



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

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

Photo d'ouverture :

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

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

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.

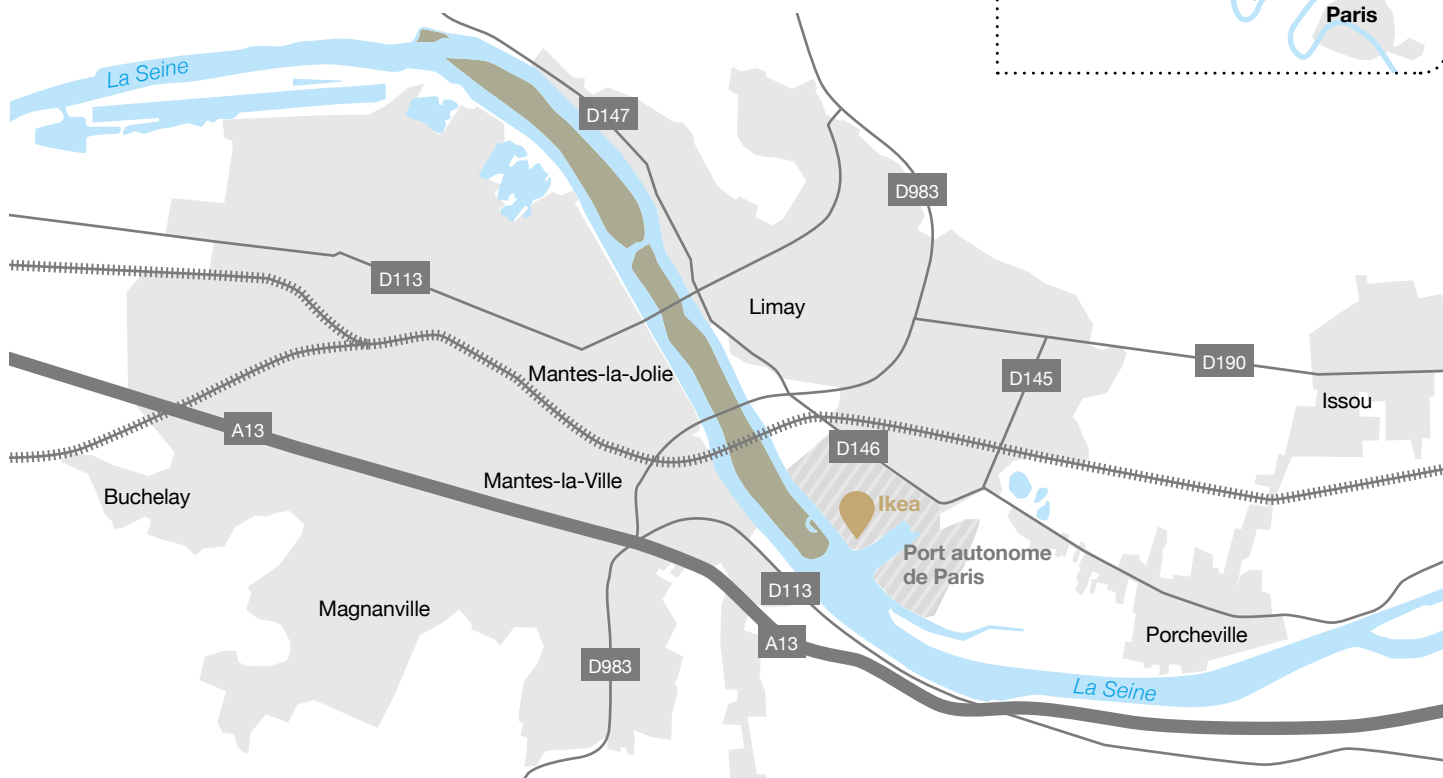
Le choix du port de Limay n'est pas le fruit du hasard. Ikea France mise en effet sur le transport fluvial pour acheminer ses marchandises et ce port lui offre un accès direct à la Seine. Ce nouveau centre de distribution favorise une logistique plus flexible, adaptée aux enjeux de la distribution urbaine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

« 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. »

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 bécquillage). 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)

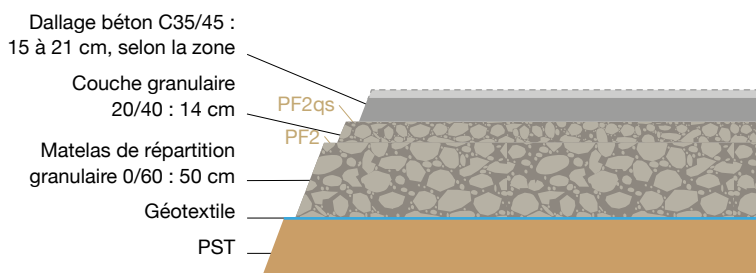
Sous le bâtiment logistique, la plateforme support est dimensionnée pour supporter une charge au sol variant selon la zone (de 0,5 à 3 t/m²). Le dispositif préconisé pour les fondations se compose donc d'inclusions rigides en béton non armé, ancrées dans la formation crayeuse, et d'un matelas de répartition 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.



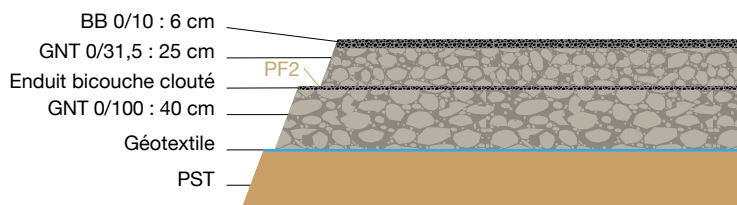
> Pour la zone réservée aux aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds (fig. 4)

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 granularité 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.



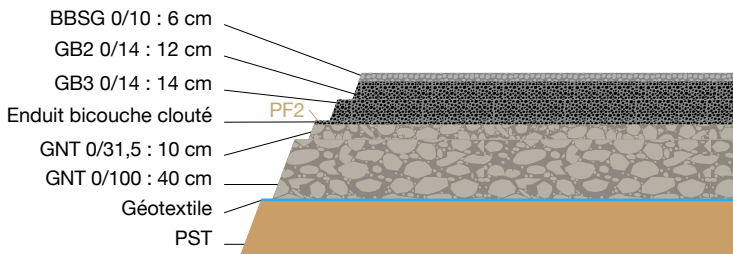
> Pour la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (fig. 5)

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.



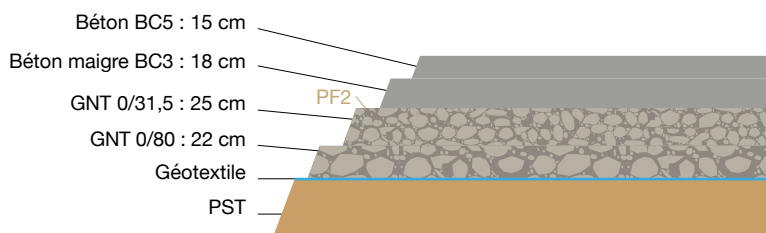
> Pour la zone de béquillage en béton (fig. 6)

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.





↑ 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.

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 ($R_{it} = 0,35 \text{ MPa}$; $E = 4\,250 \text{ MPa}$).

« 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 ($EV2 \geq 120 \text{ MPa}$) 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 ($\geq$ 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)

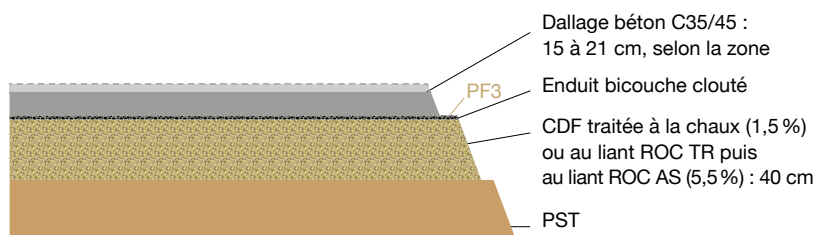
Sous le bâtiment, le principe de la solution optimisée est de remplacer le matelas de répartition en matériaux granulaires par une CDF traitée tout d'abord à la chaux (1,5 %) ou au liant ROC TR (2-3 %) (lorsque le traitement à la chaux ne donne pas rapidement les performances exigées), puis, après réalisation 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).

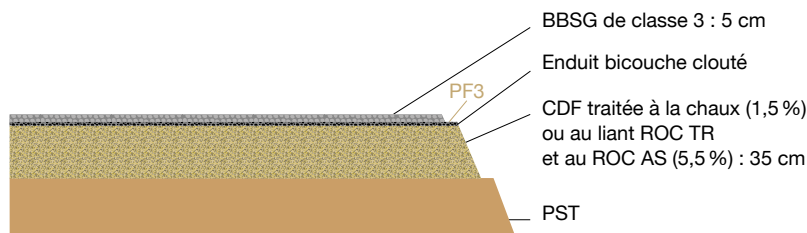
> Structure variante pour les aménagements extérieurs sans circulation de poids lourds (fig. 8)

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.



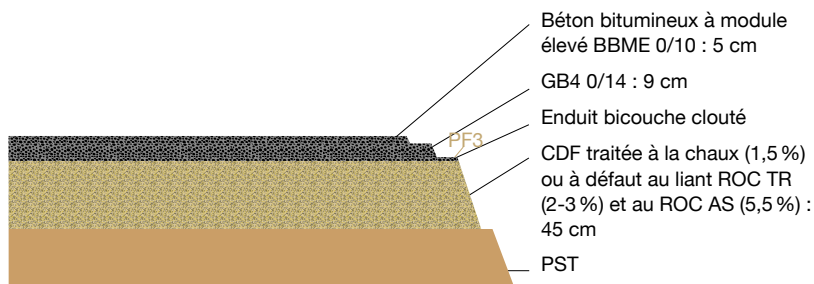
> Structure variante pour la zone réservée à la circulation et au stationnement des poids lourds (fig. 9)

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.



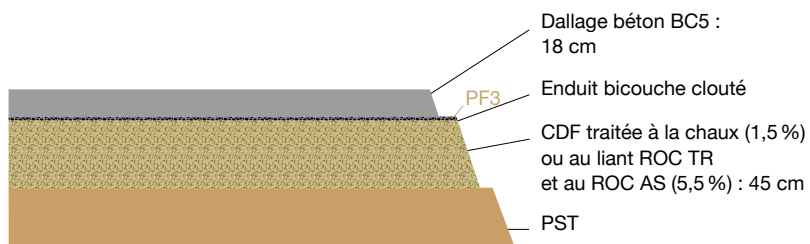
> Structure variante pour la zone de béquillage en béton (fig. 10)

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.



« 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. »

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.

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.

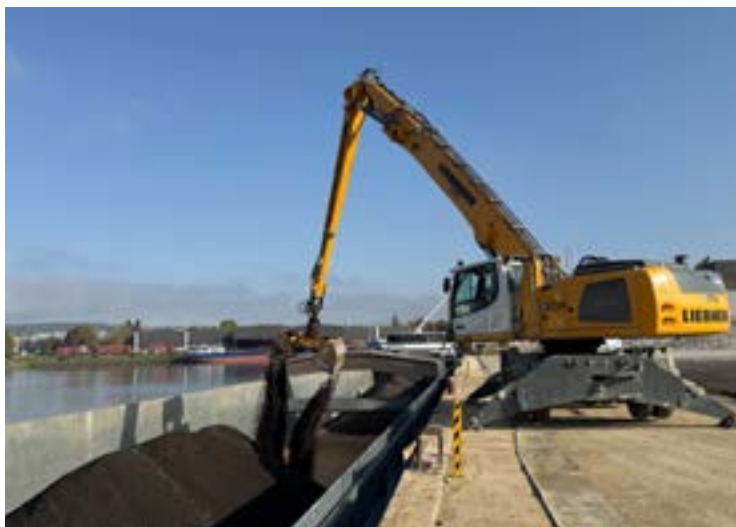
Les travaux ont été conduits selon la technique habituelle :

- 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.

« 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



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

BON À SAVOIR

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.

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/m³).

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.

> 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



BON À SAVOIR

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 (% ≤ 0,08 mm) ≤ 2 %.



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

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.

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 m³) 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 m²) 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 × largeur de compactage) ;

Soit « Q/S » le rapport, exprimé en m³/m², 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.

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.

BON À SAVOIR

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	XF4
Sévère	XF3	XF3	XF4	XF4	XF4

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

→ 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



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).

SOLUTION DE BASE

SOLUTION VARIANTE

→ Figure A.

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

Dallage béton BC5 :
15 à 21 cm, selon la zone

Couche granulaire
20/40 : 14 cm
Matelas de répartition
granulaire 0/60 : 50 cm
Géotextile
PST

PF2qs

PF2

Gain : 24 cm

Dallage béton BC5 :
15 à 21 cm, selon la zone

Enduit bicouche clouté
CDF traitée à la chaux
(1,5 %) ou au liant
ROC TR puis au liant
ROC AS (5,5 %) : 40 cm
PST

PF3

→ Figure B.

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

BB 0/10 : 6 cm
GNT 0/31,5 : 25 cm
Enduit bicouche clouté
GNT 0/100 : 40 cm
Géotextile
PST

PF2

Gain : 31 cm

BBSG de classe 3 : 5 cm

Enduit bicouche clouté
CDF traitée à la chaux
(1,5 %) ou au liant
ROC TR et au ROC AS
(5,5 %) : 35 cm
PST

PF3

→ Figure C.

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

BBSG 0/10 : 6 cm
GB2 0/14 : 12 cm
GB3 0/14 : 14 cm
Enduit bicouche clouté
GNT 0/31,5 : 10 cm
GNT 0/100 : 40 cm
Géotextile
PST

PF2

Gain : 23 cm

BBME 0/10 : 5 cm
GB4 0/14 : 9 cm

Enduit bicouche clouté
CDF traitée à la chaux
(1,5 %) et au ROC AS
(5,5 %) : 45 cm
PST

PF3

→ Figure D.

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

Béton BC5 : 15 cm
Béton maigre BC3 :
18 cm
GNT 0/31,5 : 25 cm
GNT 0/80 : 22 cm
Géotextile
PST

PF2

Gain : 17 cm

Dallage béton BC5 :
18 cm

Enduit bicouche clouté
CDF traitée à la chaux
(1,5 %) ou au liant
ROC TR et au ROC AS
(5,5 %) : 45 cm
PST

PF3

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.

ZONE BÂTIMENT									
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

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.

ZONE DE BÉQUILLAGE									
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 CO₂/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 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 m³ (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.

ZONE AMÉNAGEMENTS ET VOIRIE VÉHICULES LÉGERS									
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
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux
Consommation semi-remorques et citernes

60 km
300 km
30 l/100 km

Coût fioul
GES par litre de fioul
Énergie par litre de fioul

1,75 €/l
2,65 kg équivalent CO₂/l
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.

ZONE DE CIRCULATION ET DE STATIONNEMENT DES POIDS LOURDS									
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

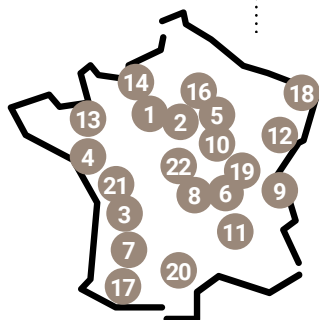
Distance aller-retour pour GNT, BC3, BC5, GB2, GB3 et GB4
Distance aller-retour pour le LHR et la chaux
Consommation semi-remorques et citernes

60 km
300 km
30 l/100 km

Coût fioul
GES par litre de fioul
Énergie par litre de fioul

1,75 €/l
2,65 kg équivalent CO₂/l
35,6 MJ/l

QUELQUES RÉFÉRENCES DE CHANTIERS DE TRAITEMENT



1. Eure-et-Loir (28) → Routes n° 149

Contournement de Nogent-le-Roi

2. Essonne (91) → Routes n° 144

Déviations d'Étampes

3. Dordogne (24) → Routes n° 143

Déviations de Mussidan

4. Loire-Atlantique (44) → Routes n° 142

MIN de Nantes

5. Marne (51) → Routes n° 104

Aéroport de Paris-Vatry

6. Loire (42) → Routes n° 138

Mise à 2 x 2 voies de la RN82

7. Autoroute A65 (Aquitaine) → Routes n° 119

Gigantesque chantier sur 150 km

8. Puy-de-Dôme (63) → Routes n° 114

30 000 m² près de Clermont-Ferrand

9. Haute-Savoie (74) → Routes n° 106

A41: traitement des sols en montagne

10. Aube (10) → Routes n° 103

Rocade sud-est de Troyes

11. Ardèche (07) → Routes n° 100

Déviations de la RD104

12. Vosges (88) → Routes n° 100

Déviations de Plombières-les-Bains

13. Ile-et-Vilaine (35) → Routes n° 98

Traitement en place au LHR à Gaël

14. Calvados (14) → Routes n° 64

Autoroute des Estuaires

15. Haut-Rhin (68) → Routes info #9

Déviations de Ballersdorf

16. Seine-et-Marne (77) → Routes info #14

Plateforme support de chaussée à Réau

17. Gers (32) → Routes info #15

Déviations de Gimont

18. Bas-Rhin (67) → Routes info #16

Contournement ouest de Strasbourg

19. Allier (03) / Saône-et-Loire (71) → Routes info #18

Travaux de terrassement de l'A79

20. Aveyron (12) → Routes Routes info #19

Contournement de Baraqueville

21. Charente (16) → Routes info #23/24

Aire de la Grolle

21. Charente (16) → Routes info #39

RN141 : déviations de Roumazières

22. Nièvre (58) → Routes info #41

Mise à 2 x 2 voies de la RN7

+ Dossier → Routes info #43

La solution pour des plateformes de haute qualité

VIDÉOS ET 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).



JOURNÉES TECHNIQUES "ROUTES, TERRASSEMENTS ET AMÉNAGEMENTS"

Ces journées d'information présentent :

- > l'intérêt de la valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques ;
- > l'avantage du béton dans les ouvrages fortement sollicités ;
- > des solutions courantes et les dernières innovations permettant de faire face à l'urgence climatique

et s'adressent à tous les acteurs concernés par la construction et l'entretien des routes : les élus et leurs services techniques, les bureaux d'études et tous les professionnels de la route.

Pour y assister : <https://www.infociments.fr/inscription>

BIBLIOGRAPHIE



T70

Terrassements et assises de chaussées
Traitement des sols aux liants hydrauliques
Cimbéton, 2013.



Guide technique

Réalisation des remblais et des couches de forme
Fascicule I et fascicule II
Cerema / IDRRIM, 2024.



Guide technique

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



Guide technique

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



Cimbéton



@Maurice Buiato - Spie batignolles valérian

Traitement des sols au liant hydraulique routier (LHR) : la solution pour obtenir des plateformes de haute qualité, synonyme d'optimisation globale et de durabilité.

- **Économie de ressources**, valorisation jusqu'à 100 % des matériaux du site, possibilité de recycler des matériaux alternatifs.
- **Performances élevées** (classes **PF3-PF4**).
- **Optimisation** des **structures** et des **épaisseurs** de matériaux d'assise de chaussées.
- **Réduction ou annulation de la sensibilité au gel**.
- **Durabilité accrue**, meilleure résilience climatique (tenue à l'eau et limitation des impacts liés à la sécheresse).
- Solution constructive responsable : utilisation de **liants à empreinte carbone réduite**.

Bilan environnemental et économique positif

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

Nos adhérents



Ensemble, accélérons
la construction durable.

infociments.fr