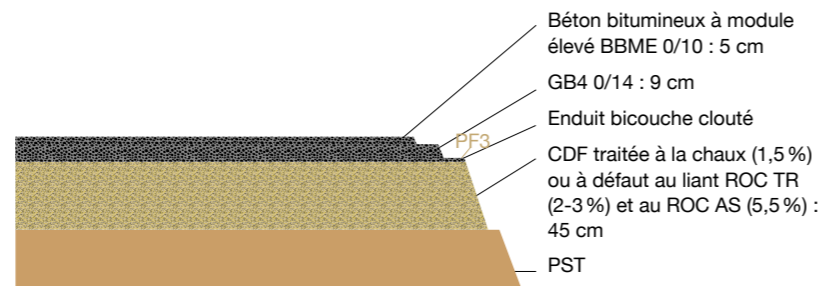
- Une cinétique de prise et de durcissement plus rapide ;
- Une meilleure résistance mécanique ;
- Une résistance plus élevée aux intempéries et donc une plus grande durabilité ;
- Une meilleure adaptabilité à différents types de sols ;
- Une plus faible empreinte carbone.

> **Structure variante pour la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (fig. 9)**

La structure variante proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'une CDF traitée à la chaux (1,5 %) ou, à défaut, au liant ROC TR (2-3 %) et au liant ROC AS (5,5 %), d'épaisseur 45 cm ;
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF traitée, associé à une couche d'accrochage pour assurer le collage à l'interface entre la CDF et la structure de chaussée ;
- D'une couche de fondation en grave-bitume de classe GB4, 0/14 mm, d'épaisseur 9 cm ;
- D'une couche de surface en béton bitumineux à module élevé BBME 0/10 mm, d'épaisseur 5 cm.

→ **Figure 9.**
Coupe en travers-type de la structure variante des aménagements extérieurs réservés à la circulation et au stationnement des poids lourds.

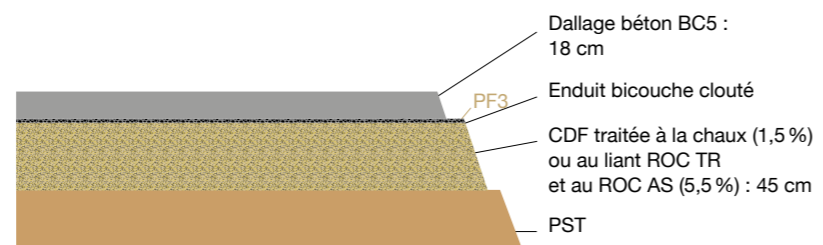


> **Structure variante pour la zone de béquillage en béton (fig. 10)**

La structure variante proposée pour cette zone est composée (de bas en haut) :

- D'une CDF traitée à la chaux (1,5 %) ou, à défaut, au liant ROC TR (2-3 %) et au liant ROC AS (5,5 %), d'épaisseur 45 cm ;
- D'un enduit bicouche clouté, qui assure la protection de la CDF traitée, associé à une couche d'accrochage pour assurer le collage à l'interface entre la CDF et la structure de chaussée ;
- D'un revêtement en béton, de classe BC5, d'épaisseur 18 cm.

→ **Figure 10.**
Coupe en travers-type de la structure variante des zones de béquillage.



Grâce à cette solution de traitement en place des sols aux liants ROC AS et ROC TR, on minimise l'apport de matériaux nobles et la création d'excédents à recycler ou à stocker. D'où un bénéfice écologique certain : moins d'extraction de granulats de carrières ; moins de nuisances dues au transport des granulats et des sols en camion.

« Par ses avantages économiques et environnementaux, qui permettent d'épargner les ressources en granulats issus des carrières, la technique de traitement des sols en place aux liants hydrauliques routiers se prête parfaitement à ce type de chantier et s'impose d'elle-même », précise Valentin Vrain.

« Le traitement des matériaux de la couche de forme au liant hydraulique routier (ayant permis l'obtention d'une plateforme support de portance PF3) et le choix qualitatif des matériaux d'assise (GB4 au lieu de GB3 et GB2 pour la voirie réservée aux poids lourds) ont eu pour conséquence une réduction importante des épaisseurs des couches d'assise hydrocarbonées par rapport à la solution de base (égale à 18 cm de matériaux bitumineux, soit 56 %), synonyme de réduction des coûts et des impacts sur l'environnement », ajoute Julien Le Bel.

« Par ses avantages économiques et environnementaux, qui permettent d'épargner les ressources en granulats issus des carrières, la technique de traitement des sols en place aux liants hydrauliques routiers se prête parfaitement à ce type de chantier et s'impose d'elle-même. »

5. MISE EN ŒUVRE

« Nous avons été attributaires du marché en octobre 2024 et nous avons commencé les travaux de terrassement en novembre 2024 », précise Jacques Dupraz.

Ce chantier, d'une superficie de 150 000 m², a nécessité de mener différentes opérations en parallèle ou échelonnées sur la période 2024-2026 :

> Travaux de démolition, de dépollution et de terrassement généraux

- Travaux de démolition menés par Medinger & Fils démolition (au quatrième trimestre 2024) : rabotage des matériaux bitumineux existant sur le site (15 000 t), transport (principalement par voie fluviale afin de minimiser les émissions de GES) et prise en charge par la centrale d'enrobés EVO de Bruyères-sur-Oise ;
- Travaux de dépollution du site (au premier semestre 2025) : excavation des sols pollués par les sulfates (45 000 t), transport par Mymat (principalement par voie fluviale) jusqu'à la plateforme de recyclage et de valorisation des terres polluées de Medinger & Fils, également installée sur le port de Bruyères-sur-Oise ;
- Travaux de terrassement généraux, de réseaux et d'assainissement (au premier semestre 2025).

> Travaux de traitement de la plateforme support au droit du bâtiment, de réalisation des fondations et de construction du bâtiment

- Réalisation de la plateforme support au droit du bâtiment, traitée en deux temps : à la chaux ou, à défaut, au liant ROC TR (2-3 %), puis au liant ROC AS, d'épaisseur 40 cm. Réalisation des fondations du bâtiment (de décembre 2024 à mai 2025) ;
- Réalisation de l'enduit de protection ;
- Construction du bâtiment et mise en œuvre du dallage en béton à l'intérieur du bâtiment (de juillet à décembre 2025).

> Travaux de traitement de la plateforme support pour les zones de circulation (voirie, parking, zone de béquillage)

- Réalisation de la CDF traitée, d'épaisseur 45 cm, pour les aménagements extérieurs circulés par les poids lourds (zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds ainsi que la zone de béquillage) (de mai à juillet 2025) ;
- Réalisation de l'enduit de protection ;
- Mise en œuvre de la couche de fondation en grave-bitume de classe 4, pour la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (de juin à juillet 2025) ;
- Réalisation de la CDF traitée pour les aménagements extérieurs non circulés par les poids lourds (35 cm) (à faire en seconde phase, début 2026) ;
- Réalisation de la couche de surface en BBSG, de classe 3, sur la zone réservée aux aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds et sur la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (à faire en seconde phase, début 2026).

5.1. Travaux de terrassement généraux, de réseaux et d'assainissement

Le site du futur centre de distribution Ikea a nécessité de grands travaux de terrassement généraux, de réseaux divers, d'assainissement et de réalisation des bassins de décantation des eaux de ruissellement. Les matériaux décaissés ont été stockés sur le site et réutilisés pour la confection de la plateforme au droit du bâtiment et pour la réalisation de la CDF au droit des aménagements extérieurs. Ces travaux se sont déroulés en deux phases :

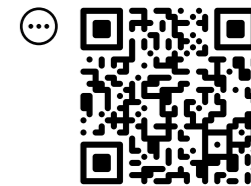
- D'abord, les travaux de la plateforme support dans la zone du bâtiment, afin de libérer celle-ci et de démarrer la construction du bâtiment ;
- Ensuite, les travaux de la plateforme support pour les aménagements extérieurs.

5.1.1. Réalisation de la plateforme support au droit du bâtiment

Pour réaliser la plateforme support au droit du bâtiment, il fallait, dans un premier temps, acheminer les matériaux F1 (A1), I1 (B5) et I2 (B6) du dépôt provisoire (approvisionnement avec reprise sur stock à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tombereaux articulés) et, dans un second temps, les mettre en œuvre sur l'épaisseur adéquate pour atteindre la cote fixée par la conception du projet.

Les travaux ont été conduits selon la technique habituelle :

- Malaxage des sols à l'aide d'un pulvimalaxeur afin d'homogénéiser le matériau ;
- Ajustement de l'état hydrique ;
- Épandage de la chaux (ou, à défaut, du liant ROC TR) ;
- Malaxage sur l'épaisseur visée ;
- Premier compactage ;
- Réglage puis compactage final pour atteindre la compacité visée.



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



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

« La plateforme support a été soigneusement préparée afin de lui procurer les caractéristiques topographiques et les performances mécaniques exigées pour une plateforme de travail de 30 MPa (PF1). Elle a été ensuite réceptionnée par l'entreprise chargée de la réalisation des fondations du bâtiment avec des inclusions rigides et des pieux », ajoute Valentin Vrain.

Après réalisation des fondations, la plateforme support a été traitée au liant ROC AS afin de lui conférer les performances mécaniques visées :

- Épandage du liant ROC AS (dosage à 5,5 %) à l'aide d'un épandeur asservi Akera 17E ;
- Malaxage sur l'épaisseur visée du matériau et du liant à l'aide d'un pulvimalaxeur Wirtgen WR240 ;
- Mise à la cote du matériau à l'aide d'une niveleuse assistée par GPS ;
- Premier compactage à l'aide d'un compacteur vibrant V5 ;
- Réglage fin puis compactage final pour atteindre la compacité visée ;
- Cloutage de la couche traitée par des gravillons 10/14 mm dans le délai de maniabilité ;
- Cure de la couche traitée au moyen d'une couche d'émulsion (à 65 % de bitume) gravillonnée 4/6 mm.



De gauche à droite et de haut en bas.

↑ Les matériaux, provenant de la démolition des revêtements existant sur le site, ont été transportés par voie navigable vers des sites de recyclage. ©Medinger & Fils ↑ Vue générale du chantier de terrassement. Il a été conçu en circuit fermé déblais-remblais. ©Medinger & Fils ↑ Extraction sur site des sols et acheminement pour la confection des CDF de la plateforme support. ©Medinger & Fils ↑ Après la réalisation de la CDF traitée et des fondations (inclusions rigides), la construction du bâtiment a démarré. ©Medinger & Fils

5.1.2. Travaux de mise en œuvre de la plateforme support en dehors du bâtiment

Après la mise en place des sols de récupération et leur malaxage, un préréglage avec une niveleuse asservie a été réalisé, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement. Cette phase est 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, sans précautions particulières, dans la phase de réglage. Une étape-clé est aussi la parfaite humidification du matériau.

« Nous avons humidifié le matériau à l'aide d'une arroseuse-enfouisseuse jusqu'à atteindre la teneur en eau optimale définie par l'essai Proctor normal, et ce préalablement aux opérations de traitement de la plateforme », explique Julien Le Bel.

Le traitement proprement dit a été réalisé en deux étapes :

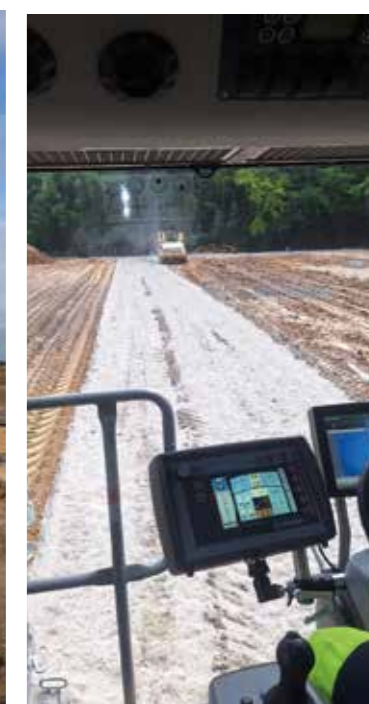
> Traitement du matériau à la chaux (ou, à défaut, au liant ROC TR)

L'épandage de la chaux (ou, à défaut, du liant ROC TR) a été effectué et suivi d'un malaxage du matériau et du liant sur une épaisseur adaptée aux zones à traiter. Cette étape a été réalisée avec un malaxeur et une arroseuse équipée d'un enfouisseur avec débit proportionnel à l'avancement (DPA). Le compactage à l'aide d'un compacteur VP5 a été ensuite exécuté, puis un réglage avec une niveleuse équipée d'un GPS.

> Traitement du matériau (prétraité à la chaux ou au liant ROC TR) au LHR ROC AS

L'entreprise a procédé au traitement du mélange au LHR ROC AS, comme à la phase précédente :

- Épandage du LHR ROC AS à la surface du matériau au moyen d'un épandeur asservi Akera 17E, afin de pouvoir maîtriser le dosage défini lors des études de formulation ;
- Malaxage à l'aide d'un pulvimalaxeur Wirtgen WR 240.



De gauche à droite

↑ Épandage du liant ROC AS à l'aide d'un épandeur asservi. ©Medinger & Fils ↑ Le sol et le liant ROC AS sont mélangés à l'aide d'un pulvimalaxeur asservi Wirtgen. ©Medinger & Fils ↑ Vue du traitement depuis l'intérieur de la cabine du pulvimalaxeur. ©Medinger & Fils

Puis le matériau a été remis en forme.

Le compactage a été réalisé au moyen d'un rouleau vibrant monocylindre à bille lisse. Le nombre de passes du compacteur – pour obtenir un niveau de compactage q3 – a été déterminé dans le cadre de la planche d'essais réalisée au démarrage des travaux.

« Une niveleuse assistée par GPS a effectué le réglage par recoupe de la couche traitée pour obtenir un résultat au centimètre près. On parvient ainsi à un très bon uni et à un profil en long très régulier, permettant de recevoir la mise en œuvre des couches d'assise en matériaux bitumineux », ajoute Julien Le Bel.



↑ Après le malaxage, le compactage du matériau traité est réalisé jusqu'à l'obtention de la compacité visée. ©Medinger & Fils

QUALITÉ DE COMPACTAGE ET NIVEAUX DE COMPACTAGE DES MATÉRIAUX DANS LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ROUTIERS

Le compactage est une opération qui consiste à réduire les vides contenus dans un matériau foisonné afin d'augmenter sa cohésion et, par conséquent, d'assurer la stabilité de l'ouvrage dans le temps.

Il est réalisé soit au moyen de compacteurs statiques (à pneus ou à pieds dameurs) qui agissent uniquement par leur poids, soit à l'aide de compacteurs vibrants (à bille lisse ou à pieds dameurs) qui agissent par leur poids et par la vibration (amplitude et fréquence) qu'ils génèrent, soit au moyen de ces deux types de compacteurs.

Les défauts de compactage peuvent se traduire par des fissures, des flashes, des glissements, des tassements différentiels, dont la rapidité d'apparition dépend de l'importance des anomalies.

Par conséquent, l'opération de compactage des matériaux est encadrée par un objectif (exprimé en taux de compactage) à atteindre par rapport à une valeur de référence, déterminée en laboratoire à l'aide de l'essai Proctor.

Objectif terrassements	Masse volumique moyenne ρ_{dm}	Masse volumique fond de couche ρ_{dfdc}	Observation
q4	$\rho_{dm} \geq 95 \% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{dfdc} \geq 92 \% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif remblais, purges, PST
q3	$\rho_{dm} \geq 98,5 \% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{dfdc} \geq 96 \% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif CDF

NOTA. Il est intéressant de noter que l'objectif de fond de couche est exigé comme objectif de compactage des éprouvettes utilisées pour la caractérisation des matériaux.

L'objectif visé est ensuite vérifié in situ par rapport à deux mesures :

- La mesure de la masse volumique moyenne obtenue sur toute la hauteur de la couche compactée dénommée ρ_{dm} ; cette valeur est la plus facile à mesurer sur chantier.
- La mesure de la masse volumique en fond de couche sur les 8 cm constitués par la base de la couche pfdc. Cette dernière mesure est considérée comme la principale performance à obtenir pour garantir l'objectif de compactage.

Les objectifs de compactage dans les terrassements routiers sont au nombre de deux :

- **Objectif q4** : objectif fixé pour un remblai, une purge, une PST (partie supérieure des terrassements).
- **Objectif q3** : objectif fixé pour une couche de forme.

Ces deux objectifs sont définis en référence à une valeur cible, qui est celle obtenue par l'essai Proctor normal (cf. tableau ci-après). Cet essai – réalisé en laboratoire sur la fraction 0/20 mm du matériau (en général) et avec une énergie de compactage normale – permet de déterminer le couple de valeurs optimales de teneur en eau W_{OPN} (en %) et de masse volumique sèche ρ_{OPN} (en t/m^3).

> Enduit de protection

Après le cloutage de la surface de la CDF à l'aide de gravillons 10/14 mm, un enduit de cure bicouche clouté (4/6 mm) a été appliqué pour protéger la CDF et pour assurer la bonne prise hydraulique du mélange (maintien de l'eau présente dans le sol nécessaire à l'hydratation du liant hydraulique). Une couche d'accrochage a été réalisée dans un second temps, pour garantir un bon collage à l'interface entre la CDF et la couche de fondation en matériau bitumineux. Lors de ce chantier, la circulation des véhicules de chantier a été neutralisée pendant un délai de sept jours, pour ne pas rompre la prise hydraulique. Ce délai, déterminé lors de l'étude de formulation, est le temps nécessaire pour que le matériau traité atteigne la résistance de 1 MPa en compression (critère fixé dans le *Guide de traitement des sols*).

→ Le matériau traité est protégé par un enduit de cure. ©Medinger & Fils



LES TYPES DE PROTECTION D'UNE COUCHE DE SOL TRAITÉE AU LHR

La protection de la surface d'une couche de sol traitée est indispensable pour empêcher, d'une part, l'évaporation de l'eau (très préjudiciable à la prise du liant) et, d'autre part, la pénétration de l'eau dans la couche traitée (qui risque

d'affecter sa portance). En outre, la surface de la couche doit être préservée des agressions du trafic de chantier. La protection a aussi pour rôle d'éviter les émissions de poussières sous ce trafic. Divers types de protection superficielle sont envisageables et décrits dans le tableau ci-après.

Appellation	Formulation (par m^2)	Commentaires
Enduit de cure par voile d'émulsion (EC)	0,5 à 0,8 kg d'émulsion* + sable propre ou petits gravillons à refus**	Le sable peut être utilisé uniquement en l'absence de trafic lourd sur la CDF
Enduit de scellement (ES)	0,8 à 1,1 kg d'émulsion* + sable propre ou petits gravillons à refus**	Protection similaire à (EC) mais plus efficace contre la dessiccation, si la durée d'exposition est importante
Enduit monocouche (EM)	1,3 à 1,6 kg d'émulsion* + 7 à 8 litres de gravillons 4/6** ou 9 à 10 litres de gravillons 6/10**	Le choix du gravillon dépend de l'agressivité du trafic. Le taux d'émulsion peut être augmenté de 5 à 10 %, suivant la rugosité du support
Enduit bicouche (EB)	1 ^{re} couche : 1,1 à 1,3 kg d'émulsion* + 10 à 11 litres de gravillons 10/14** 2 ^e couche : 1,5 kg d'émulsion* + 6 à 7 litres de gravillons 4/6**	L'ajustement de la quantité d'émulsion de la 1 ^{re} couche doit être réalisé en fonction de la rugosité du support
Enduit prégravillonné (EP)	8 à 9 litres de gravillons 10/14** + 2 kg d'émulsion* + 6 à 7 litres de gravillons 4/6**	Cette protection est comparable à celle obtenue par l'application d'un enduit monocouche sur une plateforme préalablement cloutée

* Masse surfacique donnée pour une émulsion cationique à 65 % de bitume.

** Les gravillons doivent avoir un coefficient Los Angeles ≤ 35 et une propreté ($\% \leq 0,08 \text{ mm}$) $\leq 2 \%$.

5.2. Contrôles

De nombreux contrôles ont été effectués au cours de la réalisation du chantier de terrassement, afin de s'assurer de l'obtention des caractéristiques mécaniques visées.

Pour la plateforme support, la portance a été contrôlée à l'aide de l'essai à la plaque.

Pour la CDF traitée au LHR ROC AS d'EQIOM, la portance a été contrôlée, aux jeunes âges, à la plaque puis à la dynaplaque.

Pour l'ensemble des couches, la qualité de compactage (q3) a été validée par la méthode Q/S. Des analyses en laboratoire et des contrôles quotidiens ont été réalisés tout au long du chantier, afin de maîtriser la teneur en eau des matériaux.



↑ Contrôle à la dynaplaque de la portance de la CDF traitée. ©Medinger & Fils

MÉTHODE

QUALITÉ DE COMPACTAGE PAR LA MÉTHODE Q/S

Objet

Il s'agit de déterminer la qualité globale de compactage d'une couche de matériau par contrôle de son épaisseur et des modalités d'utilisation des compacteurs.

Domaine d'application

La méthode est utilisée pour déterminer la qualité de compactage des remblais et des couches de forme.

Principe de l'essai

Soit « e » l'épaisseur (en m) de la couche compactée (valeur estimée sur chantier) ;

Soit « Q » le volume (en m^3) estimé de sol compacté pendant un temps donné (une heure ou une journée ou toute autre unité). Cette estimation est faite par comptage des engins de transport ou par levés topographiques ;

Soit « S » la surface (en m^2) balayée par les compacteurs pendant un temps

donné (même unité de temps que « Q »). Elle est déterminée par l'exploitation des disques des contrôlographes qui équipent les compacteurs (distance parcourue \times largeur de compactage) ;

Soit « Q/S » le rapport, exprimé en m^3/m^2 , entre le volume « Q » de sol compacté pendant un temps donné et la surface « S » balayée par les compacteurs durant la même unité de temps.

Le principe de la méthode Q/S est d'estimer sur chantier les valeurs de « e » et de « Q/S » et de les comparer aux valeurs de référence fournies par le GTR. En effet, en s'appuyant sur la classification des sols (nature et état hydrique) et sur la classification des compacteurs, le GTR fournit les valeurs de référence « e » et « Q/S » à adopter, en fonction de l'usage des matériaux (remblais ou couche de forme), de l'intensité de compactage requise (faible, moyenne, intense) et de la vitesse de travail (compacteur vibrant, à pneus, à pieds dameurs, autre). Les valeurs de référence de « e » et de « Q/S » sont données dans le fascicule II, annexe 4.



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

5.3. ROC AS et ROC TR : deux liants hydrauliques routiers performants

« Nous avons une large gamme de liants hydrauliques routiers avec une palette d'utilisation étendue à beaucoup de sols différents », commente Jérôme Pincemail, directeur des ventes de 2SG/EQIOM.

Dans le cadre du chantier Ikea de Limay, Medinger & Fils a utilisé deux liants :

- Le ROC TR : un LHR à haute teneur en chaux. Il est utilisé notamment pour les travaux d'amélioration des sols ou pour le traitement des sols argileux dans les travaux de terrassement et de remblai.
- Le ROC AS : un LHR à base de laitier et à faible empreinte carbone (réduction des émissions de CO₂ de plus de 50 % comparé à un LHR contenant plus de 90% de clinker). Polyvalent, il convient à différents types de sols et matériaux, tels que les calcaires, les craies, les matériaux silico-calcaires, les limons peu argileux.

« Ces liants sont fabriqués dans notre usine de Dannes. Ils ont excellente réputation et donnent entière satisfaction à ceux qui les utilisent », ajoute Jérôme Pincemail.

5 000 t de LHR ont été nécessaires pour réaliser les travaux de terrassement de la plateforme logistique d'Ikea, dont 1 000 t de ROC TR et 4 000 t de ROC AS.

« Nous avons fourni ces quantités sur 2025, principalement au premier semestre, à partir de notre dépôt de Chelles, qui se trouve à une distance modérée du chantier (environ 90 km), synonyme de faibles émissions de CO₂ générées par le transport », précise Marc Chignon, responsable Grands Comptes et responsable de marché chez EQIOM.

La plateforme du centre de distribution Ikea a été conçue et dimensionnée afin de limiter l'empreinte carbone du projet, de réduire les impacts sur l'environnement et de maîtriser le coût de construction.

« Ces quantités importantes de liants s'expliquent par le fait que cette plateforme a été conçue pour une durabilité accrue. Mais, surtout, elle a été dimensionnée en maximisant les performances du support afin d'optimiser la structure de l'assise et de limiter ainsi l'utilisation des ressources naturelles, tout en diminuant l'empreinte carbone globale du projet », précisent de concert Valentin Vrain et Marc Chignon.

5.4. Réalisation du dallage à l'intérieur des bâtiments

Dès l'obtention des performances minimales requises, confirmée par des essais de portance à la dynaplaque, le dallage à l'intérieur des bâtiments a été réalisé par Mendes en faisant appel à un béton « bas carbone », de classe C35/45, conformément à la norme NF EN 206+A2/CN, d'épaisseur variant entre 15 et 21 cm, selon la zone du bâtiment.

5.5. Réalisation de la couche de fondation pour les aménagements extérieurs

De même, pour les aménagements extérieurs autorisés à la circulation et au stationnement des poids lourds, il a été procédé, dès l'obtention des performances minimales requises, à la réalisation d'une couche de fondation en grave-bitume, de classe GB4 et d'épaisseur 9 cm.

CLASSE D'EXPOSITION DES BÉTONS ROUTIERS

Le béton doit remplir, en plus des exigences mécaniques, des exigences de durabilité face aux agressions du milieu environnant et de l'usage. Pour un revêtement de chaussée en béton, le prescripteur définit la classe d'exposition en fonction de la sévérité du gel, de la fréquence du salage et de l'usage. La norme béton NF EN 206+A2/CN définit quatre classes d'exposition (XF1, XF2, XF3 et XF4) pour

les revêtements en béton, telles que définies dans le tableau ci-après. La norme NF P 98-170 « Chaussées en béton. Exécution et contrôles » apporte des précisions complémentaires sur le choix de la classe d'exposition en fonction de l'usage et du trafic.

En outre, pour les chaussées situées en bord de mer et soumises aux embruns (généralement, celles situées à moins de 100 m de la mer), les prescriptions de la classe XS3 doivent être respectées.

Classe d'exposition pour un revêtement en béton en fonction du niveau de gel, de la fréquence du salage et de l'usage						
Gel	Salage	Aucun	Peu fréquent	Fréquent	Très fréquent	
	Faible ou modéré		XF1	XF1	XF2	XF2
Sévère		XF3	XF3	XF4	XF4	XF4

BON À SAVOIR



← Phasage optimisé du chantier. À l'arrière-plan, la construction du bâtiment en cours. Au premier plan, la réalisation de la CDF traitée pour les voies et aménagements extérieurs. ©Medinger & Fils

5.6. Réalisation du revêtement en béton sur les zones de béquillage

En ce qui concerne les zones de béquillage, Mendes a mis en œuvre un revêtement en béton de classe mécanique BC5, de classe d'exposition XF2 et d'épaisseur 18 cm, placé directement sur la CDF traitée.

5.7. Réalisation de la couche de surface pour les aménagements extérieurs

Ensuite, la voirie dédiée aux poids lourds a reçu une couche de surface en béton bitumineux à module élevé BBME 0/10, d'épaisseur 5 cm.

La voirie dédiée aux véhicules légers recevra aussi une couche de surface en béton bitumineux semi-grenu BBSG, de classe 3 et d'épaisseur 5 cm. ■

CALENDRIER

- > Premier semestre 2024 : Obtention du permis de construire
- > Second semestre 2024 : Attribution des lots du marché et démarrage des travaux de terrassement
- > Deuxième trimestre 2025 : Début de la pose des bardages
- > Quatrième trimestre 2025 : Fin du clos couvert du bâtiment logistique
- > Fin 2026 : Livraison du centre de distribution Ikea

EN QUELQUES CHIFFRES

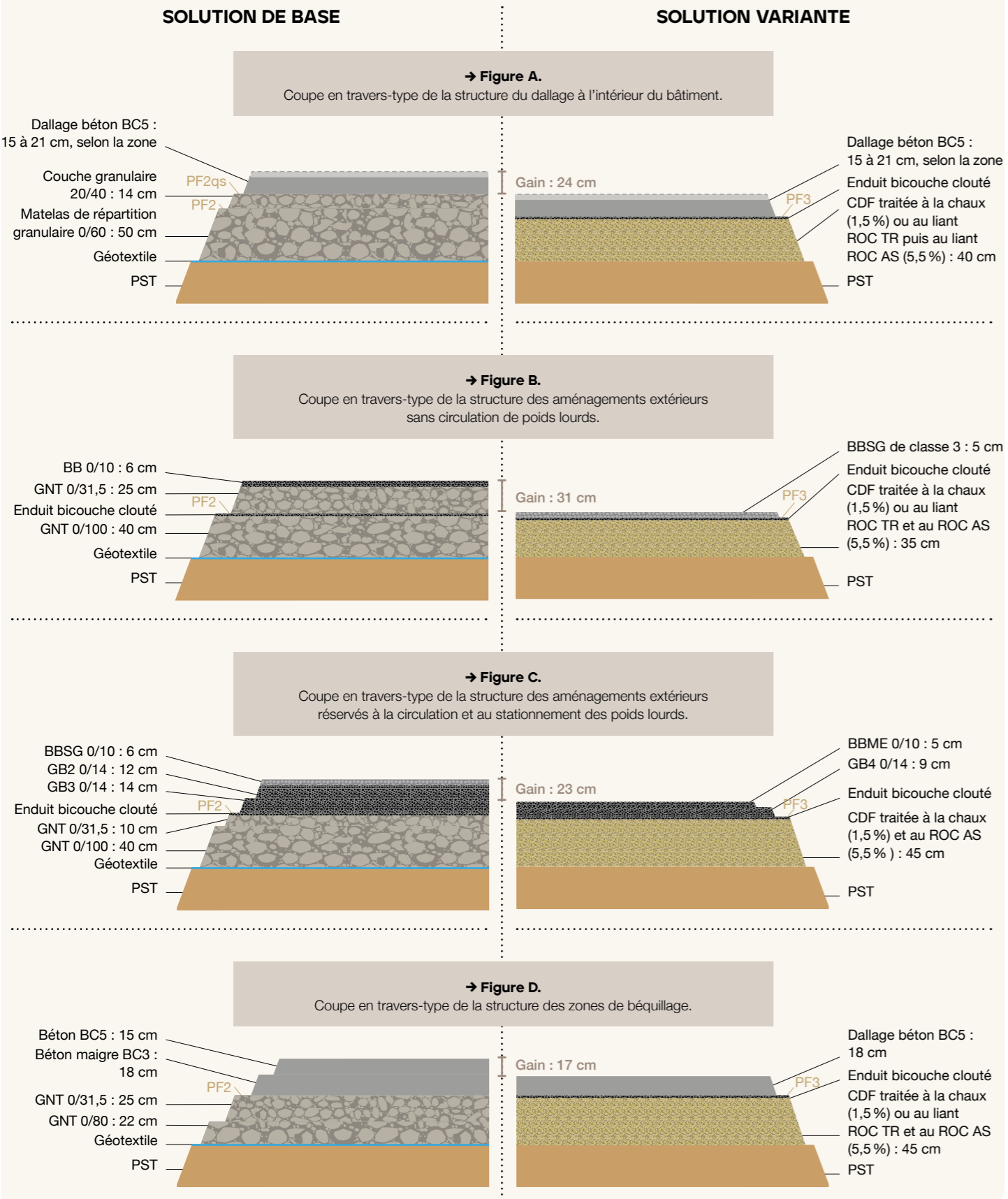
- > Superficie totale : 15 ha
- > Surface des bâtiments : 5,9 ha
- > Surface des aménagements extérieurs et des voies : 4,8 ha
- > Surface traitée au liant ROC AS : 10 ha
- > Surface traitée au liant ROC TR : 2,5 ha

LIENS UTILES

- > Ikea <https://www.ikea.com>
- > Ingka <https://www.ingka.com>
- > Edeis <https://www.edeis.com>
- > Medinger & Fils <https://www.medinger.fr>
- > Industrielle du béton <https://www.industrielledubeton.com>
- > Mendes <https://www.mendes.fr>
- > EQIOM <https://www.eqiom.com>
- > Infociments Route <https://www.infociments.fr/route>

RÉCAPITULATIF DES STRUCTURES : SOLUTIONS DE BASE DE L'APPEL D'OFFRES VERSUS VARIANTES D'ENTREPRISE

Cette mise en parallèle des structures des quatre zones de la plateforme Ikea illustre bien que les structures variantes conçues avec des CDF traitées au liant ROC AS sont moins épaisses que celles conçues avec des CDF granulaires. Cette réduction de l'épaisseur se traduit par des réductions de coût et une diminution des impacts environnementaux (cf. tableaux 1 à 4 ci-après).



ENCART ENVIRONNEMENTAL ZONE BÂTIMENT

TERRASSEMENTS ROUTIERS TRAITEMENT DES SOLS AUX LHR VS EMPRUNTS GRANULAIRES

Tableau 1 :

Intérêt environnemental de la solution PF3 en traitement *versus* emprunts granulaires (données volumes chantier et hypothèses courantes sur les distances de transport). Le traitement génère une économie de ressources de matériaux nobles et une réduction des transports (par un facteur 47).

OPÉRATIONS	ZONE BÂTIMENT	
	Solution de base granulaire	Solution variante traitement
Démolition structure existante	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols pollués	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols	Déblais 26 000 m ³ (45 000 t). Transport déblais et mise en dépôt définitif (30 km). Soit 1 550 PL	Mise en dépôt provisoire sur site pour utilisation en CDF
Matériau pour couche de répartition	GNT 65 000 t. Soit 2 250 PL Distance transport : 30 km	-
Chaux (distance de 150 km)	-	560 t soit 20 PL citernes
LHR (distance de 90 km)	-	2 100 t soit 71 PL citernes
Assise de chaussée (distance de 30 km)	Couche granulaire 20/40, d'épaisseur 14 cm. Soit 15 000 t et 500 PL	-
Couche de surface ou de roulement	Même dallage béton	
Total ressources granulaires	80 000 t	-
Total sols évacués	45 000 t	-
Nombre de semi-remorques	4 300 PL	91 PL citernes
Solution de base/solution variante	47	1

Tableau 1 bis :

Par rapport à la technique des emprunts granulaires, le traitement en place au LHR permet de générer, sur le poste transport, une économie financière et une réduction par un facteur 9 environ des impacts sur l'environnement.

Technique	Nombre de semi-remorques ou de citernes	Distance aller-retour (km)	Consommation de fioul	Coût fioul (€)		Impacts			
						GES (t Eq CO ₂)		E (MJ)	
Emprunts granulaires	4 300	60	77 400	135 450	9,45	205,11	9,45	2 755 440	9,45
Traitement chaux-LHR	91	300	8 190	14 332,5	1	21,70	1	291 564	1
	0	60	0						

Hypothèses de calcul

Distance aller-retour pour GNT, BC3, BC5, GB2, GB3 et GB4	60 km	Coût fioul	1,75 €/l
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux	300 km	GES par litre de fioul	2,65 kg équivalent CO ₂ /l
Consommation semi-remorques et citernes	30 l/100 km	Énergie par litre de fioul	35,6 MJ/l

**ENCART
ENVIRONNEMENTAL
ZONE DE BÉQUILLAGE**

**TERRASSEMENTS ROUTIERS
TRAITEMENT DES SOLS AUX LHR VS EMPRUNTS GRANULAIRES**

Tableau 2 :

Intérêt environnemental de la solution PF3 en traitement *versus* emprunts granulaires (données volumes chantier et hypothèses courantes sur les distances de transport). Le traitement génère une économie de ressources de matériaux nobles et une réduction des transports (par un facteur 5 environ).

OPÉRATIONS	ZONE DE BÉQUILLAGE	
	Solution de base granulaire	Solution variante traitement
Démolition structure existante	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols pollués	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols	Déblais 4 500 m ³ (8 100 t). Transport déblais et mise en dépôt définitif (30 km). Soit 280 PL	Mise en dépôt provisoire sur site pour utilisation en CDF
Matériau pour couche de forme	GNT 9 000 t. Soit 310 PL Distance transport : 30 km	-
Chaux (distance de 150 km)	-	110 t soit 4 PL citernes
LHR (distance de 90 km)	-	405 t soit 14 PL citernes
Assise de chaussée (distance de 30 km)	Fondation en béton maigre de classe BC3, d'épaisseur 18 cm. 3 650 t soit 126 PL	-
Couche de surface ou de roulement (distance de 30 km)	Revêtement en béton, de classe BC5, d'épaisseur 15 cm. 3 300 t soit 115 PL	Revêtement en béton, de classe BC5, d'épaisseur 18 cm. 4 000 t soit 137 PL
Total ressources granulaires	15 950 t	4 000 t
Total sols évacués	8 100 t	-
Nombre de semi-remorques	830 PL	137 PL + 18 PL citernes
Solution de base/solution variante	5,35	1

Tableau 2 bis :

Par rapport à la technique des emprunts granulaires, le traitement en place au LHR permet de générer, sur le poste transport, une économie financière et une réduction par un facteur 4 des impacts sur l'environnement.

Technique	Nombre de semi-remorques ou de citernes	Distance aller-retour (km)	Consommation de fioul	Coût fioul (€)	Impacts				
					GES (t Eq CO ₂)		E (MJ)		
Emprunts granulaires	830	60	14 940	26 145	3,66	39,59	3,66	531 864	3,66
Traitement chaux-LHR	18	300	1 620	7 150,5	1	10,83	1	145 461,6	1
	137	60	2 466						

Hypothèses de calcul

Distance aller-retour pour GNT, BC3, BC5, GB2, GB3 et GB4	60 km	Coût fioul	1,75 €/l
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux	300 km	GES par litre de fioul	2,65 kg équivalent CO ₂ /l
Consommation semi-remorques et citernes	30 l/100 km	Énergie par litre de fioul	35,6 MJ/l

**ENCART
ENVIRONNEMENTAL
ZONE AMÉNAGEMENTS
ET VOIRIE VÉHICULES
LÉGERS**

**TERRASSEMENTS ROUTIERS
TRAITEMENT DES SOLS AUX LHR VS EMPRUNTS GRANULAIRES**

Tableau 3 :

Intérêt environnemental de la solution PF3 en traitement *versus* emprunts granulaires (données volumes chantier et hypothèses courantes sur les distances de transport). Le traitement génère une économie de ressources de matériaux nobles et une réduction des transports (par un facteur 9).

OPÉRATIONS	ZONE AMÉNAGEMENTS ET VOIRIE VÉHICULES LÉGERS	
	Solution de base granulaire	Solution variante traitement
Démolition structure existante	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols pollués	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols	Déblais 4 800 m ³ (8 650 t). Transport déblais et mise en dépôt définitif (30 km). Soit 300 PL	Mise en dépôt provisoire sur site pour utilisation en CDF
Matériau pour couche de forme	GNT 9 600 t. Soit 330 PL Distance transport : 30 km	-
Chaux (distance de 150 km)	-	115 t soit 4 PL citernes
LHR (distance de 90 km)	-	422 t soit 15 PL citernes
Assise de chaussée (distance de 30 km)	Grave non traitée de classe A, de granularité 0/31,5 et d'épaisseur 25 cm. 6 000 t soit 207 PL	-
Couche de surface ou de roulement	Béton bitumineux BB 0/10, d'épaisseur 6 cm. 1 500 t soit 52 PL	BBSG de classe 3, d'épaisseur 5 cm 1 325 t soit 46 PL
Total ressources granulaires	17 100 t	1 325 t
Total sols évacués	8 650 t	-
Nombre de semi-remorques	589 PL	46 PL + 19 PL citernes
Solution de base/solution variante	9	1

Tableau 3 bis :

Par rapport à la technique des emprunts granulaires, le traitement en place au LHR permet de générer, sur le poste transport, une économie financière et une réduction par un facteur 4 environ des impacts sur l'environnement.

Technique	Nombre de semi-remorques ou de citernes	Distance aller-retour (km)	Consommation de fioul	Coût fioul (€)	Impacts				
					GES (t Eq CO ₂)		E (MJ)		
Emprunts granulaires	589	60	10 602	18 553,5	4,18	28,10	4,18	377 431,2	4,18
Traitement chaux-LHR	19	300	1 710	4441,5	1	6,72	1	90 352,8	1
	46	60	828						

Hypothèses de calcul

Distance aller-retour pour GNT, BC3, BC5, GB2, GB3 et GB4	60 km	Coût fioul	1,75 €/l
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux	300 km	GES par litre de fioul	2,65 kg équivalent CO ₂ /l
Consommation semi-remorques et citernes	30 l/100 km	Énergie par litre de fioul	35,6 MJ/l

**TERRASSEMENTS ROUTIERS
TRAITEMENT DES SOLS AUX LHR VS EMPRUNTS GRANULAIRES**

Tableau 4 :

Intérêt environnemental de la solution PF3 en traitement *versus* emprunts granulaires (données volumes chantier et hypothèses courantes sur les distances de transport). Le traitement génère une économie de ressources de matériaux nobles et une réduction des transports (par un facteur 7).

OPÉRATIONS	ZONE DE CIRCULATION ET DE STATIONNEMENT DES POIDS LOURDS	
	Solution de base granulaire	Solution variante traitement
Démolition structure existante	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols pollués	Même opération, quelle que soit la technique	
Déblai sols	Déblais 13 250 m ³ (23 850 t). Transport déblais et mise en dépôt définitif (30 km). Soit 825 PL	Mise en dépôt provisoire sur site pour utilisation en CDF
Matériau pour couche de forme	GNT 26 500 t. Soit 915 PL Distance transport : 30 km	-
Chaux (distance de 150 km)	-	325 t soit 12 PL citernes
LHR (distance de 90 km)	-	1 200 t soit 42 PL citernes
Assise de chaussée (distance de 30 km)	Fondation en grave-bitume GB3, 0/14, d'épaisseur 14 cm Base en grave-bitume GB2, 0/14, d'épaisseur 12 cm 15 000 t soit 523 PL	Grave-bitume classe GB4, 0/14, d'épaisseur 9 cm 5 250 t soit 181 PL
Couche de surface ou de roulement	BBSG 0/10, classe 3, d'épaisseur 6 cm. 3 500 t soit 121 PL	Béton bitumineux BBME 0/10, d'épaisseur 5 cm. 2 920 t soit 101 PL
Total ressources granulaires	45 000 t	8 170 t
Total sols évacués	23 850 t	-
Nombre de semi-remorques	2 384 PL	282 PL + 54 PL citernes
Solution de base/solution variante	7	1

Tableau 4 bis :

Par rapport à la technique des emprunts granulaires, le traitement en place au LHR permet de générer, sur le poste transport, une économie financière et une réduction par un facteur 4 environ des impacts sur l'environnement.

Technique	Nombre de semi-remorques ou de citernes	Distance aller-retour (km)	Consommation de fioul	Coût fioul (€)		Impacts			
						GES (t Eq CO ₂)		E (MJ)	
Emprunts granulaires	2 384	60	42 912	75 096	4,32	113,72	4,32	1 527 667,2	4,32
Traitement chaux-LHR	54	300	4 860	17 388	1	26,33	1	353 721,6	1
	282	60	5 076						

Hypothèses de calcul

Distance aller-retour pour GNT, BC3, BC5, GB2, GB3 et GB4	60 km	Coût fioul	1,75 €/l
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux	300 km	GES par litre de fioul	2,65 kg équivalent CO ₂ /l
Consommation semi-remorques et citernes	30 l/100 km	Énergie par litre de fioul	35,6 MJ/l



Matériaux traités et liants hydrauliques routiers (LHR), un panel de solutions pour la valorisation des matériaux en place ou en centrale.

- Économie de ressources, valorisation jusqu'à 100 % des matériaux du site, possibilité de recycler des matériaux alternatifs.
- Performance élevée y compris à faible dosage.
- Solution constructive responsable : utilisation de liants à empreinte carbone réduite.
- Durabilité et résilience climatique (résistance à l'érosion).
- Clarté et albédo élevé : limitation des îlots de chaleur urbains.

Bilans environnemental et économique positifs

En valorisant les matériaux en place, on génère en moyenne -70 % de consommation de ressources naturelles granulaires, -70 % de transport poids-lourds associés, et une économie de 20 à 50 % sur la construction de l'ouvrage.



Nos adhérents



Ensemble, accélérons la construction durable.



#valorisation #miseà2x2voies #chantierterrassements #lianthydrauliqueroutier #traitementdessols #couchedeformetraitée #remblaitraité #préserverlesressourcesnaturelles #plateformehauteperformance #structurechausséeoptimisée

Routes info

#45

- CHANTIER -

Routes info #45
RN124 entre Gimont et l'Isle-Jourdain
GERS (32)



Liant hydraulique routier



Recyclage en place



Volume matériaux traités : 900 000 m³



Gers

Routes info

#45

Chantier

Avril 2026
©Cimbéton
Texte : Joseph Abdo
& Cédric Le Gouil

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage de l'opération et futur exploitant
Département du Gers

Maîtrise d'œuvre
Setec

Fournisseur du LHR Ligex M4
Heidelberg Materials

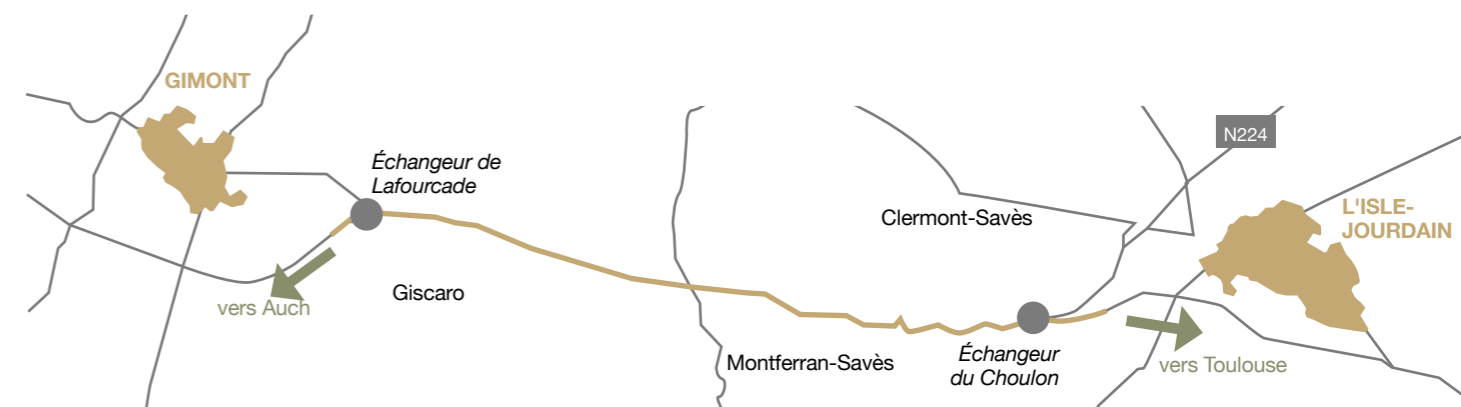
Entreprises
Roger Martin (mandataire), Buesa TP, GTM TP Sud-Ouest, Aximum, Roger Martin agence Grands Travaux Enrobés (AGTE)

900 000 m³ de sols valorisés grâce à la chaux et au liant hydraulique routier dans les remblais, l'arase et la couche de forme afin de réaliser une plateforme support de haute qualité PF3

La mise à 2x2 voies de la RN124, entre Gimont et L'Isle-Jourdain, est le dernier tronçon du vaste chantier d'aménagement de la RN124 entre Auch et Toulouse et l'un des plus grands chantiers de terrassement de France en 2025. Il fait appel à la technique de traitement des sols en place pour la réalisation des remblais, le renforcement de l'arase et la confection de la couche de forme. Les travaux ont été confiés au groupement Roger Martin, Buesa TP, GTM, Aximum, sous la maîtrise d'œuvre de Setec International et la maîtrise d'ouvrage du conseil départemental du Gers. Ils ont répondu aux exigences de la maîtrise d'ouvrage en matière de gestion des déblais excédentaires (300 000 m³) et permis d'atteindre l'objectif de plateforme support PF3. À cette fin, l'entreprise a réalisé un traitement de la couche de forme au liant Ligex M4, fourni par Heidelberg Materials.

1. SITUATION

Les travaux concernent la section comprise entre Gimont et L'Isle-Jourdain (Gers), dernier tronçon à aménager pour relier Auch à Toulouse en 2 x 2 voies. L'opération consiste essentiellement à créer un tracé neuf, majoritairement au sud, et parallèle à l'actuelle RN124, sur un linéaire de 13 km. Cette section se raccorde, côté ouest, à la déviation de Gimont, réalisée et mise en service en 2022 (cf. Routes Info #15) et, côté est, à la déviation de L'Isle-Jourdain, en service depuis 2009. Bénéficiant de l'application de la loi n° 2022-217 du 21 février 2022, dite loi 3DS, souhaitée par le département du Gers, ce nouveau tronçon aura le statut de route express et sera baptisé RD1124. Dès sa mise en service, l'actuelle route nationale RN124 sera déclassée en route départementale RD924.



↓ **Figure 1.**
Plan de situation illustrant le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN124 entre Gimont et l'Isle-Jourdain.



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

**LOI N° 2022-217
DU 21 FÉVRIER 2022,
DITE LOI 3DS**

C'est une loi française relative à la différenciation, la décentralisation, la déconcentration, et portant diverses mesures de simplification de l'action publique locale. Elle a été promulguée et publiée au Journal officiel le 22 février 2022.

Cette loi vise à répondre aux besoins de proximité et d'efficacité exprimés par les élus et les citoyens. Elle offre des outils aux collectivités territoriales dans divers domaines, tels que l'aménagement du territoire, les transports, le logement et la transition écologique.

Elle comprend des dispositions spécifiques concernant la décentralisation et la prise en charge des routes. La loi 3DS prévoit en effet la possibilité de transférer la gestion des routes nationales aux départements, aux régions et aux métropoles intéressés. Ce transfert est effectué sur la base d'une décision ministérielle et d'un décret d'application publié le 31 mars 2022.

2. ÉTAT DES LIEUX

À l'origine, la RN124 part de Toulouse et traverse une bonne partie du département du Gers, passe par Auch et par Dax, et finit à Tartas, où elle rejoint la RN10. Au fil du temps, plusieurs sections ont été déclassées ou rétroclassées et la RN124 s'est finalement réduite à la liaison Toulouse-Auch. D'une longueur initiale de 206 km, sa longueur actuelle est d'environ 80 km. C'est un axe routier très important, qui est emprunté, chaque jour, par un trafic élevé de véhicules avec un fort pourcentage de poids lourds (en fonction du lieu et du sens).

En raison de cette circulation continue et intense se posait un problème majeur de sécurité et, en particulier, sur le tronçon entre Gimont et L'Isle-Jourdain, considéré comme le plus accidentogène du département du Gers, avec un trafic quotidien de l'ordre de 17 000 véhicules (données de 2019), dont 10 % de poids lourds. La mise à 2 x 2 voies de la RN124 visait donc à réduire le nombre d'accidents et à améliorer la sécurité des usagers.

« Ces travaux visent à achever la modernisation d'un axe stratégique pour la sécurité, la fluidité du trafic et le développement économique régional. Il y a donc un vrai intérêt public à réaliser cette dernière section comprise entre Gimont et L'Isle-Jourdain et une attente des riverains comme des usagers », explique Éric Gleyze, chef du service Études et Grands Travaux à la direction Routes et mobilités du département du Gers.

3. PROJET

3.1. Déclaration d'utilité publique et financement

Le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN124, entre Gimont et L'Isle-Jourdain, s'inscrivait dans le cadre du programme d'aménagement de la RN124, entre Auch et la RD65, à l'ouest de Toulouse, sous la maîtrise d'ouvrage de la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) Occitanie. « L'aménagement de la RN124, dans son ensemble, a pour objectif de fiabiliser et de sécuriser les itinéraires de transit sur cet axe, tout en étant compatible avec les prescriptions techniques relatives à l'ITGG (itinéraire à très grand gabarit) entre le port de Bordeaux et Toulouse, dans lequel s'inscrit la RN124 entre Auch et L'Isle-Jourdain », précise Éric Gleyze.

La déclaration d'utilité publique (DUP) portait sur l'aménagement de trois sections :

- La section entre Pujaudran Est et la RD65, intégrant la déviation de Léguevin (mise en service en 2009) et la mise aux normes des accotements (bande d'arrêt d'urgence) de la déviation de Pujaudran ;
- La section Auch-Aubiet, entre Auch Est et Aubiet Ouest, mise en service en 2012 ;
- La section entre Aubiet Est et L'Isle-Jourdain, composée de la déviation de Gimont (mise en service en 2022) et de la section Gimont – L'Isle-Jourdain, objet du présent reportage.

« L'aménagement de la RN124 entre Auch et Toulouse a été déclaré d'utilité publique par décret du 3 août 1999, prorogé en 2009 pour une durée de dix ans, puis en 2019 pour une durée de cinq ans », ajoute Éric Gleyze.

Le coût global de cette opération a été estimé à 142 millions d'euros, avec un financement établi dans le cadre du contrat de plan État-Région 2023-2027, à hauteur de 45 % pour l'État et de 55 % pour les collectivités locales (région Occitanie, département du Gers et les intercommunalités traversées).

3.2. Objectifs

Cette déviation doit notamment permettre d'améliorer la sécurité et de désenclaver le département du Gers.

« L'objectif est d'améliorer la sécurité, de désenclaver le département du Gers et de faciliter les échanges entre Auch et Toulouse, de desservir de manière fine les territoires traversés, mais également d'améliorer les conditions de déplacement des usagers, de réduire la durée de trajet entre Auch et Toulouse et d'améliorer la sécurité des riverains des communes déviées », ajoute Éric Gleyze.

3.3. Les études d'impact

Ces études avaient pour but d'évaluer les impacts du projet sur l'environnement et de mettre en application la procédure ERC (« éviter, réduire, compenser »). Il s'agissait de :

- Respecter la nature et les paysages ;
- Maintenir les corridors écologiques ;
- Réduire les impacts sur l'environnement pendant les travaux et l'exploitation de la future route express.

Dans le cadre du projet de la mise à 2 x 2 voies de la RN124 entre Gimont et L'Isle-Jourdain, un certain nombre de mesures ont été imposées par l'arrêté préfectoral du 11 avril 2022 : des mesures d'évitement, des mesures de réduction, des mesures de compensation et enfin des mesures d'accompagnement et de suivi (cf. encadré « Point de vue d'Eric Gleyze »).

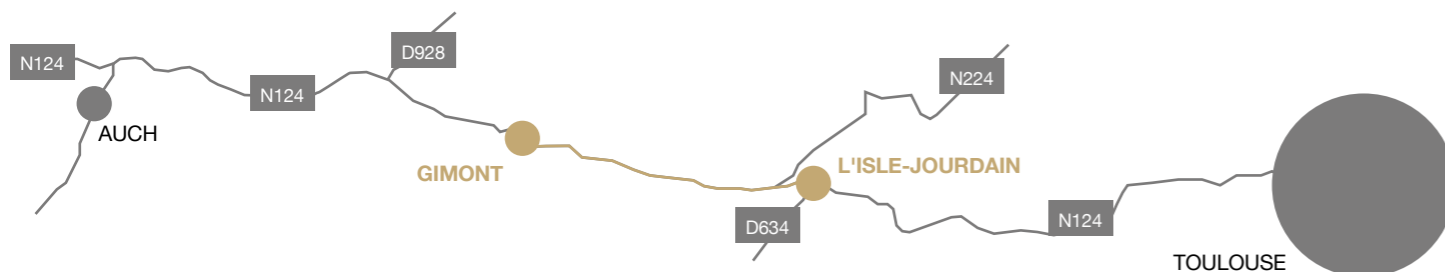
« Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à mettre en place, durant l'exécution des travaux, un certain nombre de mesures imposées par l'arrêté préfectoral du 11 avril 2022. En outre, les mesures compensatoires réalisées seront complétées par des mesures de gestion conservatoire afin d'assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux aménagés pendant une période minimale de cinquante ans », conclut Éric Gleyze

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE L'OPÉRATION

- Longueur : 13 km
- Emprise du projet : 170 ha
- Chaussées : 340 000 m²
- Terrassements : 2 000 000 m³ de sols déplacés
- Liant hydraulique routier Ligex M4 : 12 000 t
- Matériaux bitumineux : 200 000 t
- 2 échangeurs
- 8 ouvrages d'art routiers
- 7 ouvrages d'art de rétablissements hydrauliques et environnementaux
- 32 km de dispositifs de sécurité, principalement en séparateurs béton (GBA et DBA)
- 50 km de canalisation et de réseaux
- 42 km de clôture définitive

↓ Figure 2.

Programme d'aménagement de la RN124 entre Auch et Toulouse en pointant la section Gimont – Isle-Jourdain.



↑ La mise à 2x2 voies de la RN124 s'accompagne de mesures environnementales dès le stade de la conception. ©Valentin Minard-David/Roger Martin



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

3.4. Les études techniques

L'objectif principal du département du Gers était de :

- Valoriser au maximum les matériaux naturels présents sur le site et réduire ainsi l'utilisation des matériaux d'apport granulaires ;
- Maximiser les performances de la plateforme support et réduire l'utilisation des matériaux nobles dans l'assise ;
- Optimiser les mouvements de sols et réduire au minimum les sols excédentaires.

3.4.1. Contexte géotechnique

Deux campagnes de reconnaissance géotechnique ont été menées par Alios :

- Première campagne : de septembre 2019 à juin 2020 ;
- Seconde campagne : de février 2021 à juin 2021.

Ces campagnes ont permis d'identifier les sols que le profil en long du nouveau tracé allait mettre à nu. Il s'agissait principalement de formations superficielles abondantes et de caractéristiques géotechniques relativement homogènes, s'apparentant à des limons argileux de classe F2 (A2). Compte tenu du profil en long du projet, il a été établi une estimation du volume des sols à déplacer (environ 2 millions de mètres cubes) ainsi qu'une estimation du volume des déblais excédentaires (environ 300 000 m³).

POINT DE VUE



Éric Gleyze

Chef du service études et grands travaux - Direction routes et mobilités - Département du Gers



Un chantier routier structurant placé sous le signe de l'exigence environnementale

Maître d'ouvrage de l'opération de mise à 2 x 2 voies entre Gimont et L'Isle-Jourdain, le département du Gers conduit un projet routier structurant, intégrant, dès sa conception, des objectifs environnementaux ambitieux. L'enjeu est multiple : favoriser la durabilité de l'infrastructure, renforcer son acceptabilité sociale, restaurer ou recréer des milieux naturels équivalents à ceux impactés, maintenir les équilibres écologiques et répondre strictement aux obligations réglementaires.

Sur le plan des méthodes constructives, le chantier se distingue par une gestion optimisée des matériaux et des ressources. L'intégralité des terres issues des déblais est conservée sur l'emprise du tracé, afin qu'elles soient traitées au liant hydraulique routier (LHR) et réutilisées pour la construction des remblais et de la couche de forme, conformément à l'arrêté environnemental, limitant ainsi les transports et les émissions associées. Les travaux d'enrobés affichent des taux de recyclage élevés : 35 % en grave-bitume pour les couches de fondation, 30 % en BBSG pour les couches de base et de 5 à 10 % en BBTM pour les couches de roulement. Les fraisats issus du chantier sont intégralement réutilisés dans les enrobés produits, lesquels sont directement fabriqués à proximité immédiate du chantier, visant à minimiser l'emprunt des voies publiques afin de garantir la sécurité de tous, usagers et employés. Cette organisation permet de réduire significativement l'empreinte carbone du chantier, tout en garantissant les performances techniques attendues pour une infrastructure de ce niveau.

Au-delà des aspects constructifs, le projet s'appuie sur un dispositif environnemental particulièrement structuré. Pas moins de 39 mesures environnementales ont été définies, avec un suivi programmé sur une durée de cinquante ans. Ces mesures s'inscrivent dans la séquence réglementaire « éviter, réduire, compenser ». Trois mesures relèvent de l'évitement, notamment par l'adaptation du tracé et des choix techniques aux sensibilités écologiques identifiées. Dix-sept mesures visent à la réduction des impacts, parmi lesquelles la réalisation d'ouvrages de franchissement dédiés à la grande faune afin d'assurer la continuité des habitats. Sept mesures compensatoires complètent le dispositif, incluant l'acquisition et la gestion de 65 ha de milieux naturels, dont 12 ha de bois, ainsi que la plantation et l'entretien d'un réseau structurant de haies et de bosquets. Enfin, douze mesures d'accompagnement et de suivi portent notamment sur le déplacement et la préservation d'espèces protégées, telles que la jacinthe de Rome ou le trèfle écaillé.

Un cadrage environnemental rigoureux

La réussite de cette démarche repose sur une organisation humaine dédiée au suivi environnemental. Le département du Gers mobilise, au titre de sa direction Routes et mobilités, le service Études et Grands Travaux, appuyé par Artelia, en tant qu'assistant environnemental. La maîtrise d'œuvre, assurée par Setec, intègre une équipe « études » chargée de la conception éco-compatible et une équipe « exécution » garantissant la conformité aux prescriptions de l'arrêté environnemental, avec l'appui de Biotope pour son expertise écologique. Les entreprises, notamment Roger Martin, complètent ce dispositif par la présence d'un assistant environnemental à temps plein sur le chantier. Des créneaux horaires mensuels et quotidiens sont mis en place, dans le cadre de cette démarche environnementale, par les différents acteurs précités pour un suivi précis tout au long du chantier. En sus, un comité de suivi environnemental, réunissant ces membres et les services de l'État deux fois par an, est chargé de rendre compte aux autorités compétentes de l'avancement du chantier ainsi que des adaptations environnementales mises en œuvre.

Un cadrage environnemental rigoureux

À travers ce projet, le département du Gers illustre la capacité des infrastructures routières à conjuguer performance technique, responsabilité environnementale et exigence réglementaire.

3.4.2. Études de conception détaillée et solution de base de l'appel d'offres

Une étude de formulation de niveau 2 a été menée par le laboratoire Gracchus en 2021, qui a permis de :

- Caractériser les sols de limons argileux, principalement de classe F2 (A2) ;
- Identifier leur état hydrique, de humide (h) à très humide (th) ;
- Confirmer que ces sols étaient aptes au traitement ;
- Déterminer les dosages en chaux et en LHR, nécessaires à l'obtention des performances visées.

« Sur la base des études de conception détaillée menées par Setec, l'appel d'offres prévoyait de recourir à la technique de traitement des sols en place pour assurer la stabilité des remblais, améliorer les performances de l'arase et réaliser la couche de forme à partir des matériaux du site », ajoute Sylvain Tessier, directeur de projet chez Setec International.

L'appel d'offres a été lancé avec les préconisations suivantes :

3.4.2.1. Terrassements

- Arase de terrassement de classe AR1 (hors remblais), traitée à la chaux vive (1 %) et au LHR (4 %) sur une épaisseur de 35 cm, pour atteindre la classe AR2.
- Remblais de grande hauteur : le projet prévoyait que le corps du remblai serait traité à la chaux (1 %) sur une épaisseur fixée en fonction de la hauteur du remblai.
- Couche de forme traitée à la chaux (1 %) et au LHR (4 %) sur une épaisseur de 35 cm.

L'objectif fixé pour la plateforme support était une portance de niveau PF3, soit un module d'élasticité EV2 : 120 ≤ EV2 < 200 MPa.

3.4.2.2. Structure de la chaussée

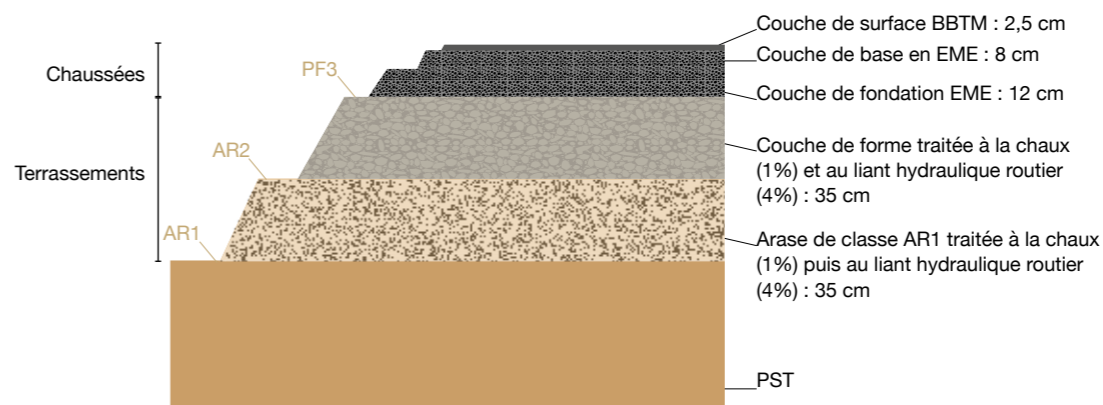
Sur la base des hypothèses retenues pour ce projet, à savoir :

- Trafic à la mise en service : 17 000 véhicules par jour, dont 10 % de poids lourds ;
- Taux de croissance annuelle du trafic (taux arithmétique) : 1,5 % ;
- Durée du dimensionnement : 30 ans.

Pour une plateforme support de portance PF3, le calcul mené avec le logiciel Alizé a permis d'établir le dimensionnement de la chaussée. La structure de chaussée de l'appel d'offres a donc été la suivante :

- Une couche de fondation en enrobés à module élevé EME, 0/14 et d'épaisseur 12 cm ;
- Une couche de base en enrobés à module élevé, 0/14 et d'épaisseur 8 cm, collée sur la couche de fondation ;
- Une couche de surface en béton bitumineux très mince (BBTM) de classe 1 et d'épaisseur 2,5 cm.

Les entreprises ont été invitées à proposer, dans leur remise d'offre, une solution optimisée sur le plan économique et sur le plan environnemental, permettant de trouver un débouché aux 300 000 m³ de sols excédentaires. Cette solution, constituant un enjeu important de ce projet, a été un critère déterminant de jugement des offres.



← Figure 3.

Coupe en travers-type de la structure de chaussée de la solution de base du projet de mise à 2 x 2 voies de la RN 124.



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

3.4.3. Attribution du marché

C'est un groupement mené par Roger Martin (mandataire) qui a été choisi pour réaliser la totalité des travaux de terrassement, d'ouvrages d'art, d'assainissement et de chaussée de la mise à 2 x 2 voies du tronçon Gimont – L'Isle-Jourdain. Cela tient en particulier à une proposition de stratégie adaptée pour le réemploi des sols excédentaires.

Ce groupement est constitué de Roger Martin, agence Grands Travaux (terrassements, assainissements) et agence Grands Travaux Enrobés (AGTE) pour les travaux de chaussées ; Buesa TP du groupe Roger Martin (terrassements, assainissements) ; GTM TP Sud-Ouest pour les ouvrages d'art et Aximum pour les dispositifs de sécurité et la signalisation.

Le marché comportait trois tranches :

- Une tranche ferme : la réalisation de 13 ouvrages d'art, incluant les terrassements et les blocs techniques ;
- Tranche optionnelle 1 : l'exécution de deux ouvrages supplémentaires et la réalisation des travaux de terrassement et la confection de la couche de forme du tronçon de 13 km ;
- Tranche optionnelle 2 : la réalisation des travaux de chaussée à 2 x 2 voies, des équipements de sécurité, de signalisation et de clôture définitive du tronçon.

3.4.4. Les études d'exécution réalisées par Roger Martin

3.4.4.1. Les reconnaissances géotechniques

Une mission G3 géotechnique a été réalisée sur les 13 km du projet. Les sols ont été identifiés et classés conformément au Guide des terrassements routiers (GTR) et à la norme NF P 11 300. Ce sont des sols limoneux-argileux classés F2 (A2), se trouvant dans un état hydrique variant entre « humide » et « très humide ».

3.4.4.2. Les études de traitement

Les études de traitement ont été réalisées par Roger Martin sur les matériaux du site, avec le LHR Ligex M4, en provenance de la cimenterie de Bussac de Heidelberg Materials.

Elles ont permis de déterminer les dosages en liants (chaux et Ligex M4) requis pour atteindre les performances visées :

- Arase de terrassement de classe AR1 (hors remblais) traitée à la chaux vive (1,5 %) sur une épaisseur de 50 cm, pour atteindre la classe AR2 ;
- Couche de forme traitée à la chaux (1 %) et au Ligex M4 (5 %) sur une épaisseur de 35 cm ;
- Remblais de grande hauteur : corps du remblai traité à la chaux (1,5 %) sur une épaisseur fixée en fonction de la hauteur du remblai.

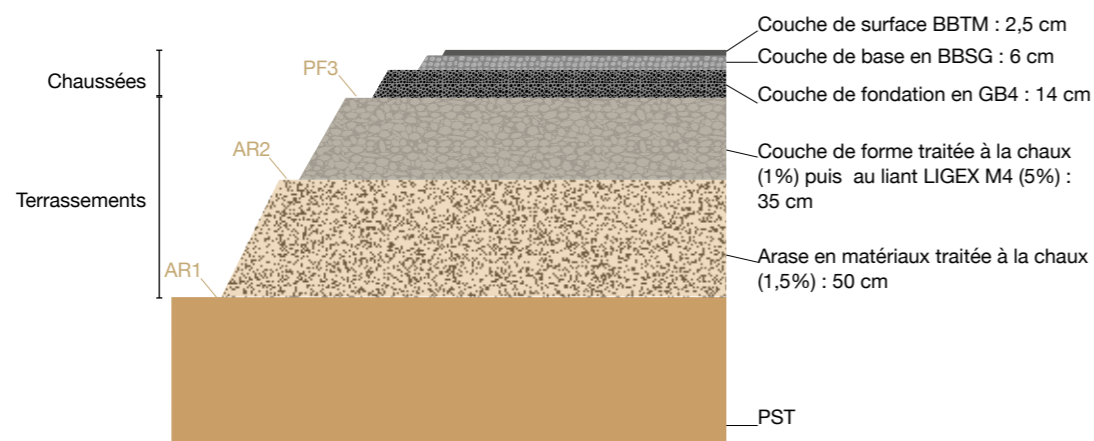
L'objectif fixé pour la plateforme support est une portance de niveau PF3, soit un module d'élasticité EV2 : $120 \leq EV2 < 200$ MPa.

3.4.4.3. La structure de chaussée proposée par Roger Martin

Sur la couche de forme traitée, de classe de portance PF3, Roger Martin a proposé une adaptation à la structure de chaussée comportant des matériaux bitumineux différents (GB4 et BBSG à la place de l'EME), tout en se conformant aux conditions fixées dans l'appel d'offres. À savoir : respect de l'épaisseur totale de la chaussée (respect du fil rouge), maintien de la nature de la couche de roulement et des caractéristiques de la couche de forme (en particulier le niveau de portance PF3).

→ Figure 4.

Coupe en travers-type de la structure de chaussée retenue pour la mise à 2x2 voies de la RN 124 entre Gimont et l'Isle-Jourdain.



3.4.4.4. Les études d'exécution

Commencées en janvier 2023, les études d'exécution ont permis de :

- Préciser le découpage géographique qui nécessiterait le déplacement et le stockage dans des dépôts provisoires de plusieurs milliers de mètres cubes de matériaux ainsi que des travaux provisoires pour assurer la gestion des eaux pluviales.
- Définir les volumes puis de les attribuer par ouvrage. Les études géotechniques ont permis de finaliser l'extraction des volumes par couches et le plan des mouvements de terres.

Grâce à ces études, tous les matériaux déblayés ont été réutilisés.

4. RÉALISATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

4.1. Phasage du chantier

Roger Martin a reçu l'ordre de démarrer le chantier en décembre 2022. Les travaux de terrassement et de la mise à 2 x 2 voies se sont déroulés sur la période s'étalant entre juillet 2024 et novembre 2025, avec une coupure hivernale.

Il s'agit d'un chantier classique de création de voies neuves. Mais la particularité de cette réalisation, c'est qu'il s'agit d'un chantier d'envergure, d'une longueur de 13 km et d'une superficie totale d'environ 340 000 m².

« Nous réalisons une route à 2 x 2 voies sur un terrain vierge. Les travaux de terrassement ont engendré des mouvements de terres importants, dont le volume s'élève à 2 000 000 m³ de matériaux. Plutôt que d'être évacués, ces matériaux ont été en majorité réutilisés sur place pour la confection des remblais et de la couche de forme », répètent de concert Éric Gleyze et Sylvain Tessier.

4.2. Travaux de terrassement généraux

Les travaux de terrassement ont commencé par le décapage de la terre végétale et le mouvement des sols pour modeler le terrain.

Le tracé de la section Gimont – L'Isle-Jourdain traverse principalement des formations superficielles en abondance et qui sont relativement homogènes. L'analyse et la caractérisation de ces formations ont montré qu'il s'agit d'un limon argileux de classe F2 (A2). L'extraction de ces sols s'est faite au moyen d'un atelier de scraps.

Grâce à une organisation spécifique à ce chantier, tant humaine que matérielle, l'entreprise a pu réaliser quatre zones de stockage provisoire des sols.

Au total, le chantier a généré près de 2 000 000 m³ de déblais, qui ont été réutilisés à hauteur de 85 % pour créer des remblais routiers et la couche de forme et à hauteur de 15 % pour créer les modelés paysagers à proximité de la 2 x 2 voies.

Lors de cette phase, les différents ouvrages d'art et les autres ouvrages (hydrauliques, notamment) ont été bâtis.

« Les travaux de terrassement ont engendré des mouvements de terres importants, dont le volume s'élève à 2 000 000 m³ de matériaux. Plutôt que d'être évacués, ces matériaux ont été en majorité réutilisés sur place pour la confection des remblais et de la couche de forme. »



← Extraction des limons au scrap et constitution du dépôt provisoire. ©Valentin Minard-David/Roger Martin

« Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement. »

4.3. Travaux de réalisation des remblais

Pour réaliser les remblais, il a été procédé en deux étapes :

- **La réalisation du corps du remblai ordinaire** : il a fallu acheminer les matériaux sélectionnés et stockés sur site (les sols A2, éventuellement d'autres matériaux de déblai), les régaler par couches successives d'épaisseur maximale 50 cm. Après vérification et ajustement de la teneur en eau, chacune des couches a été compactée à l'aide d'un atelier constitué de compacteurs V5. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4.
- **La réalisation du corps du remblai de grande hauteur** : il a fallu acheminer les matériaux sélectionnés et stockés sur site (les sols A2, éventuellement d'autres matériaux de déblai), les régaler par couches successives d'épaisseur maximale 50 cm. Après vérification et ajustement de la teneur en eau, chacune des couches a été compactée à l'aide d'un atelier adapté. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4. Le corps du remblai a été traité à la chaux vive (1,5 %) sur une épaisseur « h », qui a été déterminée en fonction de la hauteur du remblai. Plus le remblai est haut, plus l'épaisseur du corps du remblai à traiter est élevée.
- **La réalisation de la PST du remblai (ordinaire ou de grande hauteur)** : ce sont les matériaux F2 (A2) qui ont été utilisés. Acheminés et régalerés en une couche d'épaisseur 50 cm. Après vérification et ajustement de la teneur en eau, cette couche a été traitée à la chaux vive à raison de 1,5 % et compactée à l'aide d'un atelier constitué de compacteurs VP5 et V5PD. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4.

4.4. Travaux de mise en œuvre de l'arase en section courante

Le chantier s'est poursuivi avec les travaux de l'arase. Après la scarification, la chaux vive a été épandue à l'aide d'un épandeur asservi avec contrôle pondéral Akera 19 et le malaxage du matériau et du liant a été réalisé à l'aide d'un pulvimalaxeur CAT RM 500.

« Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement », explique Thierry Hugon, directeur de travaux chez Roger Martin.

Un préréglage avec une niveleuse équipée d'un GPS a été ensuite effectué, puis un compactage à l'aide d'un compacteur VP5. Une recoupe à la niveleuse équipée de GPS, suivie d'une fermeture finale par un compacteur adapté, est venue finaliser le profil en long et en travers. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4.

QUALITÉ DE COMPACTAGE ET NIVEAUX DE COMPACTAGE DES MATÉRIAUX DANS LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ROUTIERS

Le compactage est une opération qui consiste à réduire les vides contenus dans un matériau foisonné afin d'augmenter sa cohésion et, par conséquent, d'assurer la stabilité de l'ouvrage dans le temps.

Il est réalisé soit au moyen de compacteurs statiques (à pneus ou à pieds dameurs) qui agissent uniquement par leur poids, soit à l'aide de compacteurs vibrants (à bille lisse ou à pieds dameurs) qui agissent par leur poids et par la vibration (amplitude et fréquence) qu'ils génèrent, soit au moyen de ces deux types de compacteurs.

Les défauts de compactage peuvent se traduire par des fissures, des flashs, des glissements, des tassements différentiels, dont la rapidité d'apparition dépend de l'importance des anomalies.

Par conséquent, l'opération de compactage des matériaux est encadrée par un objectif (exprimé en taux de compactage) à atteindre par rapport à une valeur de référence, déterminée en laboratoire à l'aide de l'essai Proctor.

Objectif terrassements	Masse volumique moyenne ρ_{dm}	Masse volumique fond de couche ρ_{dfdc}	Observation
q4	$\rho_{dm} \geq 95 \% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{dfdc} \geq 92 \% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif remblais, purges, PST
q3	$\rho_{dm} \geq 98,5 \% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{dfdc} \geq 96 \% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif CDF

NOTA. Il est intéressant de noter que l'objectif de fond de couche est exigé comme objectif de compactage des éprouvettes utilisées pour la caractérisation des matériaux.

L'objectif visé est ensuite vérifié in situ par rapport à deux mesures :

- La mesure de la masse volumique moyenne obtenue sur toute la hauteur de la couche compactée dénommée pdm ; cette valeur est la plus facile à mesurer sur chantier.
- La mesure de la masse volumique en fond de couche sur les 8 cm constitués par la base de la couche pfdc. Cette dernière mesure est considérée comme la principale performance à obtenir pour garantir l'objectif de compactage.

Les objectifs de compactage dans les terrassements routiers sont au nombre de deux :

- **Objectif q4** : objectif fixé pour un remblai, une purge, une PST (partie supérieure des terrassements).
- **Objectif q3** : objectif fixé pour une couche de forme.

Ces deux objectifs sont définis en référence à une valeur cible, qui est celle obtenue par l'essai Proctor normal (cf. tableau ci-après). Cet essai – réalisé en laboratoire sur la fraction 0/20 mm du matériau (en général) et avec une énergie de compactage normale – permet de déterminer le couple de valeurs optimales de teneur en eau W_{OPN} (en %) et de masse volumique sèche ρ_{OPN} (en t/m³).

4.5. Travaux de mise en œuvre de la couche de forme

Sur le chantier, une fois l'arase traitée, la portance de la partie supérieure des terrassements (PST) s'élevait à 50 MPa au minimum. Une planche d'essais (200 m) a été réalisée afin de définir les modalités d'exécution de la couche de forme et d'obtenir les performances visées en matière de géométrie, de compacité et de portance. Celle-ci a été contrôlée par mesure du niveau de la déflexion à 28 jours (inférieure à 60/100 mm pour 95 % des points).

Ensuite, pour réaliser la couche de forme, il a fallu, dans un premier temps, acheminer les matériaux préalablement sélectionnés et stockés (quatre zones de stockage). Cette réserve de matériaux, permettant de ne pas puiser dans les ressources minières locales, avait été constituée dans un but bien précis : être réutilisée pour construire la couche de forme traitée au LHR. Les matériaux sont repris sur stock à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tombereaux articulés et mis en œuvre sur 40 cm, pour une épaisseur finale de 36 cm (bull assisté par GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale. Enfin, il y a eu préréglage avec une niveleuse guidée par GPS, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement.

« Cette phase est 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 », rappelle Thierry Hugon.

Cette opération a été suivie du traitement proprement dit. Il se divise en plusieurs phases :

- La teneur en eau est contrôlée : si elle se révèle insuffisante, on procède à un ajustement par enfouissement et à une nouvelle remise en forme ;
- Un épandage de la chaux vive est effectué, à raison de 1 % (soit environ 7 kg/m²), à la surface du matériau, à l'aide d'un épandeur asservi avec contrôle pondéral Akera 19 ;
- Puis le matériau et la chaux sont intimement mélangés sur une épaisseur de 40 cm par un malaxeur CAT RM 500 ;

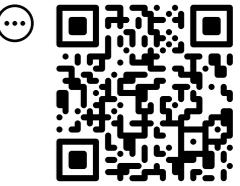


Ci-dessus de gauche à droite.

- ↑ Reprise sur stock à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tombereaux articulés. ©Valentin Minard-David/Roger Martin
- ↑ Atelier de traitement de la couche de forme constitué d'un épandeur et d'un pulvimalaxeur couplé à une citerne d'eau qui humidifie le matériau dans la chambre du malaxeur. ©Valentin Minard-David/Roger Martin

Ci-contre.

- ← Vue générale du chantier avec l'atelier de malaxage suivi de près par l'atelier de compacteurs à pied dameur. ©Valentin Minard-David/Roger Martin



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



Ci-dessus de gauche à droite.

↑ Vue générale du chantier de traitement de la couche de forme. ©Valentin Minard-David/Roger Martin ↑ Compactage de la couche de forme à l'aide de compacteurs à pied dameur. ©Valentin Minard-David/Roger Martin ↑ Niveleuse suivie d'un compacteur à bille. ©Valentin Minard-David/Roger Martin ↑ Atelier de mise en œuvre de la cure à l'émulsion de bitume. ©Valentin Minard-David/Roger Martin

« Une niveleuse avec guidage à la station robotisée effectue le réglage final par recoupe de la couche traitée, pour obtenir un résultat au centimètre près. On obtient ainsi un très bon uni et un profil en long très régulier. »

- Le matériau traité à la chaux est ensuite compacté à 80 % de son énergie de compactage et laissé au repos pendant un délai de soixante-douze heures, déterminé en fonction des contraintes du chantier ;
- Après une scarification du matériau et un contrôle de la teneur en eau, un épandage du LHR Ligex M4 est réalisé, à raison de 5 % (soit environ de 32 kg/m²), à la surface du matériau, à l'aide d'un épandeur asservi avec contrôle pondéral Akera 19 ;
- Puis le matériau et le liant sont mélangés sur une épaisseur de 40 cm par un malaxeur Wirtgen WR 240i et la teneur en eau est éventuellement corrigée par injection d'eau dans la cloche du malaxeur ;
- Le matériau est ensuite remis en forme. La teneur en eau est contrôlée : si elle se révèle insuffisante, on procède à un ajustement par enfouissement et à une nouvelle remise en forme ;
- Après réglage, le compacteur à pieds dameurs réalise huit passes afin d'atteindre l'objectif q3.

« Une niveleuse avec guidage à la station robotisée (précision de 5 mm) effectue le réglage final par recoupe de la couche traitée, pour obtenir un résultat au centimètre près (tolérance ± 1 cm). On obtient ainsi un très bon uni et un profil en long très régulier », ajoute Thierry Hugon.

Un enduit monocouche prégravillonné est ensuite appliqué pour protéger la couche de forme et pour assurer la bonne prise hydraulique du mélange.

À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant un délai de vingt-huit jours, largement supérieur au temps nécessaire pour obtenir le durcissement adapté du matériau, permettant la remise en circulation de la route, mais compatible avec le planning et l'organisation du chantier.

DÉLAIS POUR LA REMISE EN CIRCULATION D'UNE COUCHE DE FORME TRAITÉE AVEC UN LIANT HYDRAULIQUE ROUTIER (LHR)

Il faut distinguer deux cas :

- Délai pour autoriser la circulation de chantier ;
- Délai pour la remise en circulation de la chaussée.

1. Délai pour autoriser la circulation de chantier sur une couche de forme (CDF) traitée

Ce délai dépend de la nature du trafic, de son intensité, des caractéristiques du matériau traité et de la portance du support. En France, conformément aux pratiques actuelles, une CDF traitée et protégée par un enduit gravillonné peut être circulée :

- Immédiatement par les véhicules légers, quelles que soient les caractéristiques du matériau de la chaussée et la qualité du support ;
- Au bout d'un délai de mûrissement par les poids lourds. Ce délai, nécessaire pour permettre la prise et le durcissement minimal du matériau traité, correspond à la durée au bout de laquelle la résistance à la compression du matériau traité atteint la valeur conventionnelle de 1 MPa (valeur fixée par REX et spécifiée dans le *Guide de traitement des sols* [GTS]).

Cette résistance à la compression de 1 MPa peut être atteinte au bout d'un délai qui varie en fonction de la nature du sol, de la nature du LHR ainsi que de son dosage et de la température ambiante au moment de la réalisation du chantier. En général, ce délai varie de un à dix jours.

2. Délai pour la remise en circulation d'une chaussée ayant une CDF traitée

On sous-entend une chaussée achevée, ayant fait l'objet d'une remise en état des dépendances (accotements, bermes, fossés) et ayant reçu sa couche de roulement et sa signalisation. Pour la remettre en circulation, y a-t-il un seuil de résistance à la compression à atteindre ?

La réponse est « non », et ce quel que soit le niveau du trafic escompté. Car le délai de mûrissement a déjà été observé avant la réalisation des couches d'assise et de la couche de roulement. On peut, dès lors, se poser la question de l'incidence du délai de mûrissement observé sur la durée totale du chantier.

Rappelons qu'un chantier de ce type est, en principe, constitué de plusieurs opérations :

- Les travaux préparatoires, qui peuvent être plus ou moins complexes ;
- Les travaux de traitement en place de la CDF, qui comprennent une suite d'opérations à réaliser dans un ordre bien précis : épandage du liant, malaxage, nivelage, compactage et cure ;
- Les travaux de remise en état des dépendances, accotements, bermes et fossés ;
- La réalisation des couches d'assise (couche de fondation et couche de base) ;
- La réalisation de la couche de surface ;
- La signalisation horizontale et verticale.

L'entreprise se doit d'organiser et de planifier ces opérations afin de minimiser ou, mieux, d'annuler l'impact du délai de mûrissement sur la durée totale du chantier. S'il y a des travaux de remise en état des dépendances, l'entreprise pourra facilement effacer cet impact en mettant à profit la période de mûrissement pour réaliser des travaux sur les dépendances. En d'autres termes, le délai de mûrissement n'a pas d'incidence sur la durée totale du chantier.

4.6. Contrôles

Les contrôles suivants ont été réalisés par le laboratoire de Roger Martin (contrôle interne) et par le laboratoire Gracchus (contrôle externe) :

- Le contrôle de la teneur en eau naturelle du sol a été réalisé avant, pendant et après le traitement ;
- Le contrôle de l'épandage du liant s'est fait par pesées de bâches et contrôle des recouvrements à raison de trois mesures par jour et par poste ;
- Pour le malaxage, le contrôle de la finesse de la mouture, de l'homogénéité et de la profondeur a été réalisé visuellement ;
- En ce qui concerne le compactage, l'objectif était q3 pour les couches de forme et q4 pour les PST et les remblais courants. Ces contrôles ont été réalisés avec les méthodes suivantes :
 - Méthode Q/S
 - Pénétrromètre (pour les remblais)
 - Essai à la plaque (pour la PST)
 - Essai de déflexion (pour la couche de forme). Les résultats obtenus à vingt-huit jours montraient que le traitement était homogène et que le niveau de la déflexion était conforme ;
 - Les contrôles géométriques ont été effectués par levés topographiques au théodolite par profils.



← Ci-contre.

Une niveleuse avec guidage à la station robotisée effectue le réglage final. Le contrôle géométrique est effectué par levée topographique. ©Valentin Minard-David/Roger Martin

→ Ci-contre.

Mise en œuvre de la couche de fondation en grave-bitume. ©Valentin Minard-David/Roger Martin



4.7. Travaux de mise en œuvre de la chaussée

4.7.1. Fabrication des matériaux bitumineux

Les matériaux bitumineux ont été fabriqués par une centrale mobile de type RF 500, installée sur une plateforme sise à proximité du chantier. Cette centrale a fabriqué et livré les produits suivants :

- La grave-bitume GB4 ;
- Le béton bitumineux semi-grenu BBSG ;
- Le béton bitumineux très mince BBTM.

Les sables et les agrégats d'enrobés (en provenance de l'actuelle RN124 et d'autres chantiers locaux) ont été stockés sur la plateforme, à l'abri des intempéries, dans deux hangars de 3 000 m² chacun, construits par l'entreprise pour protéger les matériaux, maîtriser leur teneur en eau et limiter par conséquent l'énergie pour leur séchage.

4.7.2. Mise en œuvre des matériaux bitumineux

La mise en œuvre des matériaux bitumineux par l'agence Grands Travaux Enrobés (AGTE) de Roger Martin est en cours (début 2026). Les matériaux bitumineux (GB4, BBSG et BBTM), fabriqués à la centrale mobile et transportés sur le chantier dans des camions bâchés, sont mis en place successivement à l'aide d'un finisseur HPC, équipé d'une table de 11 m de largeur.

Chaque couche de matériaux a été compactée, conformément à la méthodologie définie lors de la planche d'essais, afin d'atteindre la compacité fixée.

ESSAI À LA PLAQUE EN TRAVAUX ROUTIERS

Objectif

L'essai à la plaque évalue la portance et la qualité du compactage des couches de matériaux en travaux routiers. Il mesure la déformabilité d'un sol sous une charge croissante, appliquée via une plaque rigide, exprimée par un module de déformation (EV).

Modules de déformation (EV)

- EV1 : Mesure la rigidité initiale du sol lors du premier chargement (comportement élastoplastique, avec tassement plastique puis élastique).
- EV2 : Mesure la rigidité du sol lors du second chargement (comportement pseudo-élastique, après réarrangement des grains). EV2 ≥ EV1 et reflète mieux le comportement sous charges répétées (trafic, exploitation).

Calcul des modules

Formule normalisée (théorie de Boussinesq) :

$$EV = 0,75 \times D \times \Delta\sigma / \Delta s$$

- D : diamètre de la plaque (m)
- $\Delta\sigma$: variation de contrainte (MPa)
- Δs : variation de tassement (m)

Interprétation des résultats

- Portance : évaluée par EV2 (valeur de référence)
- Qualité du compactage : calculée par le rapport $k = EV2/EV1$
- k élevé : sol mal compacté (EV1 faible, EV2 >> EV1)
- k proche de 1 : sol bien compacté (EV1 ≈ EV2)

Norme et équipement

- Norme : NF P 94-117-1 (France)
- Équipement :
 - Plaque circulaire (30 cm, 60 cm ou 76,2 cm de diamètre)
 - Contrepoids (camion, excavatrice) pour appliquer la charge
 - Mesure de la pression et de l'enfoncement

En résumé, l'essai à la plaque permet de vérifier la rigidité et la stabilité des sols en travaux routiers, en comparant leur comportement avant et après chargement. Les valeurs EV1 et EV2, ainsi que le rapport k, guident les décisions de compactage et de portance.

5. 12 000 TONNES DE LIGEX M4 LIVRÉES PAR HEIDELBERG MATERIALS

« Nous avons une large gamme de liants géotechniques avec une palette d'utilisations qui s'étendent à beaucoup de sols différents et nous venons de l'étoffer avec une nouvelle famille de liants à faible empreinte carbone, portant le label Ligexia », précise Bruno Classen, directeur du développement, marché Route et Environnement chez Heidelberg Materials France.

Les entreprises s'y retrouvent en fonction de l'usage qu'elles en font. Dans le cadre spécifique du chantier de mise à 2 x 2 voies de la RN124, entre Gimont et L'Isle-Jourdain, Roger Martin a utilisé le Ligex M4, qui jouit d'une excellente réputation et qui donne entière satisfaction aux clients. Il s'agit d'un liant polyvalent et à cinétique rapide, que les entreprises recherchent, car il a un bon rendement et permet l'optimisation du dosage en liant.

« En effet, le liant utilisé sur ce chantier est un Ligex M4, fabriqué dans notre usine de Bussac, qui se trouve à environ 260 km du chantier. Sa composition, avec une proportion adéquate de clinker, a été élaborée pour garantir à la fois une montée rapide en performances mécaniques, un délai de maniabilité adapté aux travaux de terrassement et des émissions de gaz à effet de serre maîtrisées : celles de CO₂ ont été réduites d'au moins 30 % par rapport à un liant de référence dont l'empreinte est de 752 kg CO₂ éq/t », ajoute Bruno Classen.

Au total, ce sont 12 000 t qui seront livrées sur une période de quatre mois (deux mois en 2025 et deux mois en 2026). Les cadences de livraison ont été très variables selon l'avancée des travaux. Cela sous-entend une logistique irréprochable. « En effet, la logistique a été un élément-clé de la réussite de ce chantier pour Heidelberg Materials. La bonne communication entre les équipes de traitement de Roger Martin, la logistique et la cimenterie de Bussac a permis la fluidité des livraisons », conclut Wilfrid Beck, responsable régional du marché routier.

6. BILAN

Malgré sa taille et sa complexité, le chantier s'est bien déroulé, et ce grâce à une bonne organisation, à un phasage rigoureux des travaux et à la forte mobilisation de moyens humains et matériels de la part de Roger Martin ainsi que de ses sous-traitants et fournisseurs. La solution technique (que l'entreprise a su proposer pour la gestion des sols excédentaires) et la haute qualification des équipes de mise en œuvre (qui ont réussi à réaliser une plateforme de haute qualité PF3) ont permis de gagner en coûts pour le maître d'ouvrage et en impacts environnementaux pour l'ensemble du projet.

« Je suis heureux du bon déroulement de cette opération et satisfait du résultat. Je le dois sûrement à l'équipe de mise en œuvre, mais aussi à tous les intervenants sur ce chantier (département du Gers, Setec, fournisseurs, sous-traitants...) », précise Thierry Hugon.

De l'avis de tous, de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise, en passant par la maîtrise d'œuvre, le choix du traitement du sol avec un LHR a été bénéfique.

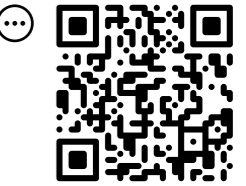
« Il a permis de réutiliser et de valoriser les matériaux du site, mais aussi de limiter le recours aux matériaux extérieurs au chantier, abaissant ainsi les coûts et les impacts du transport. En outre, ce chantier a été un défi du point de vue de l'organisation – en particulier, au regard de la longueur du tracé et des nombreux ouvrages qui le jalonnent –, du respect des enjeux environnementaux durant les travaux et de la mise en place de mesures compensatoires », ajoute Éric Gleyze.

EN QUELQUES CHIFFRES

- > Longueur : 13 km
- > Décapages et déblais : 2 000 000 m³
- > Sols valorisés à la chaux et/ou au LHR en remblais et couche de forme : 900 000 m³
- > Sols valorisés à proximité du chantier : 300 000 m³
- > Remblais routiers non traités : 500 000 m³
- > Modelés paysagers : 300 000 m³
- > Chaux : 14 000 t
- > LHR : 12 000 t

LIENS UTILES

- > Département du Gers <https://www.gers.fr>
- > Heidelberg Materials <https://www.heidelbergmaterials.com>
- > Setec <https://www.setec.fr>
- > Infociments Route <https://www.infociments.fr/route>
- > Roger Martin <https://www.rogermartin.fr>



Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : [infociments.fr/routes](https://www.infociments.fr/routes)



#Chantier #Déviation #Contournement #Miseà2x2voies #Traitementremblai #Traitementarase #Traitementcouchedeforme #Préserverlesressourcesgranulaires #Valorisation #Lianthydrauliqueroutier #PlateformePF3

Routes info

#46

- CHANTIER -

Routes info #46
RN2
NORD (59)



Liant hydraulique routier



Recyclage en place



Volume matériaux traités : 150 000 m³



Nord

Routes info #46 Chantier

Mai 2026

©Cimbéton

Texte : Joseph Abdo
& Cédric Le Gouil

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Dreal Hauts-de-France

Groupe de maîtrise d'œuvre

- Mandataire : Setec International
- Ouvrages d'art : Setec TPI
- Architecture et ouvrages d'art : Spielmann & Chirino Architectures

Fournisseur des LHR (Dorosol C et Doroport S)

Lafarge France

Groupe d'entreprises

- Mandataire : Guintoli/NGE
- Terrassements : Guintoli, NGE Génie civil, NGE Fondations
- Glissières métalliques et signalisation verticale : Agilis
- VRD, béton extrudé et enrobés : Colas

Contournement d'Avesnes-sur-Helpe. Plus de 300 000 tonnes de granulats économisés grâce à la valorisation des sols aux liants hydrauliques et à la réalisation d'une plateforme support de haute qualité PF3

← Photo d'ouverture.

Vue générale du chantier de mise en œuvre de la CDF traitée au LHR Doroport S. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

Le contournement par l'est d'Avesnes-sur-Helpe constitue un maillon essentiel dans l'aménagement et la modernisation de la RN2, entre Laon et Maubeuge. Long de 7,5km, il comprend 4,5km en 2x2 voies (de Bas-Lieu à Avesnelles) et 3km en bidirectionnel (d'Avesnelles à Étrœungt)*. La Dreal et Setec avaient deux objectifs : préserver les ressources granulaires dans les terrassements et réduire la part des matériaux nobles dans la structure de chaussée. À ces fins, la plateforme support de chaussée a été conçue en faisant appel au traitement des sols en place aux liants hydrauliques routiers. L'entreprise Guintoli/NGE en a choisi deux, fabriqués et livrés par Lafarge France, filiale du groupe Holcim : le Dorosol C pour traiter l'arase (3 500t) et le Doroport S pour traiter la couche de forme (7 500t).

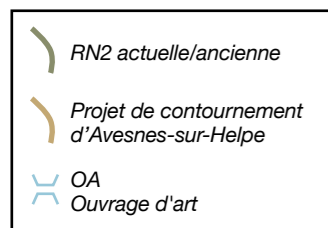
1. SITUATION

La commune d'Avesnes-sur-Helpe est située à l'extrémité sud-est du département du Nord (59), à environ 15 km de la frontière belge et à environ 20 km au sud de la ville de Maubeuge. La ville est perchée sur un éperon rocheux qui domine la vallée de l'Helpe majeure et traversée par cette même rivière, affluent de la Sambre.

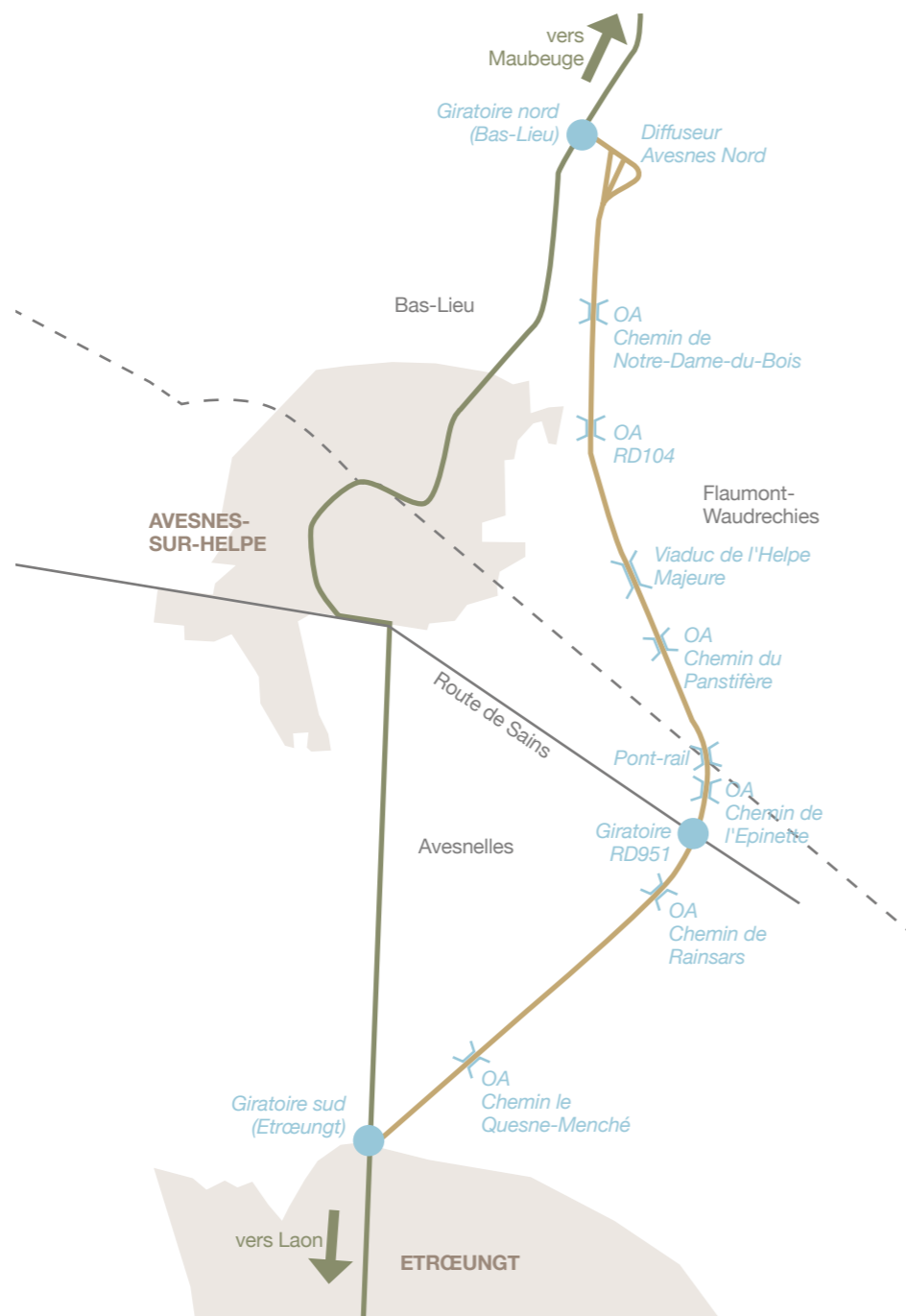
Avesnes-sur-Helpe est une ville riche en histoire : elle est connue pour ses fortifications du XI^e siècle, qui seront modernisées par Vauban, sa collégiale gothique et son patrimoine architectural. Elle est traversée par la RN2, qui relie Paris à la frontière belge, en passant par Soissons, Laon et Maubeuge.

La région, sise aux abords du massif ardennais, est soumise à un climat océanique à influence continentale. Les précipitations sont régulières (750 mm par an). En outre, le socle de l'Avesnois est constitué de roches primaires (schistes, grès et, parfois, calcaires), plissées, denses et étanches, parfois fissurées, surmontées de couches de sols plus ou moins poreux, tels que des limons, des sables et des argiles. Ce climat pluvieux et cette géologie particulière créent les conditions favorables à la formation d'aquifères.

(*) Ce tronçon a vocation à être doublé ultérieurement dans le cadre de la réalisation de la section La Capelle-Avesnes, en conformité avec le parti pris d'aménagement de la RN2, retenu par l'État, qui prévoit une 2x2 voies de Laon à Maubeuge.



→ **Figure 1.** Plan de situation illustrant le projet de contournement d'Avesnes-sur-Helpe par la RN2.



2. ÉTAT DES LIEUX

La RN2, longue de 225 km, est l'axe structurant reliant Paris à la frontière franco-belge, où elle se raccorde à la RN6 belge, qui rejoint Mons puis Bruxelles. Elle traverse deux régions (l'Île-de-France et les Hauts-de-France) et six départements, dont l'Oise, l'Aisne et le Nord.

La RN2 a fait l'objet d'aménagements, pour sa mise à 2x2 voies progressive, depuis plusieurs périodes de contractualisation (contrat de plan État-Région (CPER) et programme de développement et de modernisation des itinéraires (PDMI)). On peut en distinguer trois grandes parties :

- Entre Paris et Laon, où la mise à 2x2 voies a déjà été réalisée à plus de 80 % ;
- Entre Laon et Avesnes-sur-Helpe, où, sur 70 km, elle est majoritairement à 2 voies bidirectionnelles ;
- Entre Avesnes-sur-Helpe et Maubeuge, où l'aménagement est en cours.

L'opération Maubeuge – Avesnes-sur-Helpe, considérée comme prioritaire, a été lancée avec un découpage en trois sections :

- **Section nord** : Maubeuge Sud (Hautmont) – Beaufort, aménagée en 2x2 voies et mise en service en 2011 ;
- **Section centrale** : Beaufort – Bas-Lieu (Avesnes Nord), actuellement en phase d'études ;

- **Section sud** : contournement par l'est d'Avesnes-sur-Helpe, entre Bas-Lieu (Avesnes Nord) et Étrœungt (Avesnes Sud), en cours de réalisation et dont la mise en service est prévue en 2027.

Le tronçon Bas-Lieu – Étrœungt est un axe routier structurant, emprunté par un trafic qui varie entre 7 000 véhicules par jour (secteur Avesnes Sud) et 15 000 véhicules par jour (secteur Avesnes Nord), dont plus de 10 % de poids lourds. En raison de cette circulation dense et continue, la RN2 est saturée dans cette zone et souffre de beaucoup de ralentissements. Ceux-ci causent de la pollution, des impacts sur l'environnement, de la gêne aux usagers et des nuisances aux habitants des communes environnantes. Ces derniers doivent s'armer de patience aux « stops » et prendre beaucoup de risques, avant de s'engager sur la RN2. C'est donc un axe routier très chargé, mais aussi – et surtout – très accidentogène. Ces travaux constituent un enjeu important de sécurité routière.

« Le contournement d'Avesnes-sur-Helpe est un projet très attendu, notamment par les habitants, qui espèrent trouver tranquillité et sécurité. Il y a donc un vrai intérêt public pour celui-ci. En outre, il doit contribuer à faciliter les échanges entre le département du Nord et la Belgique », explique Nordine Ouzani, responsable de la cellule Stratégie et pilotage et responsable d'opérations à la Dreal Hauts-de-France (direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement).

3. LE PROJET DE CONTOURNEMENT D'AVESNES-SUR-HELPE

3.1. Tracé, déclaration d'utilité publique (DUP) et caractéristiques de l'opération

Ce tracé neuf contourne la commune d'Avesnes-sur-Helpe par l'est, sur un linéaire de 7,5 km. Cette nouvelle voie, qui aura le statut de route express RN2, est conçue en :

- 2x2 voies (nord de la RD951) sur 4,5 km, où la vitesse sera limitée à 110 km/h ;
- bidirectionnel (sud de la RD951) sur 3 km, où la vitesse sera limitée à 80 km/h.

Cet aménagement fait partie de l'opération Maubeuge – Avesnes-sur-Helpe et constitue la section sud, la section nord ayant été réalisée et mise en service en 2011. La section centrale est déjà déclarée d'utilité publique et son assiette foncière maîtrisée. Des études sont en cours en vue de lancer la réalisation de ce dernier tronçon dans le cadre d'un prochain contrat de plan.

« Ce projet s'inscrit dans le programme d'aménagement de la RN2 entre Maubeuge et Avesnes-sur-Helpe. Il a été déclaré d'utilité publique par décret en Conseil d'État du 4 mars 2003 ; ensuite, la déclaration d'utilité publique a été prorogée, par décret du 1^{er} mars 2013, jusqu'au 5 mars 2020 », ajoute Nordine Ouzani.

Le contournement d'Avesnes-sur-Helpe est financé à hauteur de :

- 64,9 M€ au contrat de plan État-Région 2015-2020, cofinancé par l'État (52 %) et la région Hauts-de-France (48 %) ;
- 98 M€ au contrat de plan État-Région 2021-2027, cofinancé par l'État (50 %) et la région Hauts-de-France (50 %).

Après les travaux du contournement d'Avesnes-sur-Helpe, il restera une dernière section à mettre à 2x2 voies pour finaliser l'aménagement de la RN2 entre Maubeuge et Avesnes sur Helpe : celle située entre Beaufort et Bas-Lieu (d'environ 8 km) et dont les travaux devraient être programmés au prochain contrat de plan État-Région.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DE L'OPÉRATION

Le contournement d'Avesnes-sur-Helpe totalise un linéaire de 7,5 km. Il comporte :

- 4,5 km de 2x22 voies au nord d'Avesnelles (nord de la RD951) ;
- 3 km de bidirectionnel au sud d'Avesnelles (sud de la RD951) ;
- 1 viaduc de 250 m sur l'Helpe majeure ;
- 2 ponts-rails SNCF, dont un pont-rail de 90 m ;
- 1 diffuseur au nord d'Avesnes et 1 raccordement à la RN2 actuelle via un giratoire ;
- 6 rétablissements routiers, dont 5 passages supérieurs et 1 passage inférieur (PI) ;

- 1 PI mixte permettant le rétablissement d'un passage agricole et du ruisseau Saint-Pierre ;
- 3 carrefours giratoires : 1 giratoire à Bas-Lieu (extrémité nord du contournement) pour se raccorder à la RN2 actuelle ; 1 giratoire à Étrœungt (extrémité sud du contournement) pour se raccorder à la RN2 actuelle et 1 giratoire intermédiaire au niveau d'Avesnelles, au croisement avec la RD951 ;
- 4 ouvrages hydrauliques (OH) ;
- Plusieurs ouvrages pour le passage de la petite faune ;
- 4 bassins de décantation ;
- 1 aire de contrôle et de pesage pour poids lourds ;
- Un dévoiement des réseaux AEP, télécoms et lignes électriques.



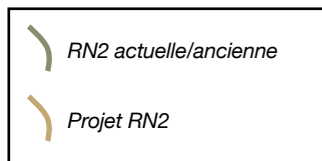
Vidéos, Guides techniques, organisation de Journées techniques, découvrez les outils mis à votre disposition sur : infociments.fr/routes

ROUTE NATIONALE 2

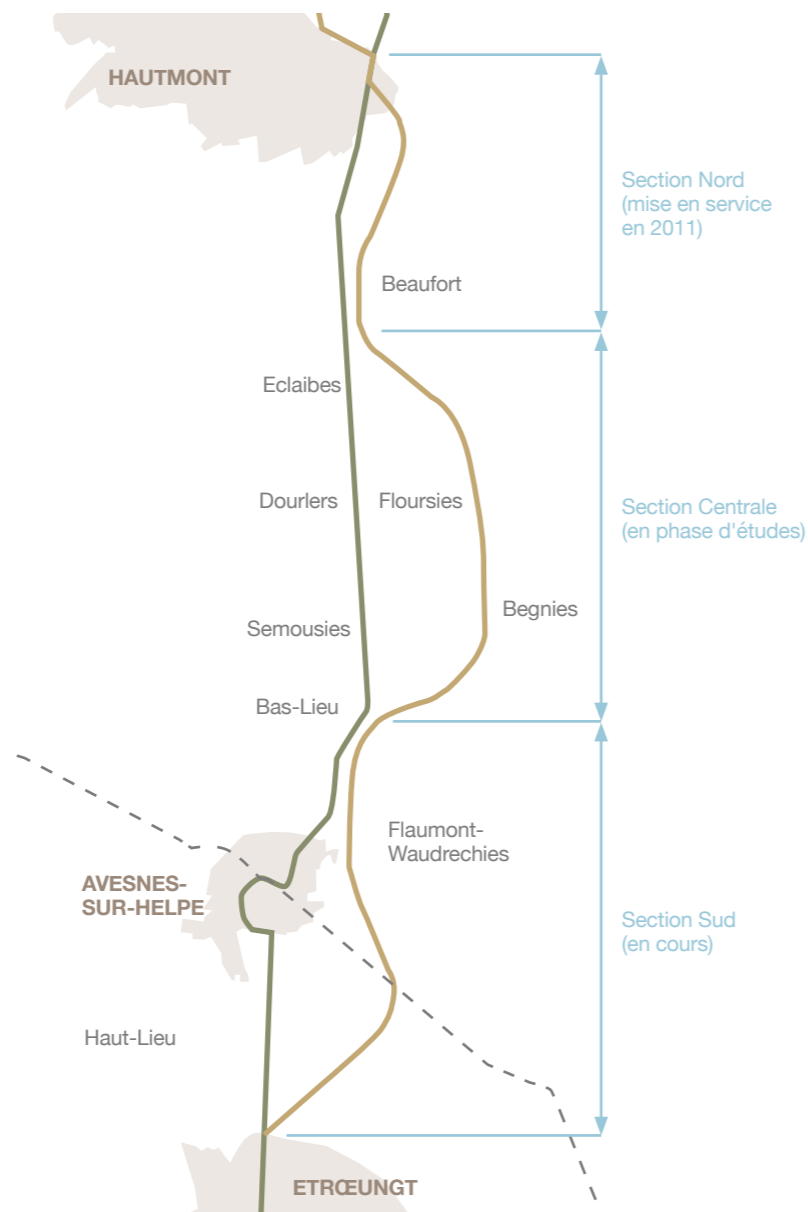
En métropole, la route nationale 2 (RN2) relie Paris à la frontière franco-belge, en passant par l'Île-de-France et les Hauts-de-France. Elle traverse le parc naturel régional de l'Avesnois, une zone connue pour sa richesse écologique et paysagère. Construite en route bidirectionnelle (1x2 voies), elle a fait l'objet, à la fin des années 1990, d'une étude pour un doublement, lequel est, depuis, en cours de réalisation. Aujourd'hui, la configuration de la route, de Paris à Soissons, est en 2x2 voies et majoritairement à 110 km/h.

Cette route a été autrefois surnommée « route de Flandre ». Néanmoins, elle ne mène pas en Flandre mais dans la région voisine du Hainaut. Par le passé, les Flandres ont désigné un ensemble plus large comprenant les Pays-Bas (soit, actuellement, le Benelux).





→ **Figure 2.**
Programme d'aménagement de la RN2 entre Maubeuge et Avesnes-sur-Helpe, dont la section qui s'étend de Bas-Lieu (Avesnes Nord) à Etrœungt (Avesnes Sud).



Ci-dessus.
↑ Réalisation d'un bassin de décantation par traitement du sol en place au LHR Dorosol C. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

3.2. Objectifs

Les principaux objectifs de ce projet sont d'améliorer :

- La sécurité des habitants et des usagers en supprimant des traversées d'agglomérations et des carrefours ;
- La desserte des pôles d'activité ;
- Le cadre de vie en réduisant les nuisances sonores et la pollution aérienne ;
- Les conditions de circulation et la sécurité des usagers et des riverains dans Avesnes-sur-Helpe.

Autres objectifs :

- Désenclaver le territoire ;
- Faciliter les échanges ;
- Favoriser le développement économique et touristique local en améliorant l'accessibilité du territoire et la liaison vers Maubeuge et la Belgique (la RN2 s'inscrit en effet dans le programme de développement économique de la Sambre-Avesnois-Thiérache, qui se traduit par un pacte de développement local, dit « pacte SAT », conclu entre l'État et les collectivités territoriales).

La mise en service du contournement d'Avesnes-sur-Helpe est prévue en 2027.

3.3. Études d'impact

La RN2 traverse le parc naturel régional de l'Avesnois, connu pour sa richesse écologique et paysagère.

Des études environnementales ont été effectuées à la demande de la Dreal afin d'évaluer les impacts du projet sur l'environnement et de mettre en œuvre la séquence ERC (éviter, réduire, compenser). Il s'agit de respecter la nature et les paysages, de maintenir les corridors écologiques, de réduire les impacts sur l'environnement pendant les travaux et l'exploitation de la route nationale.

L'arrêté préfectoral d'autorisation environnementale du contournement d'Avesnes-sur-Helpe a été obtenu le 14 mars 2022, ce qui a permis de démarrer les travaux préparatoires.

« Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à prévoir des mesures de réduction et de compensation durant les travaux, mais aussi des mesures pour assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux aménagés après la mise en service de la route », précise Nordine Ouzani.

Ces mesures sont :

- Réduction des impacts, en phase de conception et de réalisation, par un choix adapté des matériaux et des techniques constructives ;
- Réalisation d'ouvrages pour assurer le déplacement de la petite faune ;
- Réalisation d'ouvrages hydrauliques intégrant des banquettes latérales aménagées pour la faune ;
- Pose de bâches afin d'éviter l'intrusion d'amphibiens sur les secteurs qui y sont favorables ;
- Suivi qualitatif des eaux souterraines après la mise en service.

La Dreal a fait réaliser les travaux de mesures compensatoires et veillé à assurer la sécurisation foncière de ces mesures et leur gestion. Les travaux de mesures compensatoires consistent notamment en :

- Création et restauration de haies ;
- Création et restauration de ripisylves (formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau) ;
- Création de mares ;
- Plantation de boisements humides.

Plus de 70 ha de zones humides ont été restaurées dans le cadre de ces mesures compensatoires.

3.4. Études techniques

3.4.1. Contexte hydrogéologique et géotechnique

Le tracé de la nouvelle RN2, entre Bas-Lieu (Avesnes Nord) et Etrœungt (Avesnes Sud), se situe sur des plateaux faiblement ondulés et qui sont entaillés par des vallées rigoureuses (Solre, Thure, Helpe mineure, Helpe majeure, etc.). Sur le plan géologique, le socle est constitué de roches primaires, principalement des schistes, des grès et parfois des calcaires, souvent recouvertes de limons ou de limons faiblement argileux. Sur le plan hydrologique, cette zone se caractérise par l'abondance des nappes aquifères.



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

« Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à prévoir des mesures de réduction et de compensation durant les travaux, mais aussi des mesures pour assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux aménagés après la mise en service de la route. »



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



↑ Ci-dessus. Affleurements de roches schisteuses mis à jour au cours des terrassements en déblais. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

Ces caractéristiques géologiques et hydrogéologiques font que les formations superficielles – qui se trouvent sur le nouveau tracé de la RN2 – sont souvent mal drainées, ce qui les classe, du point de vue géotechnique, dans la catégorie des matériaux humides à très humides.

3.4.2. Solution de base de la maîtrise d'œuvre

La solution de base a été construite par Setec en prenant en compte les trois éléments suivants :

- La démarche Ingénieurs & Citoyens en faveur d'une écoconception du projet s'est traduite par une stratégie de construction fondée sur la valorisation des sols du site aux liants hydrauliques routiers (LHR) ; sur l'utilisation minimale des matériaux nobles et, en particulier, des ressources granulaires ainsi que sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- Le profil en long doit être calé afin que le niveau final de la route soit compatible avec la topographie de la zone et avec les ouvrages existants qu'elle croise (ligne SNCF, plusieurs routes départementales et communales, plusieurs cours d'eau) ;
- Les sols présents sur le tracé sont, dans leur état naturel, inadaptés à l'utilisation du fait de leur humidité excessive.

3.4.3. Reconnaissances géotechniques et recherche de gisements de matériaux

Une mission géotechnique G2 avait été confiée à Ginger. Des prélèvements sur le nouveau tracé, au niveau du profil en long, ont été réalisés et les différents matériaux identifiés et classés conformément au Guide des terrassements routiers (GTR) et à la norme NF P 11 300. Ces matériaux sont :

- Des limons, essentiellement de type F1 (A1) et F2 (A2), classés humides « h » à très humides « th » et en quantité suffisante ;
- Des schistes Me (R6) et, parfois, des calcaires Li (R2).

3.4.4. Études de traitement

Les études menées sur les échantillons prélevés ont confirmé l'aptitude des limons au traitement au LHR. *A priori*, les matériaux rocheux (schistes et calcaires) ne nécessitent pas de traitement pour être utilisés en partie supérieure des terrassements (PST). Du fait de leur état humide à très humide, ces limons seront prétraités à la chaux vive afin d'abaisser leur teneur en eau au niveau adéquat à leur traitement au LHR.

Forts de ces résultats favorables, la Dreal et Setec ont affirmé leur choix technique pour réaliser la plateforme support : le traitement des matériaux à la chaux et au LHR, vu les avantages de cette technique sur le plan environnemental et économique (pas de déchets, préservation des ressources granulaires à hauteur de 300 000 tonnes, réduction des transports).

3.4.4.1. Solution de base pour la plateforme support

La plateforme support de la solution de base a été conçue comme suit :

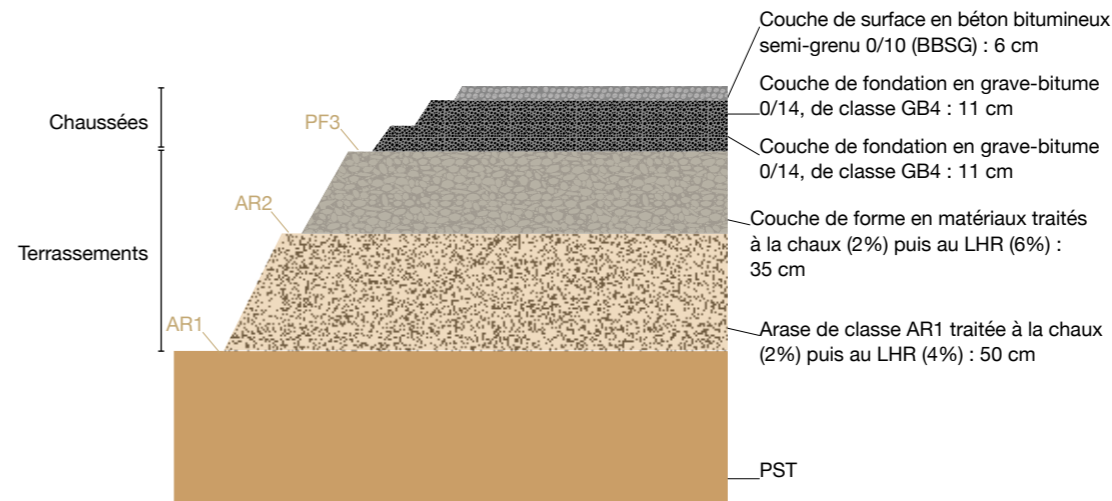
- Assise de remblai réalisée en matériaux rapportés de type calcaire Li (R2), compatibles avec les zones humides et les zones inondables ;
- Réalisation des remblais, par couches compactées de 50 cm, avec les matériaux F1 (A1) et F2 (A2) rapportés des stocks préalablement constitués ;
- Traitement de la PST successivement avec 2% de chaux et 4% de LHR, sur une épaisseur compactée de 50 cm, afin de passer d'une arase AR1 à une arase AR2 et surtout d'atteindre une arase peu gélive ;
- Traitement mixte de la couche de forme (CDF) en matériaux rapportés F1 (A1) / F2 (A2), avec 2% de chaux suivis de 6% de LHR, sur une épaisseur compactée de 35 cm, afin de conférer à la plateforme support un niveau de portance élevé PF3 (EV2 >120 MPa, déflexion inférieure à 40/100e de mm) et des performances mécaniques élevées de classe 5 au sens du Guide de traitement des sols (GTS) (zone 4 sur le diagramme de classification à 90 jours).

« Sur la base d'études de conception détaillée menées par Setec, l'appel d'offres prévoyait de recourir à la technique de traitement des sols en place pour assurer la stabilité des remblais, pour améliorer les performances de l'arase et pour réaliser la couche de forme à partir des matériaux du site », ajoute Mamy Rasanda, responsable maîtrise d'œuvre travaux chez Setec International.

3.4.4.2. Structure de la chaussée dans la solution de base

La chaussée avait été dimensionnée pour un trafic élevé TC6 (environ 1 500 PL/j) et une plateforme PF3. La structure de chaussée retenue dans l'appel d'offres était la suivante :

- Couche de surface en béton bitumineux semi-grenu 0/10 (BBSG), d'épaisseur 6 cm ;
- Couche de base en grave-bitume 0/14, de classe GB4 et d'épaisseur 11 cm ;
- Couche de fondation en grave-bitume 0/14, de classe GB4 et d'épaisseur 11 cm.



← Figure 3 Coupe en travers-type de la structure de chaussée prévue initialement pour le contournement d'Avesnes-Sur-Helpe.

3.4.4.3. Objectifs

Les objectifs visés par la Dreal et Setec sont :

- Optimiser les mouvements de sols et réduire au minimum les sols excédentaires ;
- Réduire le transport des matériaux ;
- Préserver le réseau routier environnant ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- Obtenir une plateforme support de classe de portance PF3.

Le projet du contournement d'Avesnes-sur-Helpe a été réalisé sur un terrain vierge, anciennement occupé par des champs, mais avec des contraintes topographiques et géotechniques.

Les travaux de terrassement ont donc engendré des mouvements de terres importants, avec un volume déplacé de 880 000 m³, chiffres intégrant la gestion des terres végétales (très excédentaires).

« Soucieux de limiter les mises en décharge des sols excédentaires, nous nous sommes fixé l'objectif d'optimiser les mouvements de terres. Au lieu d'être évacués, ces matériaux devaient être stockés sur place puis réutilisés pour la confection d'ouvrages divers, tels que talus, merlons, modelés paysagers et remblais. Le problème est que le chantier est très contraignant au niveau de l'emprise, ce qui limite le stockage des matériaux dans l'emprise du chantier à 300 000 m³ », précise Mamy Rasanda.

3.4.5. Attribution du marché

L'attribution du marché a été annoncée en novembre 2023 par la Dreal. C'est un groupement d'entreprises, mené par Quintoli/NGE (mandataire), qui a été adjudicataire de la totalité des travaux de terrassement, d'assainissement et de chaussée.

Ce groupement est constitué de Quintoli pour les travaux de terrassement, NGE Génie civil pour les ouvrages d'art, NGE Fondations pour les fondations des ouvrages d'art, Agilis pour les glissières métalliques ainsi que la signalisation verticale et Colas pour les travaux de VRD, les ouvrages en béton extrudé et les enrobés.

3.4.6. La solution proposée par Quintoli

3.4.6.1. Reconnaissances géotechniques et recherche de gisements de matériaux

Une mission géotechnique G3 avait été effectuée par Quintoli avant le démarrage du chantier. Des prélèvements sur le nouveau tracé ont été réalisés et les différents matériaux identifiés et classés conformément au GTR et à la norme NF P 11 300. Ces matériaux sont :

- Des limons, essentiellement de type F1 (A1) et F2 (A2), dans un état humide à très humide, de classe « h » à « th » et en quantité suffisante ;
- Des matériaux rocheux (schistes et, parfois, calcaires).

3.4.6.2. Les études de traitement et la procédure de réalisation des terrassements

Les études menées sur ces matériaux avec les liants Dorosol C et Doroport S ont permis de déterminer les dosages en liants (chaux, Dorosol C et Doroport S) pour atteindre les performances visées (classe 5 au sens du GTS ; non-gélivité par l'essai de cryosuccion) et une plateforme support de portance PF3.

Quintoli a donc proposé à la Dreal et à Setec une adaptation de la procédure du traitement de la PST et de la CDF (choix du liant et du dosage) de la manière suivante :

« Soucieux de limiter les mises en décharge des sols excédentaires, nous nous sommes fixé l'objectif d'optimiser les mouvements de terres. Au lieu d'être évacués, ces matériaux devaient être stockés sur place puis réutilisés pour la confection d'ouvrages divers, tels que talus, merlons, modelés paysagers et remblais. »



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

- Arase de terrassement de classe AR1 (hors remblais), traitée au LHR Dorosol C (3,5%) sur une épaisseur de 50 cm pour atteindre la classe AR2.
- CDF traitée à la chaux (2%) et au LHR Doroport S (5%), sur une épaisseur de 35 cm.
- Remblais : chaque remblai est différent en fonction des matériaux utilisés :
 - Corps du remblai : schistes ou calcaires en provenance des déblais du site sur une épaisseur qui dépend de la hauteur du remblai ;
 - PST en remblai : sols de classe F1 (A1) ou F2 (A2), traités systématiquement à la chaux (1,5 à 2,5%) sur une épaisseur de 50 cm.

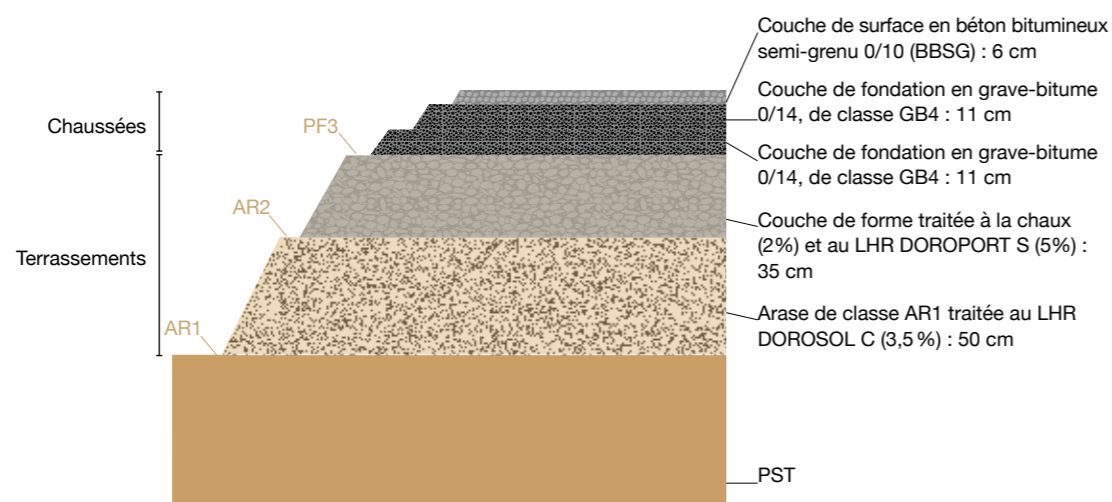
L'objectif fixé pour la plateforme support est une portance de niveau PF3, soit un module d'élasticité EV2 : $120 \leq EV2 < 200$ MPa.

3.4.6.3. Structure de la chaussée proposée par Guintoli

Sur la CDF traitée, de classe de portance PF3, Guintoli n'a pas apporté d'adaptation à la structure de chaussée proposée dans l'appel d'offres.

→ Figure 4.

Coupe en travers-type de la structure de chaussée retenue pour le contournement d'Avesnes-Sur-Helpe.



3.4.6.4. Études d'exécution

Les études d'exécution ont été adaptées, sans modifier le fil rouge du projet, pour prendre en compte les modifications apportées par le choix des matériaux et des liants dans les travaux de terrassement.

4. RÉALISATION DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

4.1. Phasage du chantier

Pour le contournement d'Avesnes-sur-Helpe, Guintoli/NGE a reçu l'ordre de service de démarrer les travaux le 18 mars 2024. Les travaux de terrassement ont été découpés et planifiés pour prendre en compte à la fois la capacité limitée de stockage des matériaux sur site (contrainte d'emprise) et la nécessité de laisser se dérouler les fouilles archéologiques dans de bonnes conditions, selon un phasage précis, conforme au calendrier suivant :

- Terrassements pour aménager les accès aux endroits prévus pour les ouvrages d'art (de mars à juin 2024) ;
- Travaux de construction des ouvrages d'art (de juin 2024 à mars 2025) ;
- Terrassements généraux et réalisation des remblais : le chantier a été découpé en trois secteurs :
 - **Secteur 1** : correspond à la partie sud du contournement (en 1 x 2 voies), de longueur 3 km. Les travaux de terrassement ont été planifiés entre juin 2024 et juin 2025. La construction des remblais et les travaux de renforcement de la PST ont été planifiés sur la période s'étalant de juillet 2025 à avril 2026 ;
 - **Secteur 2** : correspond à la partie centrale du contournement (en 2 x 2 voies), de longueur 3 km. Les travaux de terrassement, majoritairement en déblais, ont été planifiés entre juin 2024 et décembre 2025. Ce secteur constitue en principe le gisement de sols F1 (A1) et F2 (A2) et de matériaux (schistes et, parfois, calcaires) pour les secteurs 2 et 3. Le traitement de l'arase est planifié au printemps 2026 ;

- **Secteur 3** : correspond à la partie nord du contournement (en 2 x 2 voies), de longueur 1,5 km. Les travaux de terrassement ont été planifiés sur la période s'étalant de mars à juillet 2026. Les travaux de remblai et de renforcement de la PST sont planifiés sur la période s'étalant de juillet à octobre 2026.

- Réalisation de la CDF et traitement au LHR Doroport S : de mars à octobre 2026.

4.2. Travaux de terrassement généraux des secteurs 1 et 2

En juin 2024, les travaux de terrassement ont commencé, sur les deux secteurs, par les opérations de décapage de la terre végétale et de mouvements des terres afin de modeler le terrain. Des moyens de terrassement de grande masse ont été mis en œuvre (pelles de 70 t, tombereaux articulés 40 t, etc.) pour extraire :

- Des limons argileux F1 (A1) et F2 (A2) ;
- Des schistes Me (R6) et, parfois, des calcaires Li (R2), extraits par des ateliers de pelles (type 70 t) et des tombereaux (de 40 t de charge utile) dans les déblais du chantier.

Grâce à une organisation adaptée, tant humaine que matérielle, l'entreprise a pu constituer les stocks de matériaux en réalisant des rendements élevés atteignant 3 000 à 4 000 m³ par jour.

4.2.1. Travaux de réalisation des remblais

Pour les remblais, il a été procédé en deux étapes :

- **La réalisation du corps du remblai : matériaux schisteux Me (R6) et, parfois, calcaires Li (R2)**

Il a fallu acheminer les matériaux sélectionnés et stockés sur le site, puis les régaler par couches successives d'une épaisseur maximale de 40 cm. Après vérification de la teneur en eau, les couches ont été compactées à l'aide d'un atelier constitué de compacteurs V5. Avant la réalisation de la PST des remblais, un contrôle de la portance a été effectué afin de s'assurer de l'obtention du niveau de portance visé, à savoir 30 MPa.



Ci-dessus de gauche à droite.

↑ Vue générale du chantier de terrassement, conçu en circuit fermé déblais-remblais. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

↑ Extraction et transport des matériaux à l'aide d'une pelle sur chenilles et d'un tombereau articulé. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

Ci-contre. Régalage.

©Guillaume Tisserand/Lafarge France

« Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse-enfouisseuse. »

• La réalisation de la PST des remblais

Ce sont des sols F1 (A1) et F2 (A2), en provenance des stocks constitués sur le site, qui ont été utilisés. Ils ont été acheminés et régalez en une couche de 50 cm d'épaisseur. Après vérification et ajustement de la teneur en eau, cette couche a été traitée à la chaux (à raison de 1,5 à 2,5 %) et compactée à l'aide d'un atelier de compacteurs V5.

4.2.2. Travaux de renforcement de l'arase en déblai

Pour renforcer l'arase en déblai, il a fallu, dans un premier temps, acheminer les matériaux F1 (A1) et F2 (A2) préalablement sélectionnés sur le site d'extraction. Ceux-ci ont été extraits à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tracteurs-bennes ou de tombereaux articulés et mis en œuvre à l'aide d'un bulldozer assisté par GPS, pour une épaisseur finale de 50 cm, afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale.

Sur l'arase ainsi préparée, un épandeur de liant asservi avec contrôle pondéral (de type Streu-master SW18) a distribué le liant Dorosol C (à raison de 3,5 %). Puis un pulvimalaxeur (de type Wirtgen WR2400) a assuré le malaxage du liant avec le matériau rapporté.

« Une étape-clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse-enfouisseuse », rappelle Alexandre Urien, directeur de travaux chez Guintoli.

L'opération de réglage a été faite au bulldozer ou à la niveleuse (soit guidés par GPS, soit au théodolite). Un compactage à l'aide de compacteurs de type V5 sur six passes est venu finaliser le profil en long et en travers. L'objectif était d'atteindre un niveau de compactage q4.

Dès la fin du compactage, une cure à l'eau a été réalisée et, si besoin, répétée en fonction des conditions météo. En fin de journée, un enduit monocouche prégravillonné a été appliqué pour protéger l'arase traitée et assurer la bonne prise hydraulique du mélange. À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant un délai de quinze à vingt jours.

Trois contrôles ont été effectués à ce stade :

- Le contrôle de la portance par mesure de la déflexion, qui devait être inférieure à 80/100 ;
- Le contrôle du compactage, qui devait être de qualité q4 ;
- Le contrôle des profils par levés topographiques.

4.2.3. Travaux de mise en œuvre de la couche de forme

Sur le chantier, une fois l'arase traitée, la portance de la PST s'élevait, au minimum, à 50 MPa. Ensuite, pour réaliser la CDF, il a fallu acheminer les matériaux F1 (A1) et F2 (A2) préalablement sélectionnés à l'aide d'une pelle sur chenilles et de tracteurs-bennes ou de tombereaux. Ces matériaux ont été mis en œuvre sur environ 40 cm, pour une épaisseur finale de 35 cm (bull assisté par GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale. Enfin, il y a eu un préreglage avec une niveleuse guidée par station optique, de façon à obtenir une épaisseur homogène avant traitement.



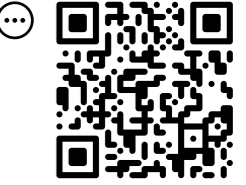
Ci-dessus de gauche à droite.

↑ Épandage du LHR Doroport S à la surface du matériau, à l'aide d'un épandeur asservi avec contrôle pondéral. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France
 ↑ Un pulvimalaxeur Wirtgen WR2400 a permis le malaxage du matériau et du liant Doroport S. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

« Cette phase est 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 durant la phase de réglage », explique Alexandre Urien.

Cette opération a été suivie du traitement proprement dit, réalisé en deux temps :

- Traitement du matériau à la chaux : après épandage de la chaux (à raison de 2 %), malaxage, préreglage fin et compactage à l'aide d'un compacteur V5, l'entreprise s'est assurée de la maîtrise de l'épaisseur de la CDF (environ 40 cm).
 - Le traitement au liant Doroport S : ces travaux ont démarré mi-avril 2026, dans de bonnes conditions météo (beau temps sec, température idéale, apparition statistique de gel peu probable). Le traitement s'est fait en plusieurs opérations :
 - Humidification : la teneur en eau du mélange a été contrôlée : si elle se révélait insuffisante, on procédait à son ajustement à l'aide d'une arroseuse-enfouisseuse ;
 - Épandage du liant Doroport S (à raison de 5 %) à la surface du matériau, à l'aide de deux épandeurs asservis avec contrôle pondéral ;
 - Malaxage du matériau et du liant sur une épaisseur d'environ 40 cm, à l'aide d'un pulvimalaxeur Wirtgen WR2400 ;
 - Régalage : le matériau a été ensuite remis en forme à l'aide d'une niveleuse guidée par une station de théodolite ;
 - Compactage : après régalez, deux types de compacteurs se sont chargés du compactage : le compacteur à billes V5 en huit passes, puis le compacteur à pneus P3 en quatre à six passes, afin d'atteindre l'objectif q3, d'assurer la bonne fermeture du matériau en surface et de donner un bel uni ;
 - Recoupe et réglage fin à l'aide d'une niveleuse guidée par une station de théodolite et d'un atelier de type pelle sur pneus ou tracteur-benne pour gérer l'excédent de matériaux ;
- « Une niveleuse avec guidage à la station robotisée (d'une précision de 5 mm) effectue le réglage final par recoupe de la couche traitée pour obtenir un résultat au centimètre près. Il en résulte un très bon uni et un profil en long régulier », ajoute Alexandre Urien.
- Cure du matériau traité : dès la fin du compactage, une cure à l'eau a été réalisée et, si besoin, répétée en fonction des conditions météo. En fin de journée, un enduit monocouche prégravillonné a été appliqué pour protéger la CDF et pour assurer la bonne prise hydraulique du mélange. À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant un délai de vingt et un jours, délai très sécuritaire en vue de garantir l'obtention de performances mécaniques élevées.



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

« Cette phase est 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 durant la phase de réglage. »



Ci-dessus de gauche à droite.

↑ L'arroseuse à enfouissement garantit une teneur en eau optimale. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France ↑ Réglage à la niveleuse en vue d'obtenir un profil en long très régulier et compactage de la CDF traitée en vue d'atteindre la compacité exigée. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France

DÉLAIS POUR LA REMISE EN CIRCULATION D'UNE COUCHE DE FORME TRAITÉE AVEC UN LIANT HYDRAULIQUE ROUTIER (LHR)

Il faut distinguer deux cas :

- Délai pour autoriser la circulation de chantier ;
- Délai pour la remise en circulation de la chaussée.

1. Délai pour autoriser la circulation de chantier sur une couche de forme (CDF) traitée

Ce délai dépend de la nature du trafic, de son intensité, des caractéristiques du matériau traité et de la portance du support. En France, conformément aux pratiques actuelles, une CDF traitée et protégée par un enduit gravillonné peut être circulée :

- Immédiatement par les véhicules légers, quelles que soient les caractéristiques du matériau de la chaussée et la qualité du support ;
- Au bout d'un délai de mûrissement par les poids lourds. Ce délai, nécessaire pour permettre la prise et le durcissement minimal du matériau traité, correspond à la durée au bout de laquelle la résistance à la compression du matériau traité atteint la valeur conventionnelle de 1 MPa (valeur fixée par REX et spécifiée dans le *Guide de traitement des sols* [GTS]).

Cette résistance à la compression de 1 MPa peut être atteinte au bout d'un délai qui varie en fonction de la nature du sol, de la nature du LHR ainsi que de son dosage et de la température ambiante au moment de la réalisation du chantier. En général, ce délai varie de un à dix jours.

2. Délai pour la remise en circulation d'une chaussée ayant une CDF traitée

On sous-entend une chaussée achevée, ayant fait l'objet d'une remise en état des dépendances (accotements, bermes, fossés) et ayant reçu sa

couche de roulement et sa signalisation. Pour la remettre en circulation, y a-t-il un seuil de résistance à la compression à atteindre ?

La réponse est « non », et ce quel que soit le niveau du trafic escompté. Car le délai de mûrissement a déjà été observé avant la réalisation des couches d'assise et de la couche de roulement. On peut, dès lors, se poser la question de l'incidence du délai de mûrissement observé sur la durée totale du chantier.

Rappelons qu'un chantier de ce type est, en principe, constitué de plusieurs opérations :

- Les travaux préparatoires, qui peuvent être plus ou moins complexes ;
- Les travaux de traitement en place de la CDF, qui comprennent une suite d'opérations à réaliser dans un ordre bien précis : épandage du liant, malaxage, nivelage, compactage et cure ;
- Les travaux de remise en état des dépendances, accotements, bermes et fossés ;
- La réalisation des couches d'assise (couche de fondation et couche de base) ;
- La réalisation de la couche de surface ;
- La signalisation horizontale et verticale.

L'entreprise se doit d'organiser et de planifier ces opérations afin de minimiser ou, mieux, d'annuler l'impact du délai de mûrissement sur la durée totale du chantier. S'il y a des travaux de remise en état des dépendances, l'entreprise pourra facilement effacer cet impact en mettant à profit la période de mûrissement pour réaliser des travaux sur les dépendances. En d'autres termes, le délai de mûrissement n'a pas d'incidence sur la durée totale du chantier.

4.3. Contrôles

Les contrôles suivants ont été réalisés par le laboratoire de Guintoli et par Ginger (contrôle extérieur) :

- Celui de la teneur en eau naturelle du sol avant, pendant et après le traitement ;
- Celui de l'épandage du liant par pesées de bâches et celui des recouvrements à raison de trois ou quatre séries, de trois mesures chacune, par jour ;
- Pour le malaxage, ceux de la finesse de la mouture, de l'homogénéité et de la profondeur, réalisés visuellement.
- En ce qui concerne le compactage, l'objectif était q4 pour les PST et les remblais courants et q3 pour les CDF. Ces contrôles ont été réalisés :
 - Pour les remblais, à l'essai à la plaque ou à l'aide du pénétromètre dynamique léger à énergie variable Panda ;
 - Pour l'arase, par mesures de déflexion à vingt et un jours et pour la déflexion de la PST, à la poutre de Benkelman. Les résultats montraient que le traitement était homogène et que le niveau de la déflexion sur la PST était excellent, largement inférieur à 80/100° ;
 - Pour la CDF, la déflexion moyenne, mesurée à soixante jours, était inférieure aux 50/100° de l'objectif.
- Les contrôles géométriques ont été effectués par levés topographiques sur tous les profils, à l'aide d'une station totale robotisée.

5. LE DOROSOL C BENOR D'ANVERS ET LE DOROPOORT S BENOR D'OBourg : DEUX LIANTS HYDRAULIQUES ROUTIERS PERFORMANTS ET POLYVALENTS

« Nous disposons d'une gamme de liants géotechniques nous permettant de proposer des solutions face à tout type de sol », commente Guillaume Tisserand, responsable commercial Nord Est et support technique chez Lafarge France, entité du groupe Holcim.

« Afin de répondre au besoin exprimé par Guintoli, le groupe Holcim a mobilisé les compétences techniques et commerciales franco-belges de ses entités Lafarge France et Holcim Belgique », ajoute Freddy Henin, product manager et expert technique chez Holcim Belgique.

Dans le cadre du chantier du contournement d'Avesnes-sur-Helpe, Guintoli a retenu deux liants : le Dorosol C et le Doroport S.

• Le Dorosol C Benor d'Anvers

Il s'agit d'un HRB N4 K48 S21 CL90-Q21 Ws 9,2 % selon la norme EN 13282-2 et certifié Benor. Ce LHR est aussi bien destiné aux travaux d'amélioration (arase, CDF, remblais techniques, pistes de chantiers provisoires, tranchées, etc.) qu'aux travaux de stabilisation (de l'arase à la fondation de chaussée). Il a été utilisé pour le traitement des arases, les rendant également non gélives.

• Le Doroport S Benor d'Obourg

Il s'agit d'un HRB N4 S64 K21 L10, selon la norme EN 13282-2, et certifié Benor. Ce LHR polyvalent à forte activation convient à tous les types de matériaux naturels ou artificiels. Il a été utilisé pour le traitement des CDF.

L'expérience du laboratoire d'application Holcim Belgique (Technical Support Lab TSL, basé à Obourg) a été mobilisée. Il a assisté l'entreprise dans les choix techniques du terrassement (arase et CDF).

Au total, ce sont 11 000 t qui seront livrées pour l'ensemble du chantier du contournement d'Avesnes-sur-Helpe :

- 3 500 t de Dorosol C :
 - 2 300 t livrées durant le second semestre 2025 ;
 - 1 200 t livrées durant le premier semestre 2026.
- 7 500 t de Doroport S :
 - 6 200 t livrées au printemps et à l'été 2026 ;
 - 1 300 t prévues au printemps et à l'été 2027.

« Pour les produits de type LHR mixte et LHR polyvalent, nos sites multimodaux d'Anvers et d'Obourg étaient les mieux placés géographiquement par rapport au chantier. La cimenterie d'Obourg, en particulier, qui subit une profonde modernisation en vue d'atteindre la neutralité carbone à l'échéance 2035, a permis de garantir d'importantes livraisons de Doroport S à faibles émissions de CO₂ », explique Guillaume Tisserand.

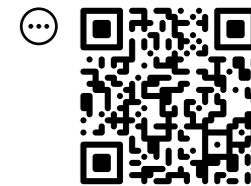
« Lafarge France a mis à profit les moyens logistiques et industriels du groupe Holcim afin de répondre aux attentes de fortes cadences logistiques de Guintoli. La période la plus intensive s'est concentrée sur les mois d'avril à juin 2026, où, durant six semaines, 4 000 tonnes de liant vont être livrées, avec des pics journaliers de 325 t/j, ce qui représente 12 camions-citernes par jour », ajoute Guillaume Tisserand.

« La priorité donnée à l'accompagnement du client et à la qualité, par la proximité avec le laboratoire d'application Holcim et le support technique associé, a été un élément-clé dans la réussite du chantier », conclut de concert Guillaume Tisserand et Freddy Henin.



Ci-dessus de gauche à droite.

↑ Liant Dorosol C. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France ↑ Liant Doroport S. ©Guillaume Tisserand/Lafarge France



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

« La priorité donnée à l'accompagnement du client et à la qualité, par la proximité avec le laboratoire d'application Holcim et le support technique associé, a été un élément-clé dans la réussite du chantier. »

« Ce chantier a été un défi en raison de l'organisation, du respect des enjeux environnementaux durant les travaux et de la mise en place de mesures compensatoires. »



↑ Ci-dessus.

Réalisation des cunettes d'assainissement en béton à l'aide d'une machine à coffrage glissant.
©Guillaume Tisserand/Lafarge France

6. BILAN

Malgré un hiver 2025-2026 marqué par de nombreux jours de pluie successifs, le chantier s'est bien déroulé, et ce grâce à une bonne organisation et à la forte mobilisation des moyens humains et matériels de Guintoli ainsi que de ses sous-traitants et fournisseurs. La solution technique retenue par la Dreal et Setec, adaptée et mise en œuvre par Guintoli – qui a consisté à réaliser une plateforme de haute qualité PF3 – a permis de gagner en coûts et en impacts environnementaux. Ce beau projet devrait être mis en circulation à la fin de l'année 2027.

« Pour moi, c'est une belle expérience que de mener un chantier avec un objectif de plateforme de haute qualité PF3. Je suis heureux que cette opération se soit bien déroulée et satisfait du résultat. Je le dois à l'équipe de mise en œuvre (personnel de conduite d'engins, laboratoire et encadrants), mais aussi à la contribution efficace de tous les intervenants (Dreal Hauts-de-France, Setec International, fournisseurs, sous-traitants, contrôle extérieur...) », précise Alexandre Urien.

De l'avis de tous, de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise, en passant par la maîtrise d'œuvre, le choix du traitement du sol au LHR a été bénéfique.

« Il a permis de valoriser les sols naturels disponibles dans l'emprise du chantier et d'éviter l'apport de matériaux granulaires, de sorte que les coûts et les impacts du transport ont été abaissés. Ce chantier a été un défi en raison de l'organisation (en particulier, au regard de la longueur du tracé, des nombreux ouvrages qui le jalonnent et des fouilles archéologiques), du respect des enjeux environnementaux durant les travaux et de la mise en place de mesures compensatoires. Enfin, le tronçon de l'aménagement déjà réalisé et mis en service est tout à fait conforme à nos attentes et il satisfait parfaitement les habitants des communes concernées pour des raisons évidentes de sécurité et de confort. Les usagers sont aussi satisfaits », ajoute Nordine Ouzani.

En outre, le fait d'avoir opté pour une plateforme support performante PF3 s'est révélé pertinent sur les plans technique, économique et environnemental.

« Malgré les conditions météo difficiles de l'hiver 2025-2026 (beaucoup de pluie) et les contraintes topographiques du tracé, le chantier s'est déroulé de façon convenable. Je suis satisfait du résultat, que l'on doit sûrement à la collaboration fructueuse des différents intervenants. En outre, le choix du traitement des sols au liant hydraulique routier s'est révélé pertinent, car il a permis de préserver les ressources granulaires, tout en générant des économies et en réduisant de beaucoup les impacts sur l'environnement », conclut Mammy Rasanda. ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > Longueur : 7,5 km
- > Déblais : 800 000 m³
- > Remblais routiers et paysagers (merlons) : 500 000 m³
- > Modelés : 80 000 m³
- > Chaux : 5 000 t
- > LHR : 11 000 t
- > PST traitée au liant : 75 000 m³
- > CDF traitée au liant : 50 000 m³

LIENS UTILES

- > Dreal Hauts-de-France
<https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr>
- > Setec International
<https://www.setec.com>
- > Guintoli/NGE
<https://www.nge.fr/>
- > Holcim
- > Lafarge France
<https://www.lafarge.fr>
- > Holcim Belgique
<https://www.holcim.be>
- > Infociments Route
<https://www.infociments.fr/route>

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

Guides techniques Cimbéton

- T 31**
Étude comparative en technique routière - Retraitement des chaussées en place vs renforcement
Méthode graphique de comparaison économique et environnementale
Cimbéton, 2010.
- T 50**
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement
Cimbéton, 2019.
- T 51**
Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 2 : Mise en œuvre
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
Cimbéton, 2005.
- T 57**
Voiries et aménagements urbains en béton. Revêtements et structures réservoirs
Cimbéton, 2007.
- T 58 et C 58**
Retraitement en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques
Cimbéton, 2008.
- T 64 Nouvelle édition 2026**
Carrefours giratoires en béton Tome 2 : CCTP-type. Bordereau de prix unitaire BPU. Détail estimatif DE.
Cimbéton/France Ciment, 2026.
- T 65**
Chaussées composites en béton de ciment. Tome 1 : Structures neuves en BAC collé sur GB
Cimbéton, 2008.
- T 67**
Aménagements décoratifs en matériaux naturels stabilisés aux liants hydrauliques. Caractéristiques techniques et règles de bonne pratique
Cimbéton, 2008.
- T 69**
Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton
Cimbéton, 2019.
- T 70 Nouvelle édition 2026**
Terrassements et assises de chaussées Traitement des sols aux liants hydrauliques
Cimbéton, 2026.

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

Plaquettes techniques Cimbéton

- En route vers le développement durable**
L'entretien des chaussées en place aux liants hydrauliques
Cimbéton, 2013.
- Chaussées composites en béton armé continu sur fondation en grave-bitume BAC/GB3**
Collection SNBPE - Collection technique Cimbéton, 2020.
- Chaussées composites en dalles béton à joints goujonnés sur grave-bitume BC5g/GB3**
Collection SNBPE - Collection technique Cimbéton, 2020.

Documentation technique Cimbéton

- Revue Routes n° 24**
Documentation technique
Les bétons compactés
Joseph Abdo / Cimbéton, décembre 1987.
- Revue Routes n° 102**
Documentation technique
La maîtrise de la fissuration des graves hydrauliques
Joseph Abdo / Cimbéton, décembre 2007.

Publications Specbea

- Les bétons décoratifs**
Voiries et aménagements urbains. Tome 1 : Finitions, gestes et techniques
Specbea, 2014.
- Les bétons décoratifs**
Voiries et aménagements urbains. Tome 2 : Entretien et rénovation
Specbea, 2016.
- Les bétons décoratifs**
Voiries et aménagements urbains. Tome 3 : Les règles de l'art
Specbea, 2019.

VIDÉOS & LOGICIELS

- Pour vous aider dans vos choix, découvrez sur notre chaîne YouTube et sur notre site nos outils d'aide à la décision (vidéos et calculateur).

Publications Sétra/LCPC

- Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en assises de chaussées
Sétra / LCPC, 2007.
- Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en remblais et couches de forme
Sétra / LCPC, 2000.
- Réalisation des remblais et des couches de forme
Fascicule I et fascicule II
Sétra / LCPC, 2000.
- Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en remblais et couches de forme
Sétra / LCPC, 2000.
- Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques
Application en assises de chaussées
Sétra / LCPC, 2007.
- Retraitement en place à froid des anciennes chaussées
Sétra / LCPC, 2003.
- Conception et dimensionnement des structures de chaussées
Sétra / LCPC, 1994.
- Chaussées en béton
Sétra / LCPC, 1997.
- Catalogue des structures-types de chaussées neuves
Sétra / LCPC, 1998.
- Fiches de structures composites BBTM/ES/BAC/GB3 (Note de la direction des routes, 2000). Fiches additionnelles au Catalogue des structures-types de chaussées neuves
Sétra / LCPC, 1998.

- Note d'information n° 18
Béton compacté : conception et dimensionnement
Sétra / LCPC, décembre 1985.
- Document technique
Recommandation pour la réalisation des bétons compactés
Sétra / LCPC, novembre 1985.

Projet national

- Le béton compacté au rouleau
Les barrages en BCR
Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 1997.

Publications Cerema

- **Guide technique**
Guide des terrassements des remblais et des couches de forme
Fascicule I et fascicule II
Cerema / IDRRIM, 2024.

Routes

Ciments ■ Liants hydrauliques routiers ■ Bétons



Les publications *Routes* c'est sur infociments.fr

Retrouvez tous nos articles en ligne et accédez à l'intégralité des sujets *Routes* (dossiers techniques complets, exemples de chantier et interviews, point de vues, etc).



ROUTES INFO #41

CHANTIER
RN7. NIÈVRE (58)

L'intérêt d'une plate-forme support de haute qualité PF4 pour le projet de mise à 2 x 2 voies de la RN7 dans la Nièvre



ROUTES INFO #42

DOSSIER
RÉSILIENCE URBAINE

Le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité



ROUTES INFO #43

DOSSIER
TRAITEMENT AUX LHR

Valorisation des sols par traitement aux LHR : la solution pour des plateformes de haute qualité, PF3 au minimum.



ROUTES INFO #44

CHANTIER
PORT DE LIMAY-PORCHEVILLE.
YVELINES (78)

Plateforme support performante pour un centre de distribution à haute qualité environnementale



ROUTES INFO #45

CHANTIER
RN124. GERS (32)

900 000 m3 de sols valorisés grâce à la chaux et au liant hydraulique routier afin de réaliser une plateforme support de haute qualité PF3



ROUTES INFO #46

CHANTIER
RN2. NORD (59)

300 000 tonnes de granulats économisées grâce à la valorisation des sols aux LHR et à la réalisation d'une plateforme support de haute qualité PF3

**Ensemble, accélérons
la construction durable.**

infociments.fr

Remue-méninges

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

Problème posé #11 : L'énigme de la pièce de monnaie fausse

On a un lot de 12 pièces de monnaie, dont une pièce est fautive : elle a un poids différent des autres (elle peut être plus lourde ou plus légère, mais on ne sait pas). On dispose d'une balance à plateaux (qui permet de comparer le poids de deux groupes de pièces).

En seulement 3 pesées, comment peux-tu identifier avec certitude la pièce fautive et savoir si elle est plus lourde ou plus légère que les autres ?
(Réponse dans le prochain numéro : Routes #155.)

Solution du Remue-méninges #10

Rappel du problème posé

Dans un lot de 9 pierres précieuses d'apparence identique, 8 pierres ont exactement le même poids et une pierre est fautive, avec un poids légèrement supérieur aux autres. Comment identifier la fautive pierre en seulement 2 pesées à l'aide d'une balance à plateaux ?

Solution

Découpons le lot de 9 pierres précieuses en 3 groupes de 3.

Première pesée

Effectuons une première pesée en plaçant sur la balance deux des trois groupes. Deux cas peuvent se présenter :

- 1^{er} cas : si les deux groupes ont le même poids, la fautive pierre est alors dans le 3^{ème} groupe ;
- 2^{ème} cas : si les deux groupes n'ont pas le même poids, la fautive pierre se trouve dans le groupe le plus lourd.

Envisageons le 1^{er} cas de la première pesée. La fautive pierre se trouve dans le 3^{ème} groupe.

Deuxième pesée

Dans ce cas, prenons au hasard deux pierres du 3^{ème} groupe et plaçons-les sur la balance. Deux cas peuvent à nouveau se présenter :

- 1^{er} cas : les deux pierres ont le même poids. La fautive pierre est alors la troisième pierre du groupe 3.
- 2^{ème} cas : les deux pierres n'ont pas le même poids. La fautive pierre est alors la plus lourde des deux.

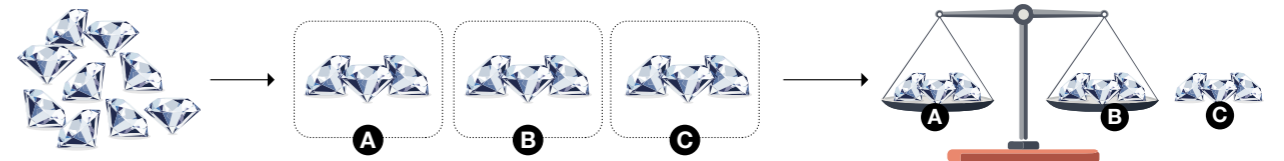
Envisageons le 2^{ème} cas de la première pesée. La fautive pierre se trouve dans le groupe le plus lourd.

Deuxième pesée

Dans ce cas, prenons au hasard deux pierres du groupe le plus lourd et mettons-les sur la balance. Deux cas peuvent se présenter :

- 1^{er} cas : les deux pierres ont le même poids. La fautive pierre est alors la troisième pierre du groupe le plus lourd.
- 2^{ème} cas : les deux pierres n'ont pas le même poids. La fautive pierre est alors la plus lourde des deux.

Dans tous les cas, la fautive pierre est identifiée en deux pesées.



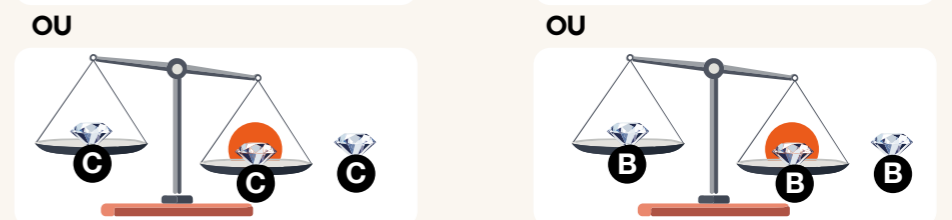
Pesée 1



OU



Pesée 2





Cimbéton



Bétons et ciments, un panel de solutions pour les aménagements urbains, les mobilités douces et actives...

- Durabilité avec durée de service de 50 ans et plus.
- Résistance aux charges canalisées, zones de freinage poids lourds, hydrocarbures...
- Gestion des eaux (bétons drainants et chaussées réservoirs).
- Limitation des îlots de chaleur urbains et résistance aux températures élevées.
- Recyclable à 100 %.



**BÉTONS À
EMPREINTE
CARBONE
RÉDUITE**

En utilisant des ciments "bas carbone", il est possible d'atteindre des réductions de l'empreinte carbone (CO₂) des bétons allant jusqu'à 65%*.

Nos adhérents



**Ensemble, accélérons
la construction durable.**

*Cas d'un béton à base de CEM III/C comparé à un béton de résistance équivalente en CEM I, en considérant que l'empreinte carbone du béton est liée à 90 % au ciment, sur béton non armé.

infociments.fr