



Tronçon A 41 Nord - Saint-Julien-en-Genevois / Villy-le-Pelloux - Saint-Martin-Bellevue : 11 000 tonnes de liant hydraulique routier ont été nécessaires pour réaliser le traitement des 19 km de voies.

A41 : traitement des sols au liant hydraulique routier en pleine montagne

Développement durable oblige, la couche de forme d'une partie du tronçon nord, situé en Haute-Savoie, de l'autoroute A41 est réalisée avec des moraines locales, criblées, chaulées, puis traitées en place au liant hydraulique routier. Cette couche de forme s'appuie sur une PST en matériaux également traités *in situ* pour construire une plate-forme PF3.

Relier Annecy à Genève en moins d'une demi-heure de route et avoir un accès rapide par Bellegarde à la ligne TGV Paris - Dijon en passant par le Haut-Bugey : c'est ce que permet désormais le tronçon A 41 Nord : St-Julien-en-Genevois / Villy-le-Pelloux ~ St-Martin-Bellevue.

Ce tronçon vient, en effet, achever un axe autoroutier régional majeur qui,



Malaxage en laboratoire du mélange matériau / liant / eau.

via l'A 43 et l'A 41, relie les principales villes du sillon alpin : Grenoble, Chambéry, Annecy, Genève. Cet axe désengorgera aussi l'actuelle RD 1201 qu'empruntent actuellement plus de 19 000 véhicules par jour.

■ Sous le signe du développement durable

Dès l'origine, le projet élaboré dans le cadre de la Déclaration d'utilité publique de mai 1995 faisait de la protection des paysages une priorité, en prévoyant notamment le franchissement du Mont Sion par un tunnel et la réalisation d'une tranchée partiellement couverte au niveau du Noiret.

Le concessionnaire de la future autoroute A41, retenu dans le cadre d'un appel d'offres européen, est Adelac. L'Etat lui a confié 5 missions principales : concevoir, construire,

financer, entretenir et maintenir cette autoroute. Adelac est composée de la société Area (Groupe APRR), du Groupe Bouygues Construction, de Colas, de la Caisse d'Epargne Rhône-Alpes et du Bureau d'Etudes Setec.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Concessionnaire et maître d'ouvrage : Adelac, composé d'Area (Groupe APRR), du Groupe Bouygues Construction, de Colas, de la Caisse d'Epargne Rhône-Alpes et du Bureau d'Etudes Setec

Conception / Construction : GIE Constructeurs A41, regroupement de 4 filiales de Bouygues Construction (Bouygues TP, DTP Terrassement, Quille, GFC Construction) et de Colas

Fournisseur du liant hydraulique routier : VICAT Ciment



Réalisation d'éprouvette en laboratoire.



Éprouvette après façonnage.



Essais mécaniques sur éprouvettes.

Adelac a donc optimisé le calage du tracé de l'autoroute, limité les déboisements, réduit l'emprise autoroutière, étudié de nouvelles implantations des zones de matériaux excédentaires (ZME), puis s'est engagé à remettre en état de culture ces ZME ainsi que les zones de dépôts provisoires de matériaux.

29 mois seulement pour réaliser 19 km en montagne

En dépit de sa longueur relativement courte (19 km), l'autoroute A41 Nord est un projet complexe. Le nombre d'ouvrages d'art à construire, dont un tunnel bi-tube de 3,1 km et quatre viaducs, l'accès difficile à certains sites, ont fait de sa construction en 29 mois un vrai défi pour le GIE Constructeurs A41.

Sur ce site a notamment été employé

le plus grand tunnelier en service en France, présentant des dimensions impressionnantes : 12 m de diamètre et 220 m de long pour 2 200 tonnes ! Pour une meilleure organisation, le chantier a été découpé en quatre sous-projets autonomes : viaducs, tunnel, travaux linéaires et barrière de péage de Saint-Martin-Bellevue.

Outre la réalisation des terrassements et des chaussées de l'autoroute, l'équipe chargée du "linéaire" avait pour mission de construire 15 km de rétablissements de voirie, sept carrefours giratoires et 29 ouvrages d'art courants. Au total, il a fallu déplacer 3,5 millions de m³ de déblais, 1,7 million de m³ de remblais et 1,6 million de m³ répartis sur les différentes zones de matériaux excédentaires (ZME).

L'équipe "linéaire" devait aussi créer les accès, les pistes de chantier et assurer la déviation des différents réseaux. Pour tous ces travaux, elle s'est appuyée sur un parc de 150 engins de terrassement répartis sur les sept bases opérationnelles du chantier.

L'importance primordiale des études préliminaires

Eviter l'apport de matériaux extérieurs, en valorisant ceux du site et leur transport, sous-entend la réalisation

FAIRE CONFIANCE À L'OEIL DU PROFESSIONNEL

Si les essais en laboratoire sont essentiels, ils ne suffisent pas toujours pour garantir la totale réussite d'un traitement de sol. *"L'expérience du terrain, que possède le technicien chargé de la couche de forme, est importante aussi. Il a le coup d'oeil pour évaluer la finesse du matériau, estimer son comportement, évaluer le bon déroulement du traitement. Le facteur humain est indispensable car le matériau à traiter se comporte différemment d'une zone à l'autre, d'un jour à l'autre ou même au cours de la journée lorsque les conditions météorologiques changent, car il ne s'agit pas d'un produit industriel"* explique Emmanuel Lavallée. *"Afin de pouvoir corriger le tir immédiatement, un bon technicien en traitement des sols doit surveiller aussi bien une teneur en fines plus ou moins importante que le bon fonctionnement des matériels. Cette capacité d'anticipation se fonde sur l'expérience, le ressenti mais aussi une forte motivation pour ce métier"* souligne Jean-Claude Curien.

d'études préliminaires approfondies. Ainsi, sur les 9 km situés au sud du tunnel, et avant d'envisager la valorisation des matériaux fins morainiques présents, il fallait d'abord s'assurer des quantités disponibles, de leur homogénéité et de leur capacité à être traités. Sans oublier, bien entendu, les aspects logistiques et économiques de l'opération.

"De nombreux prélèvements ont été effectués pour identifier précisément le sol en place au niveau de l'argilosité, de la granulométrie, de la référence Proctor et ainsi caractériser les gisements. Des essais normalisés ont ensuite permis de déterminer l'aptitude au traitement des matériaux, avant de mener une étude plus complète sur éprouvettes, avec des pourcentages définis de liants, afin de connaître la résistance du matériau obtenu à la compression et à la traction" explique Emmanuel Lavallée, Responsable



Le pulvimixeur mélange intimement le matériau, le liant hydraulique routier et l'eau.



Arrosage en profondeur de la couche de forme.

Géotechnique chez DTP Terrassement. Plusieurs liants hydrauliques routiers, à base clinker et à base laitier, ont été testés afin de déterminer les classes mécaniques pouvant potentiellement être atteintes et permettre ainsi de définir la stratégie de structure des plates-formes supports de chaussée. "La définition du couple PST (Partie Supérieure des Terrassements) / Couche de forme (performances mécaniques, épaisseur et résistance au gel) a conduit au choix d'une plate-forme de type PF3, c'est-à-dire AR2 + 35 cm de couche de forme de classe mécanique 5 en matériaux fins traités, criblés, pour donner un matériau 0/40 avec 50 % de particules inférieures à 80 microns" précise Emmanuel Lavallée. "Compte tenu du choix de traitement en place, la zone mécanique 4 a été visée en étude pour prise en compte du déclassement catalogue Zone 4 en Classe 5, selon le GTS ("Guide technique du traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques routiers pour l'application et la réalisation des remblais et des couches de forme" édité par SETRA/LCPC). Cependant, les résistances en place ont été similaires à la zone mécanique de l'étude, du fait de l'évolution et des performances fiables des matériels de traitement et des procédures de contrôle, ce qui a justifié

de ne plus prendre en compte le déclassement. Nous avons pris l'option de choisir un liant à base laitier, plutôt que des liants à base clinker qui présentaient une cinétique rapide, incompatible avec les conditions d'exécution sur le chantier. En revanche, les essais avec le liant à base laitier donnaient de très bonnes performances mécaniques, aussi bien à court qu'à long terme" signale Emmanuel Lavallée. Il a ensuite fallu retranscrire ce qui a été fait en laboratoire au niveau de l'exécution sur le chantier. Pour passer de la théorie à la pratique, diverses planches de référence et planches d'essais ont donc été réalisées. Le mode de mise en œuvre du traitement du matériau a aussi été étudiée dans des conditions réelles (mode de fabrication, stratégie de compactage, finition, contrôles) pour trouver le meilleur équilibre possible et la qualité requise.

La nécessité de segmenter l'ensemble du chantier

Sur le chantier, une fois les terrassements réalisés, la PST est traitée au liant hydraulique routier, dosé à 3 %, sur 30 cm d'épaisseur. Ensuite, pour réaliser la couche de forme PF3, il a fallu rapporter dans un

premier temps les matériaux stockés et prétraités à la chaux l'année précédente. Puis ont suivi différentes phases : implantation (largeur de la voie à traiter), approvisionnement avec reprise sur stock (pelle sur chenille, tombereaux articulés), mise en œuvre sur 38 cm pour une épaisseur finale de 35 cm (bull assisté GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale, et enfin préréglage avec une niveleuse asservie GPS de façon à avoir une épaisseur homogène avant traitement. Cette phase est très importante car un bon réglage ne peut être garanti que dans le cas où il y a une recoupe de la couche après traitement. Aucun apport n'est possible dans la phase de réglage. "Une étape clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement (jets en profondeur) suivi d'un malaxage d'homogénéisation au pulvimixeur, et cela préalablement aux opérations de traitement de la couche" explique Jean-Claude Curien, responsable de la production chez DTP Terrassement. Puis, le traitement proprement dit a été réalisé au moyen d'un épandage au sol du liant hydraulique routier à

raison de 5 % (soit 40 kg/m²). Comme il s'agit d'un pourcentage élevé, l'épandage s'est fait en deux temps. Un premier épandage de liant (20 kg/m²) a été suivi d'un malaxage de la couche sur 40 cm d'épaisseur.

"Nous avons ainsi "grignoté" la couche inférieure pour assurer un bon accrochage entre PST et couche de forme. Cela a évité de laisser un film de 1 ou 2 cm d'épaisseur qui ne serait pas traité à l'interface" détaille Jean-Claude Curien.

Le sol a ensuite été remis en forme avant de bénéficier d'un second épandage (20 kg/m²), d'un nouveau malaxage sur 40 cm et d'une nouvelle remise en forme. La teneur en eau est contrôlée : si elle s'avère insuffisante, on procède alors à un ajustement par enfouissement et à une nouvelle remise en forme.

Trois types de compacteurs se sont ensuite chargés du compactage (10 passes) : à bille lisse, dameur (pour limiter le feuilletage), puis à pneus (pour donner un bel uni). *"Une niveleuse assistée par théodolite motorisée effectue le réglage 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"* ajoute Jean-Claude Curien.

Un enduit de cure a ensuite été appliqué pour protéger la couche de forme et pour assurer une bonne prise hydraulique du mélange, puis un gravillonnage léger a été réalisé.

À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant une semaine pour ne pas rompre la prise hydraulique.

Un contrôle strict, réalisé en continu sur le site

"Tout est rigoureusement contrôlé sur le chantier : teneur en eau avant traitement, contrôle par pesée de la quantité de liant épandue, vérification de la profondeur de malaxage, teneur en eau après le deuxième malaxage,..." explique Gérard Rolland, chef du laboratoire Chantier.

La qualité du compactage et les objectifs de densification (taux de compactage) ont été vérifiés sur la



Réglage à la niveleuse, avant le passage du premier compacteur.

base d'essais et de références Proctor en laboratoire.

Ensuite, le compactage "chantier" a été mesuré au moyen d'un gammadensimètre, l'objectif étant d'atteindre 98,5 % de l'optimum Proctor en couche moyenne et 96 % en fond de couche. À cela ont été ajoutés des essais sur éprouvettes pour les tests d'écrasement à 14, à 28 et à 90 jours, des carottages à 28 et 60 jours, des essais en compression aux jeunes âges, des mesures de résistance à la traction, des mesures du module...

Enfin, pour contrôler la déformabilité de la couche de forme, des déflexions ont

été mesurées, sur toutes les bandes de la future autoroute, à l'aide d'un camion équipé d'un déflectographe. ■

LA NÉCESSITÉ D'UNE LOGISTIQUE RÉACTIVE

Fournir 11 000 tonnes de liant hydraulique routier, provenant de l'usine de Xeuilley (Meurthe-et-Moselle), à un chantier situé à 400 km de distance ne s'improvise pas, surtout lorsqu'on sait qu'il y aura des pointes à 4 300 tonnes par mois.

VICAT Ciment a donc mis en place d'importants moyens logistiques ferroviaires entre le lieu de production et le lieu de stockage à Chambéry, d'où sont ensuite partis de 8 à 13 camions, chaque jour, pour desservir le chantier.

"Le planning est établi chaque vendredi pour la semaine suivante, avec un ajustement du jour au lendemain selon les prévisions météorologiques et les éventuelles pannes machines sur le chantier. Les livraisons commençant tôt le matin, les camions sont chargés la veille en fin de journée. À cela s'ajoute un petit stock tampon sur le chantier. Sur ce type d'opération, il faut toujours savoir s'adapter, être très réactif et disponible"

explique Pierre Bonnavion, chargé d'affaires à la Direction régionale Alpes de VICAT Ciment.



Un technicien vérifie par pesée le dosage exact en liant hydraulique routier (essai dit "à la bêche").