

La revue technique des entreprises de Travaux Publics

# Travaux

n° 838  
Février 2007

## TERRASSEMENTS TRAVAUX ROUTIERS

- LGV Perpignan-Figueras
- Contournement routier de Thonon-les-Bains
- Colas innove avec la gamme Nova
- 12 000 t d'enrobés à l'Aspha-min® sur le port de Lyon
- Aéroport de Paris-Orly : rénovation de la piste 4
- La Réunion : sécurisation de la route du Littoral
- LGV Rhin-Rhône

## RÉSEAUX

- La collecte automatisée des déchets
- Alimentation en eau de la station d'épuration des Grésillons

# Terrassements Travaux routiers

# Terrassements - Travaux routiers

PRÉFACE

Henri Marchetta  
Président du Cisma (Syndicat  
des Equipements pour la  
Construction, les  
Infrastructures, la Sidérurgie  
et la Manutention).  
Président du CECE  
(Committee for European  
Construction Equipment)



Face à une mondialisation de l'offre sans cesse croissante, à l'évolution des normes et réglementations tant européennes qu'internationales, aux contraintes environnementales et sociales liées au développement durable, les constructeurs de matériels de travaux publics poursuivent leurs efforts en recherche et développement pour répondre aux majors français de la construction.

Aujourd'hui, nous sommes dans une conjoncture très favorable en Europe dans le secteur de la construction : mise en place progressive du programme RTE.T, accélération des programmes de logements résidentiels sur l'ensemble du territoire, développement du non résidentiel en Europe de l'Est (logistique, hôtellerie, usines de production...), essor de l'aménagement urbain. Tous ces travaux se font de plus en plus en prenant en compte la notion de développement durable. Ceci a des conséquences sur les constructeurs de matériels :

- Accentuation des actions consistant à réduire les nuisances (bruit et vibrations des moteurs, émission de polluants, contrôle des poussières pour cribles et alimentateurs, huiles biodégradables, matériaux composites...);
- De l'éco-conception au recyclage en fin de vie, le matériel doit mieux s'intégrer dans l'environnement. Il est lui-même un facteur d'amélioration quand il permet de mieux gérer la ressource naturelle (guidage laser par exemple) ou de réutiliser les matériaux (retraitement en place des chaussées);

- Informatisation et télémaintenance sont des opérations de plus en plus présentes sur les matériels. Appliquées dans un premier temps aux matériels de mines et carrières, elles se retrouvent aujourd'hui sur les petits matériels de location. Ainsi, la productivité et la maintenance du matériel se trouvent améliorées;
- Amélioration des conditions de travail pour l'utilisateur avec un confort et une ergonomie accrues sans omettre la sécurité. L'impact vis-à-vis de l'utilisateur est aussi essentiel notamment en milieu urbain.

Mais toutes ces évolutions souhaitées ou imposées n'ont de raison d'être que si le client est satisfait et qu'un véritable partenariat se développe entre les acteurs.

C'est l'une des missions de nos organisations professionnelles de travailler en commun au sein de nos commissions « matériels » respectives pour informer et former tout un chacun à l'emploi de matériels conformes respectueux des directives européennes et des règles du commerce international.

Une autre voie est, avec l'appui des différents acteurs de la profession – centres techniques, laboratoires de recherche, fournisseurs de composants – de concevoir les matériels de demain en fonction de l'évolution des chantiers et de leur spécialisation croissante.

## La ligne à grande vitesse

Le projet de la ligne nouvelle entre Perpignan et Figueras prévoit de relier le couloir à grande vitesse Madrid-Barcelone-Perpignan, au réseau européen grâce à sa connexion au réseau français et à l'aménagement des voies au standard européen UIC.

Les travaux de terrassements de la plateforme France concernent 17,3 km de ligne à grande vitesse et 7 km de voies de raccordement. Ils ont débuté en mai 2005 et s'achèveront en juillet 2007. De nombreux ouvrages d'art et ouvrages hydrauliques, la traversée de la RN9 et de l'autoroute A9, un mouvement des terres déficitaire au nord, des matériaux fins à l'état sec, sont parmi les caractéristiques principales de ce chantier de terrassements.

### Le projet

#### Présentation

Le 17 décembre 1990, la Communauté européenne adopte une résolution concernant le développement du réseau européen de trains à grande vitesse. La ligne Madrid-Barcelone-Perpignan est un maillon clé du réseau : il s'agit de l'union historique de deux réseaux d'écartements différents, avec l'ouverture des connexions ferroviaires espagnoles sans rupture de charge avec le reste de l'Europe (figure 1).

Les gouvernements français et espagnol concluent un accord relatif à la construction et l'exploitation de la section internationale sous la forme d'une concession le 10 octobre 1995, et le 17 février 2004 le contrat de concession de la ligne nouvelle est signé avec TP Ferro, constitué à parité d'Eiffage et de ACS-Dragados. La ligne mixte, passagers et fret, sera mise en service en 2009, elle permettra de relier Paris à Barcelone en 5h30 ou Montpellier à Barcelone en 2h10.

Le concessionnaire TP Ferro a confié au groupement constructeur TEP (Trans Euro Pyrénées) la conception et la construction de la ligne nouvelle et les travaux ont été séparés en cinq lots : la plateforme Espagne, la plateforme France, le tunnel, la voie et les équipements. L'organisation est résumée sur la figure 2.

#### Caractéristiques

La section internationale sera une ligne à grande vitesse de 44,4 km de longueur, avec un écartement des rails au standard international (1,435 m) en double voie entre Le Soler et Figueras, pour un trafic mixte des trains de voyageurs et de marchandises. La section espagnole fait 19,8 km de long, la section française 24,6 km, et les raccordements avec le réseau existant se font en voies simples, entre Le Soler et Perpignan. La conception du tracé a été réalisée pour une vitesse maximale de circulation de 350 km/h.

L'élément le plus important des travaux, qui permettra de franchir le massif pyrénéen, est le tunnel du Perthus de 8,3 km de long dont seulement 1 km en Espagne (figure 3). Il est constitué de deux tubes parallèles indépendants de 8,70 m de diamètre utile. Les tunnels sont réalisés à l'aide de deux tunneliers à doubles bouchiers télescopiques, à partir du côté espagnol.

Les autres ouvrages singuliers sont :

- 4 viaducs côté France pour un total de 983 m ;
- 7 viaducs côté Espagne pour un total de 2228 m ;
- 2 faux tunnels de 180 et 189 m ;
- 2 sauts-de-mouton dont un pour l'inversion du sens de circulation ;
- 14 ponts ferroviaires et 11 ponts routiers ;
- 9 passages inférieurs et 61 ouvrages hydrauliques.

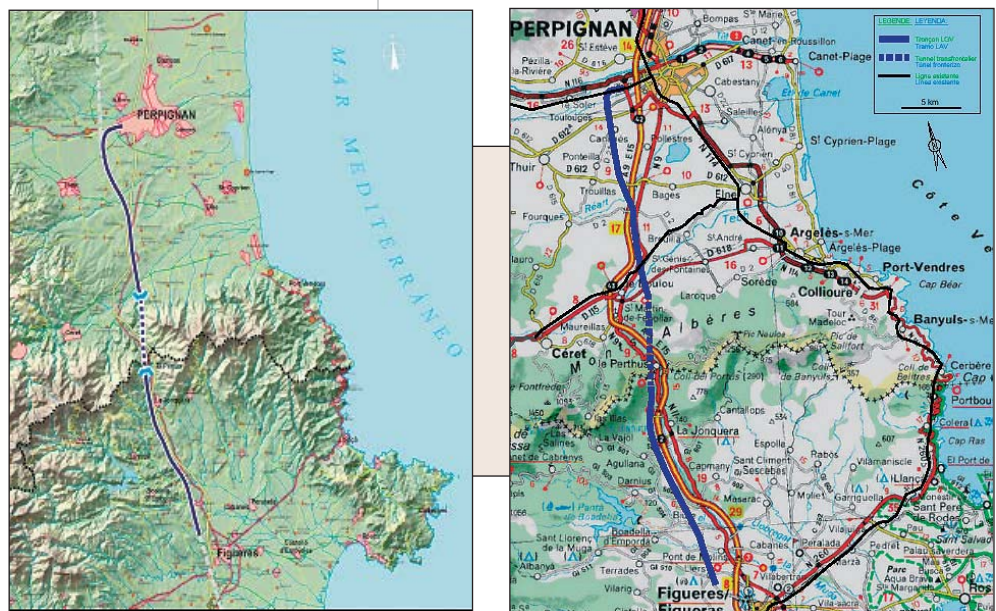
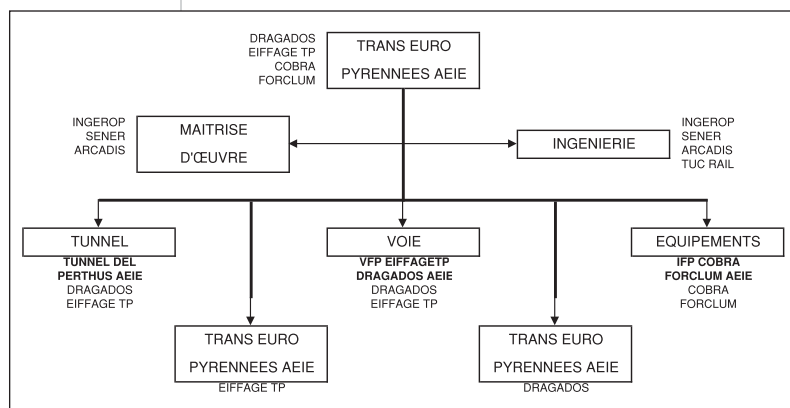


Figure 1  
Tracé du projet Perpignan-Figueras  
Layout of the Perpignan-Figueras project

Figure 2  
Organisation du groupement constructeur  
Organisation of the contracting consortium



# Perpignan-Figueras

**Patrice Chardard**  
Directeur Technique  
Fougerolle Ballot

Les travaux comprennent aussi l'exécution de la superstructure de la voie, du ballast, des traverses et des rails, les installations d'électrification et les systèmes de signalisation et de sécurité conformément aux normes européennes d'interopérabilité ERTMS, niveau 2.

## Plate-forme France

Le lot SG2 de la plate-forme extérieure France représente 17,3 km de voies LGV et un total de 7,5 km pour les deux voies de raccordement à la sortie de Perpignan.

Eiffage TP est chargé de la réalisation des ouvrages d'art :

- 9 ponts-route;
- 5 ponts à poutres préfabriquées;
- 13 cadres;
- 2 sauts-de-mouton;
- 5 ouvrages non courants : 4 viaducs et un multi-cadre.

Fougerolle Ballot réalise les terrassements et l'assainissement avec SGTN :

- déblais : 4 300 000 m<sup>3</sup>;
- remblais : 3 700 000 m<sup>3</sup>;
- matériaux élaborés : 500 000 m<sup>3</sup>;
- traversées hydrauliques : 8 000 ml;
- collecteurs : 21 000 ml;
- fossés : 56 000 ml;
- voies rétablies : 8 650 ml;
- voies d'accès de service : 7 640 ml;
- voies latérales : 11 400 ml.

## ■ La réalisation

Les premiers coups de pelle ont été donnés en mai 2005, la plate-forme sera livrée en juillet 2007. Les travaux de terrassements auront nécessité 120 engins pour une puissance de 32 000 CV.

## Contexte géotechnique

Le tracé traverse essentiellement la grande plaine d'effondrement du Roussillon, limitée au nord par la faille de Prades (au nord de laquelle se situe le massif des Corbières) et au sud par la faille de Montesquieu (au sud de laquelle se situe le massif des Albères). Ce dernier n'est concerné par le tracé à ciel ouvert qu'à son amorce en partie nord au niveau de la tête nord du tunnel du Perthus.

Les matériaux rencontrés sont principalement :

- le Miocène, formation d'origine fluvio-torrentielle, constituée de fragments de schistes altérés dans une matrice argileuse. Cette formation est seulement présente dans le plus important déblai du chantier au sud;
- le Pliocène, formation détritique fluviale, constituée d'une alternance de matériaux sablo-limoneux, argilo-marneux et de matériaux plus grossiers;
- les autres matériaux correspondent à des alluvions anciennes ou modernes et à des formations de couverture.

L'ensemble du tronçon se situe dans une zone de sismicité faible, classée Ib.

## La préparation des travaux

Le protocole indemnitaire relatif aux acquisitions foncières a été signé le 13 juillet 2004 entre la chambre d'agriculture, les syndicats agricoles et les services fiscaux. L'enquête parcellaire s'est déroulée du 19 juillet au 6 août 2004.

En France, environ 300 dossiers d'acquisitions ont été traités, auxquelles s'ajoutent 90 dossiers liés à l'acquisition des tréfonds des domaines sous lesquels sont creusés les deux tubes du tunnel. De nombreuses réunions de coordination ont été nécessaires avec les représentants de l'État et les mairies pour répondre aux questions, définir les rétablissements de voies de communication et répondre aux souhaits des acteurs locaux.

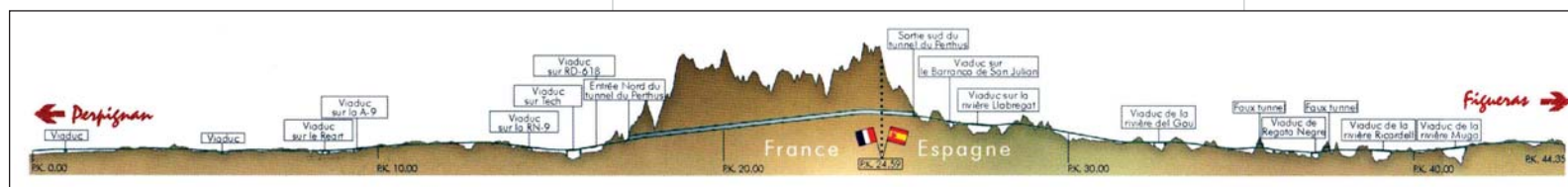


Figure 3

Profil en long du projet

Longitudinal section of the project

## La ligne à grande vitesse Perpignan-Figueras



Photo 1  
Viaduc sur le Réart  
*Viaduct over the Réart*

Type d'aménagement	Nature du dispositif	Fonction principale
Bassin d'écrêtement	Bassin enherbé de type sec	Ecrêtement des débits de pointe
Bassin de confinement de pollution accidentelle	Bassin étanche	Interception et confinement d'une pollution accidentelle
Bassin d'écrêtement et de confinement de pollution accidentelle	Partie inférieure étanche pour le stockage du volume biennal, partie supérieure enherbée	Augmentation du temps d'intervention pour le confinement d'une éventuelle pollution accidentelle

Tableau I

Bassins d'écrêtement et de confinement

*Flood control and confinement basins*



Le projet Perpignan-Figueras est soumis aux strictes exigences environnementales énoncées dans la DUP, les engagements de l'État et au respect de la loi sur l'eau.

Après la prise en compte des contraintes environnementales, TP Ferro a inclus dans le projet des mesures compensatoires ou conservatrices. L'insertion de la ligne nouvelle dans le paysage s'articule autour de quatre axes (photo 1) :

- préserver et valoriser le milieu naturel par l'insertion paysagère et les protections acoustiques des habitations;
- définir les différentes structures végétales;
- intégrer l'ouvrage en s'appuyant sur les structures végétales en place et minimiser l'impact sur les riverains;
- optimiser le réemploi des excédents de matériaux.

L'analyse des milieux naturels a permis de déterminer les aménagements du projet, les impacts et les mesures compensatoires adaptées, les moyens de surveillance,

d'entretien et d'intervention. Les autorisations nécessaires au démarrage des travaux et aux prélèvements d'eau pour les besoins du chantier ont pu ainsi être obtenues.

Les opérations archéologiques se sont enchaînées sur 2004 et 2005 : une quarantaine de sites ont été découverts, beaucoup d'entre eux ont été étudiés, d'autres ont bénéficié de solutions de conservation. Quatre sites ont nécessité des fouilles complémentaires.

Des sites néolithiques de près de 5000 ans avant notre ère et des sites protohistoriques des VI<sup>e</sup> et V<sup>e</sup> siècles avant J.-C. ont permis de faire une étude approfondie des modes de vie et des peuplements de cette partie orientale des Pyrénées. Les objets mis à jour, sont des poteries, des jarres, des silex taillés ou encore des négatifs de structures de charpente...

### Spécificités assainissement

Trois types de réseaux d'assainissement sont réalisés :

- les réseaux de drainage des remblais au droit des zones sensibles et non sensibles;
- les réseaux superficiels et enterrés de drainage en pied de déblai;
- les réseaux de drainage en crête de déblai.

Pour les zones où les enjeux qualitatifs et quantitatifs se cumulent, les bassins sont conçus pour le confinement et pour l'écrêtement (tableau I).

Des zones sensibles ont été identifiées vis-à-vis de la ressource en eau : la plaine de Toulouges sur 4500 m et la plaine du Tech sur 2300 m. Ces zones sont équipées de bassins de confinement de la pollution accidentelle, la ligne nouvelle Perpignan-Figueras étant destinée aux passagers et au fret (wagons citernes...). Pour le rétablissement des écoulements superficiels extérieurs à la plate-forme, cours d'eau, ruisseaux, aguilles et canaux, des ouvrages hydrauliques spécifiques sont mis en place sous la ligne. Au nombre de 56, ils sont dimensionnés pour la crue centennale ou la plus forte crue historique si celle-ci est supérieure.

## Spécificités terrassements

Sur les 17,3 km du tracé de la plate-forme France, malgré un relief moins accidenté qu'en Espagne, le nombre d'ouvrages d'art est très important : 26 ponts permettent le franchissement ou le rétablissement de voies de communication et 56 ouvrages hydrauliques permettent la libre circulation du réseau hydrographique. Ces ouvrages sont de véritables chantiers dans le chantier, et constituent autant d'obstacles ou d'interfaces à prendre en compte pour réaliser le mouvement des terres.

Quatre passages à gué, dont les plans ont été soumis à la police de l'eau, ont été réalisés sur le Tech, le Réart, la Basse et la Canterrane. Les franchissements de la RN9 et de l'autoroute A9 n'ont été possibles qu'après réalisation des viaducs. Le saut-de-mouton pour l'inversion des voies de circulation est très biais pour réduire les emprises nécessaires, sa longueur est de 220 m. Il est complété au sud et au nord par des murs de soutènement en béton de 440 m de long au total (photo 2), pour permettre aux voies de revenir sur un même niveau. En ajoutant les contraintes de délais des acquisitions foncières et des fouilles archéologiques, le mouvement des terres et son planning sont un véritable casse-tête sur ce projet où les matériaux sont transportés du sud vers le nord sur une distance moyenne de 7000 m.

La problématique matériau est liée principalement à leur état d'humidité. Naturellement à l'état moyennement humide, dans les conditions climatiques régionales, ils évoluent à l'extraction vers un état sec. Des moyens importants ont été mis en place sur le chantier pour assurer une humidification des matériaux et un compactage intense.

Le faible nombre de points de prélèvements d'eau a imposé là aussi, des moyens adaptés de pompage, de transport et d'arrosage. L'arrosage est par ailleurs indispensable sur les pistes de circulation, pour assurer la sécurité sur le chantier et la protection de l'environnement, dans une région où le vent, autant que les engins de terrassements, provoque des envols de poussières y compris sur les secteurs non circulés.

Entièrement constitué de sols fins, le réemploi des déblais s'inscrit dans une démarche globale de développement durable et de limitation du recours aux matériaux de carrières. Les techniques de traitement des sols ont été appliquées pour les remblais courants pour une faible part, l'insensibilisation à l'eau des matériaux, les blocs techniques de ponts-routes (photo 3), les couches de forme de rétablissements routiers et l'amélioration de la PST. Ce dernier point est particulièrement intéressant car il constitue une utilisation à grande échelle du traitement au lait de chaux.

L'objectif est une amélioration des caractéristiques



Photo 2

Mur de soutènement du saut-de-mouton  
Overpass retaining wall



Photo 3

Bloc technique en sols traités  
Technical unit in treated soils

(recherche d'un IPI minimal et conservation des valeurs d'indice portant après 4 jours d'immersion) des matériaux présents en arase terrassements, tout en maîtrisant parfaitement l'état hydrique du matériau naturel et l'ajout d'eau nécessaire dans la couche. L'injection du lait de chaux est réalisée à 35 cm de profondeur et le malaxage est réalisé avec un pulvimixeur de forte puissance pour tenir compte des blocs de 200 mm pouvant être présents dans les matériaux.

La texture du produit, « réactif liquide concentré », et son mode d'épandage par enfouissement dans le sol, « apport simultané de l'eau et du réactif », font du traitement au lait de chaux, une technique particuliè-

## La ligne à grande vitesse Perpignan-Figueras



Photo 4

Réacteur de préparation de lait de chaux  
Reaction chamber for preparing lime milk



Photo 5

Socs pour enfouissement du lait de chaux  
Blades for burying lime milk

rement adaptée aux matériaux secs et aux conditions de vent fort de la région (photos 4 et 5).

### Certification de la ligne

La ligne à grande vitesse Perpignan-Figueras est une ligne à grande vitesse interopérable : elle est concernée par la directive européenne 96/48/CE du 23 juillet 1996 et par les Spécifications techniques d'interopérabilité (STI). Les cinq exigences essentielles portent sur la sécurité, la fiabilité et la disponibilité, la santé des personnes, la protection de l'environnement et la compatibilité technique. Les STI concernent l'infrastructure, le matériel roulant, l'énergie, les contrôles, commandes et signalisation : une attestation de conformité est exigée à la mise en service. Cette attestation doit être délivrée par un organisme ayant une compétence ferroviaire et reconnu par la Commission européenne; l'organisme notifié français est Certifer, qui mène l'évaluation à toutes les phases du projet, conception, réalisation et réception.

### Conclusion

Le délai global de réalisation de ce projet, 60 mois, a imposé au groupement constructeur une coordination et une gestion des interfaces très étroites entre les différents intervenants. Les travaux de terrassements se sont adaptés non seulement à la nature des matériaux et au mouvement des terres, mais aussi aux contraintes inhérentes d'un grand projet de concession. ■

### ABSTRACT Perpignan-Figueras High-Speed Train Line

P. Chardard

The planned new line between Perpignan and Figueras is designed to link the Madrid-Barcelona-Perpignan high-speed corridor to the European network via its connection to the French network and adaptation of the tracks to the European UIC standard.

The earthworks for the platform in France cover 17,3 km of high-speed line and 7 km of connecting tracks. They began in May 2005 and will be completed in July 2007. Numerous tunnels and bridges and hydraulic structures, the crossing of state highway RN9 and the A9 motorway, earthmoving to make up for a deficit of earth in the north, and fine, dry materials are some of the main characteristics of this earthwork project.

### RESUMEN ESPAÑOL Línea de Alta Velocidad Perpiñán-Figueras

P. Chardard

El proyecto de la nueva línea entre Perpiñán y Figueras incluye poner en comunicación el eje ferroviario de alta velocidad Madrid-Barcelona-Perpiñán, con la red europea mediante su conexión con la red francesa y la modificación de las vías según las normas europeas UIC.

Los trabajos de movimientos de tierra de la plataforma Francia corresponden a los 17,3 km de la línea de alta velocidad y 7 km de vías de interconexión. Estos trabajos dieron comienzo en mayo de 2005 y finalizarán en julio de 2007. Numerosas obras de fábricas y estructuras hidráulicas, la travesía de la carretera nacional RN9 y de la autopista A9, un movimiento de tierras deficitario al norte, así como materiales finos al estado seco, figuran entre las características principales de esta obra de movimientos de tierra.

# Contournement de Thonon-les-Bains : 8 km qui changent tout

**Le projet de contournement routier de Thonon-les-Bains s'inscrit dans le cadre plus large du désenclavement du Chablais.**

**Au programme des 32 mois de travaux prévisionnels : 1 200 000 m<sup>3</sup> de terrassement, 14 000 m<sup>2</sup> de murs de soutènement, huit ouvrages d'art et les rétablissements associés, 7 000 ml de collecteurs divers, 118 000 t d'enrobés... afin de permettre la mise en service de ces 8 km de voirie nouvelle en septembre 2008.**

**Le groupement d'entreprises adjudicataire du marché de Travaux préparatoires n° 3 et du marché principal, le marché TOARCC (terrassement, ouvrages d'art, rétablissement de communication, chaussées) est constitué d'entreprises du groupe Bouygues spécialisées dans la réalisation d'infrastructures routières. Ces marchés représentent la part la plus importante et la plus technique des travaux. DTP Terrassement est mandataire de ce groupement qui mobilise plus de 130 personnes et 40 machines pour livrer dans les délais impartis un ouvrage pérenne et de qualité.**

## ■ Le contexte : désengorger Thonon

Capitale économique du Chablais, Thonon-les-Bains est la principale bénéficiaire de la forte croissance économique et démographique du bassin lémanique et souffre aujourd'hui de la saturation de son principal axe routier, la RN5 qui relie Évian à Genève, empruntée par près de 30 000 véhicules par jour. Les difficultés de déplacement sont encore accentuées par la convergence des autres voiries importantes vers le centre-ville et la RN5. Cette densité de circulation est source d'accidents, de nuisances sonores pour les habitants de Thonon et vecteur de pollution atmosphérique, malgré les récents aménagements de la RN5. Le contournement doit contribuer à détourner le trafic de passage

### Cinq objectifs pour le Chablais

- Raccordement de l'agglomération Thonon - Évian aux grands réseaux de l'ouest (autoroutiers et ferroviaires)
- Contournement de la région Thonon - Évian
- Desserte de tout le territoire raccordé aux agglomérations genevoise et annemassienne
- Réduction de la circulation dans les localités et délestage des réseaux actuels, structurants et secondaires

du cœur de la ville. Il est conçu pour supporter un flux de circulation élevé et améliorer la sécurité des déplacements ainsi que les temps de parcours.

L'objectif du contournement vise bien sûr la fluidité de la circulation autour de Thonon-les-Bains, et s'inclut dans une vision plus générale visant à améliorer l'ensemble des liaisons ouest-est, ainsi qu'en direction de Genève. L'efficacité du tracé est doublée par une forte préoccupation environnementale.



**Robert Guglielmi**  
Directeur France Sud  
DTP Terrassement



**Matthieu Longhini**  
Chef de groupe travaux  
DTP Terrassement



**Aldo Spagnolo**  
Chef de groupe géotechnique  
DTP Terrassement



© DTP Terrassement

Photo 1

Vue d'ensemble de la costière de la Dranse. Novembre 2006

*General view of the "Costière de la Dranse" valley flank, November 2006*



© DTP Terrassement

Photo 2

Terrassement de la tranche conditionnelle surplombant la RD26

*Earthworks on the conditional section overhanging county road RD26*



## Contournement de Thonon-les-Bains : 8 km qui changent tout

### Les dates du contournement

- 1999 : Approbation ministérielle du schéma de désenclavement du Chablais et concertation de l'État sur le projet
- 2000-2002 : Phase de concertation sur le projet de contournement
- 2002-2007 : Acquisitions des terrains
- Été 2002 - Automne 2003 : Phase de fouilles pour un diagnostic archéologique
- Décembre 2002 : Commission départementale des sites, en application de la loi littorale
- 2003 : Constitution du Syndicat intercommunal de l'aménagement du Chablais (SIAC, 62 communes)
- Enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP)
- Fin 2003 : Enquête préalable à la déclaration d'utilité publique
- Printemps - Été 2004 : Fouille archéologique de sauvegarde au Genevray
- 16 juin 2004 : Arrêté préfectoral d'utilité publique
- Juillet 2004 : Enquête au titre du code de l'environnement (loi sur l'eau)
- Automne 2004 - Été 2005 : Enquêtes parcellaires
- Janvier 2005 : Début des travaux préparatoires
- Printemps 2005 : Début des procédures d'expropriation
- Janvier 2006 : Début des travaux du marché principal TOARCC
- Fin 2008 : Achèvement des travaux et mise en service

### ■ Le projet : préserver le cadre de vie

La conception du projet a intégré les plus fortes contraintes environnementales telles que la ressource en eau, les zones naturelles protégées ou le bruit. Le tracé du contournement s'insère dans un paysage déjà modelé par les activités humaines. Durant la réalisation des travaux, il convient de tout mettre en œuvre pour limiter les perturbations occasionnées.

Le maître d'ouvrage a souhaité que les chantiers de contournement perturbent le moins possible l'ensemble des habitants, riverains et automobilistes. Pendant les travaux préparatoires, des déviations de circulation sont ainsi mises en place dès que cela est nécessaire. Les aménagements réalisés avant le démarrage du chantier principal permettent ensuite de rétablir définitivement et au plus tôt les principales voies traversées par le contournement.

Enfin, la mise en œuvre de mesures concernant directement la protection de l'environnement s'inscrit dans un souci de développement durable : écrans acoustiques, récupération des eaux pluviales, surveillance des points de captage. Outre l'amélioration des déplacements, le projet préservera le cadre de vie. C'est en tout cas ce que le Conseil général compte laisser aux habitants de la région de Thonon-les-Bains.

### ■ Une démarche commerciale ciblée

Les travaux du contournement routier de Thonon-les-Bains ont été l'objet d'une démarche commerciale

#### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Terrassement : 1 200 000 m<sup>3</sup>
- Mur de soutènement à parement :
  - > minéral : 7 000 m<sup>2</sup>
  - > béton : 9 100 m<sup>2</sup>
- Habillage de paroi clouée et d'écran acoustique : 17 000 m<sup>2</sup>
- OA et rétablissement : 8 u
- Assainissement : 7 000 ml
- Enrobés : 118 000 t

ciblée de DTP Terrassement qui a débuté à la fin de l'année 2004 avec la soumission et l'obtention du marché de travaux préparatoires n° 3 (deux ouvrages d'art, les PS2 et 11 et les rétablissements associés ainsi que les giratoires d'origine et d'extrémité du projet). Dernier marché de travaux préparatoires à être lancé en avril 2005, ce fut le premier achevé avec la mise en service des deux ouvrages en décembre 2005. Ce premier marché a permis de démontrer au maître d'ouvrage la complémentarité et l'efficacité d'un groupement d'entreprises, toutes filiales du groupe Bouygues dont DTP Terrassement est le mandataire.

Ce même groupement d'entreprises – DTP Terrassement (mandataire), Perrier TP, GFC Construction, Screg Sud-Est – est adjudicataire depuis décembre 2005 du marché principal, le marché TOARCC (Terrassement, ouvrages d'art, rétablissement de communication, chaussées) et a reçu le 16 janvier 2006 l'ordre de service de démarrage.

### ■ Caractéristiques : un chantier périurbain

Au programme des 32 mois de travaux prévisionnels : 1 200 000 m<sup>3</sup> de terrassement, 7 000 m<sup>2</sup> de murs de soutènement à parement minéral, 9 100 m<sup>2</sup> de murs de soutènement à parement béton, 17 000 m<sup>2</sup> d'habillage de paroi clouées et d'écrans acoustiques, huit ouvrages d'art et les rétablissements associés, 7 000 ml de collecteurs divers, cinq bassins de traitement des eaux, 118 000 t d'enrobés... afin de permettre la mise en service de ces 8 km de voirie nouvelle en septembre 2008 (cf. encadré « Les principales quantités »).

Si ces chiffres peuvent paraître modestes au regard d'un lot autoroutier classique, la localisation du chantier, son phasage très poussé, la très grande diversité des travaux à effectuer, l'exigence de qualité attendue et l'emploi de moyens matériels de grand terrassement dans un environnement urbanisé ont transformé sa réalisation en un véritable challenge pour les équipes de DTP Terrassement.

Vingt-cinq voies de communication de tous types, de la route nationale à fort trafic à l'accès à un groupe d'habitations, sont interceptées par le tracé qui contourne Thonon par le sud, la ville étant bordée au nord par le lac Léman.

Les interfaces avec les deux marchés de travaux préparatoires non achevés et les différents marchés de déviation de réseaux publics et privés sont autant de contraintes lors du démarrage des travaux (au total plus de 7 000 ml de canalisations diverses seront déposées par les équipes de DTP et Perrier TP après leur dévoiement).

Ces contraintes ainsi que les difficultés rencontrées

pour obtenir la libération totale de l'emprise, réaliser les vingt démolitions d'habitations prévues ont conduit au report de deux mois de l'amenée de l'échelon de terrassement grande masse par rapport au planning initial (cf. encadré « Répartition des travaux au sein du groupement d'entreprises »).

## Environnement

Du fait de la proximité immédiate des constructions existantes, des contraintes exceptionnellement fortes encadrent l'activité du chantier en termes d'horaire de travail, d'émission de poussières, de respect de l'environnement et de contrôle des vibrations créées lors des travaux de foration ou de compactage.

La présence de nombreux points de captage disséminés le long du tracé et destinés à l'approvisionnement en eau potable de la ville de Thonon et à l'usine d'embouteillage des eaux minérales de Thonon a permis à DTP Terrassement de mettre à profit l'expérience acquise sur le chantier du contournement de Vittel dans le plan de respect de l'environnement élaboré pour le chantier.

L'utilisation du conteneur Environnement développé par le Service Matériel et le Service Environnement de DTP et la mise à disposition de kit environnement à tout le personnel d'encadrement permettent de prévenir la pollution des eaux par les hydrocarbures.

## Topographie

Le tracé rencontre de forts dénivelés et des zones de dissolution des matériaux fluvio-glaciaires ce qui explique que le tracé s'inscrive majoritairement en déblai, bien que le mouvement des terres soit équilibré. Ce tracé est aussi la traduction de la volonté du maître d'ouvrage de réduire au maximum les nuisances acoustiques et de préserver le cadre exceptionnel de Thonon.

Afin de limiter l'impact du tracé et de limiter au maximum les acquisitions foncières, de nombreux talus sont raidis par des murs de soutènement.

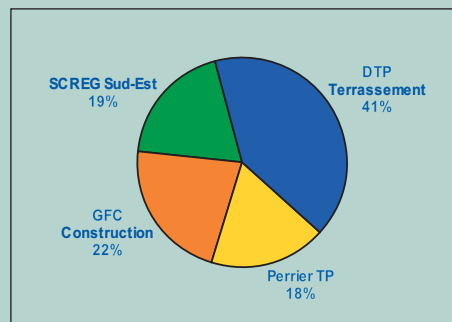
## Géologie

Les terrasses de Thonon-les-Bains sont issues de dépôts dans un lac périglaciaire par régression du glacier du Rhône, période préalpine. Ces terrasses sont creusées par des dolines périglaciaires (vouasses ou crêts dans la région) provenant de la fonte de blocs détachés du glacier. Un versant du ravin en bordure des terrasses de la côtière de la Dranse est emprunté par le contournement.

Le contexte géologique est marqué par deux formations principales :

## Répartition des travaux au sein du groupement d'entreprises

- DTP Terrassement pilote le groupement d'entreprises et de la SEP (Société en participation) formée avec Perrier TP (70 % DTP, 30 % Perrier).
- DTP Terrassement et Perrier TP réalisent les dégagements d'emprise, les terrassements généraux et spécifiques, les murs de soutènement en sol renforcé et les confortements passifs, la pose et l'habillage des écrans acoustiques, les équipements des tabliers des ouvrages d'art, l'assainissement, la pose des équipements de sécurité ainsi que la mise en place de la signalisation verticale et horizontale, de l'éclairage et du réseau fibre optique.



- GFC Construction réalise les ouvrages d'art, les ouvrages hydrauliques de grande section et les soubassements des écrans acoustiques.
- Screg Sud-Est réalise les chaussées des rétablissements de communication et la section courante.



Photo 3

Terrassement de la tranche conditionnelle surplombant la RD26 sous circulation

*Earthworks on the conditional section overhanging county road RD26 carrying traffic*

- les moraines würmiennes sur un tiers ouest du tracé;
  - les dépôts fluvio-glaciaires sur le reste du tracé.
- Localement, on trouve des formations secondaires :
- des remblais anthropiques dus aux anciennes exploitations de carrières dans les matériaux fluvio-glaciaires;
  - des alluvions et colluvions de pente dans la vallée de la Dranse provenant de l'altération du fluvio-glaciaire;
  - des sédiments modernes sur des épaisseurs voisines de 10 m issus des boues de lavage des anciennes carrières.

## Contournement de Thonon-les-Bains : 8 km qui changent tout



**Photo 4**  
Terrassement grande masse plateau des Morillons  
*Mass earthworks on the Morillons plateau*



**Photo 5**  
Plateau des Morillons (juillet 2006)  
*Morillons plateau (July 2006)*



Ces zones de sédiments sont fortement compressibles et ont été mises en évidence lors de la reconnaissance géotechnique complémentaire. Elles se trouvent respectivement sous le plus haut remblai du tracé (17 m, 170 000 m<sup>3</sup>) et à l'aplomb d'un haut mur de soutènement (9 m) et d'un appui d'ouvrage d'art. Afin de préserver l'équilibre du mouvement des terres et de prévenir la ruine des ouvrages par tassement différentiel à moyen terme, DTP Terrassement a proposé de conforter ces zones par drainage vertical. La durée de ces travaux complémentaires a entraîné une modification importante du phasage des travaux dans cette zone, notamment le terrassement d'une tranche conditionnelle sous circulation.

### ■ Moyens matériels

Les moyens matériels de grand terrassement mobilisés ont permis de rattraper pour partie le décalage initial du planning. Le planning des terrassements est contraint par la mise en service des premiers rétablissements et le passage sur le viaduc du Pamphiot. Un échelon de cinq décapeuses MS631 et boteur D10R est mobilisé durant deux mois pour décaper la section courante et terrasser la partie centrale du tracé (grave alluvionnaire, 160 000 m<sup>3</sup>).

Un échelon de pelle hydraulique de 80 t type Caterpillar 385C et tombereaux articulés Volvo A35D sera mobilisé au printemps 2007 pour terrasser les 150 000 m<sup>3</sup> du déblai D1 et extraire les 120 000 m<sup>3</sup> de couche de forme. Ce mouvement de matériaux n'a pu être réalisé en 2006 car le tracé intercepte dans ce déblai l'unique accès à un supermarché qui doit être préalablement rétabli sur le passage supérieur n° 1, objet d'un des délais partiels du marché.

Les volumes restants sont terrassés par trois échelons de terrassement composés de pelles hydrauliques de 30 à 50 t et de tombereaux articulés de 25 à 30 t. Ces moyens plus légers s'adaptent parfaitement aux terrassements ponctuels des différents rétablissements et murs de soutènement.

Sont actuellement présents sur le chantier 14 tombereaux articulés et trois pelles de production (cf. encadré « Matériels de terrassement »).

**Photo 6**  
Terrassement de la tranche conditionnelle surplombant la RD26  
*Earthworks on the conditional section overhanging county road RD26*

Photo 7

Confortement du pied de la costière de la Dranse,  
juillet 2006

*Consolidation of the base of the "Costière de la Dranse"  
valley flank, July 2006*

## ■ Phasage

Le respect de l'avancement général des travaux est lié à un très grand phasage des activités des différents membres du groupement.

Sauf cas exceptionnel, les voies de communication ne peuvent être coupées et doivent être rétablies dans des contre-allées ou des déviations provisoires avant le démarrage des terrassements des ouvrages d'art. Une fois les terrassements des fouilles d'ouvrage réalisés, les murs de soutènement à parement minéral des culées des ouvrages d'art doivent s'intégrer dans le planning de rotation des outils de coffrage de tablier car ces murs sont réalisés après les appuis (semelles et poteaux chemisés) et servent de plate-forme de travail pour la réalisation des chevêtres puis du tablier.

## ■ Soutènements

Les murs de soutènement sont l'enjeu majeur du chantier pour les équipes de DTP Terrassement et Perrier TP car leur réalisation conditionne la libération de la section courante pour la mise en œuvre de l'assainissement et des équipements. Ces murs sont de trois types.

### Sols renforcés à parement minéral

Sept murs de soutènement, soit 7 000 m<sup>2</sup>, à parement minéral sont à réaliser. Ces murs de type VSoL<sup>®</sup> Grille combinent les techniques de renforcement de sol et un appareillage manuel des pierres de calibre 150/250 mm élaborées par concassage du brut d'abatage et scalpage dans la carrière de Meillerie. Ces pierres constituent le parement minéral de ces murs et les exigences architecturales imposent un placement manuel de chacune des pierres.

### Parois clouées

Deux mille trois cents mètres carrés de parois clouées définitives sont réalisés par l'entreprise suisse ISR Injectobohr en sous-traitance de DTP Terrassement et Perrier TP. Les ancrages utilisés (15 000 ml) sont four-

#### MATÉRIELS DE TERRASSEMENT

- 1 échelon de 5 décapeuses Caterpillar MS 631
- 1 boteur Caterpillar type D10 R
- 1 pelle de 80 t Caterpillar 385 C
- 5 tombereaux articulés Volvo A 35 D
- 3 échelons de pelles hydrauliques de 30 à 50 t
- 10 tombereaux articulés de 25 à 30 t



© DTP Terrassement



© DTP Terrassement

Photo 8

Pose des écailles des murs  
de la Dranse

*Placing scales on the walls  
of the Dranse*

nis par VSL Suisse. Ces parois sont habillées par un parement minéral similaire à celui des murs en sol renforcés.

En incluant les habillages des écrans acoustiques, les parements minéraux totalisent 20 000 m<sup>2</sup> de treillis, 19 000 tonnes de pierres appareillées et requièrent 50 000 heures de travail manuel.

### Les murs de la Dranse

Véritable chantier dans le chantier, cette zone de travaux de 500 ml constitue le point technique le plus ardu du contournement : le franchissement des 24 m de dénivelé de la cote de la Dranse.

L'ouvrage projeté par le maître d'œuvre Scetauroute vise à stabiliser un massif soumis à une érosion régressive importante qui met en péril les habitations situées à quelques dizaines de mètres de l'entrée en terre. L'emprise aval de l'ouvrage est contrainte par la présence de la zone environnementale protégée du lit

## Contournement de Thonon-les-Bains : 8 km qui changent tout

Photo 9

Pose des écailles  
des murs  
de la Dranse  
Placing scales  
on the walls  
of the Dranse



Photo 10

Terrassement  
du diffuseur  
de l'Ermitage,  
déblai D6,  
juillet 2006  
Earthworks  
on the Ermitage road  
interchange,  
excavation D6,  
July 2006



Photo 11

Murs de la Dranse : raccordement du mur MD2  
sur le mur MD3

Walls of the Dranse : connection of wall MD2 to wall  
MD3



majeur de la Dranse, un affluent important du lac Léman.

Cet ouvrage se compose d'une cascade de quatre murs de soutènement à écailles béton (9 100 m<sup>2</sup>) et d'un mur de soutènement amont végétalisé de type Evergreen (2 100 m<sup>2</sup>). Son embase est protégée par une berme de 10 000 m<sup>3</sup> d'enrochements 500 kg/2 t qui prévient l'affouillement jusqu'à 7 m de profondeur par les crues décennales.

La réalisation des pieds de murs nécessite le terrassement de 13 000 m<sup>3</sup> de colluvions (matériaux sans cohésion) et la réalisation d'un soutènement provisoire par paroi clouée (1 900 m<sup>2</sup> et 5 800 ml de clous) pour permettre le déploiement des lanières de renforcement de sol VSOL®.

Ces 9 100 m<sup>2</sup> de murs sont fournis par VSL et sont constitués de 3 000 écailles béton de grande dimension (1,60 x 2,40 m<sup>2</sup>, 2,2 t par pièce). Le motif architectural reproduit des strates rocheuses avec pendage à 45°. Il est constitué de cinq matrices sculptées différentes. Celles-ci ont été l'objet d'une étude très poussée afin de permettre une pose aléatoire des écailles (chaque

côté d'une matrice prolonge le motif de la matrice adjacente).

Approvisionnées depuis l'usine de préfabrication SAPB à Gap, les écailles sont posées au rythme quotidien de 30 pièces par équipe de pose. 130 000 m<sup>3</sup> de remblais seront mis en œuvre sur les lanières de renforcement de sol de septembre 2006 à mai 2007.

### ■ Avancement et perspectives

Après 11 mois de travaux, le chantier a atteint son rythme de croisière. Plus de 130 personnes et 50 machines sont à l'œuvre sur le chantier. Cinq cent mille mètres cubes de matériaux ont été terrassés et quatre tabliers d'ouvrage ont été coulés.

L'année 2007 sera consacrée à l'achèvement des terrassements généraux et des murs de soutènement, la mise en service des derniers rétablissements de communication, le démarrage de l'équipement de la section courante et l'installation des premiers écrans acoustiques.

### LE CONTOURNEMENT EN CHIFFRES

- 37 000 habitants directement concernés
- 137 millions d'euros : coût global du chantier
- 14 ouvrages d'art dont deux hors catégorie
- 8 km de voies nouvelles
- 4 communes concernées
- 4 ans de chantier



© DTP Terrassement

**Photo 12**  
Murs de la Dranse  
Walls of the Dranse

Le premier semestre 2008 verra la réalisation des chaussées de la section courante et les travaux de finition pour permettre la livraison de ce nouvel axe de communication au mois de septembre 2008 qui constituera une référence exceptionnelle pour DTP Terrassement.

Toute l'actualité du chantier est sur le site internet du Conseil général de la Haute-Savoie [www.cg74.fr](http://www.cg74.fr) rubrique « Les grands dossiers » . ■

#### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

##### Maître d'ouvrage

Conseil général de Haute-Savoie (CG74)

##### Maître d'ouvrage délégué

Société d'équipement de Haute-Savoie (SEDHS)

##### Groupement de maîtrise d'œuvre

- Scetauroute (mandataire)
- Strates Architecte
- Huguet
- JNC

##### Groupement d'entreprises

- DTP Terrassement (mandataire)
- Perrier TP
- GFC Construction
- Scred Sud-Est

### ABSTRACT

#### *Thonon-les-Bains road bypass : 8 kilometres that change everything*

R. Guglielmi, M. Longhini, A. Spagnolo

*The Thonon-les-Bains road bypass project is part of a broader approach to improve access to the Chablais region.*

*The forecast schedule of 32 months' work includes 1,200,000 cu. m of earthworks, 14,000 sq. m of retaining walls, eight road structures and the associated restoration work, 7,000 linear metres of miscellaneous drains and 118,000 tonnes of bituminous mixes. Commissioning of these 8 km of new roads is scheduled for September 2008.*

*The consortium awarded preparatory works contract No. 3 and the main contract (for earthworks, engineering works, restoral of communications and roadways) is formed of companies of Bouygues Group specialised in the construction of road infrastructure. These contracts represent the largest and most technical part of the works. DTP Terrassement is the leader of this consortium which is deploying more than 130 people and 40 machines to deliver on schedule a sustainable, high-quality project.*

### RESUMEN ESPAÑOL

#### *Variante vial de Thonon-les-Bains : 8 km que lo cambian todo*

R. Guglielmi, M. Longhini y A. Spagnolo

*El proyecto de variante vial de Thonon-les-Bains se inscribe en el marco más general del desarrollo de infraestructuras viales de Le Chablais. El programa de los 32 meses de trabajos previsionales : 1200000 m<sup>3</sup> de movimientos de tierra, 14000 m<sup>2</sup> de muros de contención, ocho obras de fábrica y las reconstrucciones correspondientes, 7000 metros de colectores diversos, 118 000 t de aglomerado, etc., con objeto de permitir la puesta en servicio de estos 8 km de nueva red vial en septiembre de 2008.*

*La agrupación de empresas adjudicataria del contrato de Trabajos preparatorios N° 3 y del contrato principal, el contrato TOARCC (movimientos de tierra, obras de fábrica, restablecimiento de comunicación, firmes) está formada por empresas del grupo Bouygues especializadas en la realización de infraestructuras viales. Estos contratos representan la parte más importante y más técnica des los trabajos. DTP Terrassement actúa como mandatario de esta agrupación que moviliza a más de 130 personas y 40 máquinas para entregar dentro de los plazos impartidos una obra perenne y de calidad.*

# Colas innove avec la

En ce début du XXI<sup>e</sup> siècle l'environnement est devenu une valeur incontournable inscrite au cœur même de l'activité économique par les exigences du développement durable.

Leader et spécialiste du retraitement en place à froid depuis 20 ans avec son procédé Novacol, Colas innove avec la gamme Nova. Les trois techniques de la gamme sont décrites dans cet article au travers de quelques chantiers.

## ■ Présentation de la gamme

La prise en compte de l'amélioration du cadre de vie et de la protection de l'environnement, les nouvelles réglementations et taxes concernant les mises en décharge, l'épuisement des ressources naturelles, leur éloignement des chantiers, l'augmentation des coûts de transport sont devenus des éléments incontournables inscrits au cœur même de l'activité économique par les exigences du développement durable.

La cause est légitime : la pérennité de la planète impose une attitude responsable. Les impacts de la croissance sur l'environnement doivent être maîtrisés.

Au-delà de la nécessité impérieuse de contenir notre facture énergétique, la préservation des richesses naturelles est une priorité de Colas en faveur du développement durable. Le recours aux énergies de substitution renouvelables, le développement du recyclage des matériaux constituent des réponses à la question de la gestion éclairée des ressources.

Dans ce contexte, il devient rentable et de plus en plus courant d'optimiser les matériaux en place, notamment les sols, avec des liants hydrauliques routiers et de recycler en place les anciennes chaussées qu'elles soient routières ou aéronautiques avec des liants sous forme d'émulsion de bitume, de liants hydrauliques routiers ou parfois les deux avec des liants composites de type Stabicol. Conscient de ces enjeux, l'administration française a édité deux guides.

Le premier concerne le retraitement en place à froid des anciennes chaussées et le second qui sera édité très

prochainement concerne le traitement des sols en assises de chaussées.

La gamme Nova est un concept Colas initialisé par sa filiale Colas Sud-Ouest. Cette gamme se décline en trois procédés :

- Novacol, pour l'entretien et la rénovation des couches de surface des anciennes chaussées;
- Novafor, pour le renforcement structurel en profondeur des anciennes chaussées;
- Novasol, pour le traitement et la stabilisation des sols en assises de chaussées ou pour les remblais de plates-formes industrielles (tableau I).

La première machine Novacol est un éco-recycleur à froid monofonction destiné à la réhabilitation et la régénération en place à froid des couches supérieures des anciennes chaussées. C'est un procédé qui consiste à fraiser la chaussée existante sur une largeur de 3,5 m à 3,80 m en une seule passe et sur une profondeur pouvant aller jusqu'à 18 cm avec ajout d'un liant régénérant ou non, le tout étant mélangé, malaxé et remis en place après application d'une couche d'accrochage obligatoire pour la bonne tenue de l'ensemble conformément au guide technique sur le retraitement en place à froid des anciennes chaussées édité par le Sétra (photo 1).

La grande innovation 2005 sur le procédé Novacol c'est l'installation d'une rampe intégrée pour couche d'accrochage spécialement conçue et imaginée par les Services techniques et matériels de Colas Sud-Ouest en liaison avec le constructeur.

Ce nouveau système innovant est composé d'une

Tableau I  
Présentation  
de la gamme Nova  
Overview  
of the Nova range

La gamme NOVA se décline en 3 procédés éco-industriels de recyclage en place à froid pour l'entretien des chaussées et le traitement des sols.			
	NOVACOL	NOVAFOR	NOVASOL
			
	Eco-recycleur, à couche d'accrochage intégrée	Eco-recycleur pour chaussées	Eco-recycleur pour les sols
B U T	Réhabilitation des couches supérieures des anciennes chaussées présentant certains défauts	Retraitement en place à froid pour renforcer structurellement en forte épaisseur les anciennes chaussées	Traitement des sols en place pour améliorer leur portance en remblai ou pour assises de chaussées
D O M A I N E S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régénération du liant vieilli</li> <li>• Suppression des décollements de couche</li> <li>• Suppression des fissures et création d'une couche anti-remontée de fissures sur GH</li> <li>• Réhabilitation sur 5 à 15 cm d'épaisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'une nouvelle assise</li> <li>• Suppression des interfaces de mauvaise qualité</li> <li>• Renforcement de la structure de 15 à 50 cm d'épaisseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amélioration des caractéristiques mécaniques et hydriques des sols pour :</li> <li>Remblais, couches de forme, aires de stockage, parkings, aires d'autoroutes, plates formes industrielles</li> <li>• Assises de chaussées jusqu'à 50 cm d'épaisseur</li> </ul>
A V A N T A G E S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Économique financièrement</li> <li>• Environnementale</li> <li>• Rapidité d'exécution</li> <li>• Gêne minimale des usagers et des riverains</li> <li>• Homogénéisation des couches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Économique financièrement</li> <li>• Environnementale</li> <li>• Rapidité d'exécution</li> <li>• Gêne minimale des usagers et des riverains</li> <li>• Homogénéisation des couches</li> <li>• S'adapte à toute structure et tout trafic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Économique financièrement</li> <li>• Environnementale</li> <li>• Rapidité d'exécution</li> <li>• Valorisation du sol en place</li> <li>• Économique en ressources naturelles et en transports</li> </ul>

# gamme Nova

**Didier Thouret**  
Directeur technique  
Colas Sud-Ouest

**Francis Mercier**  
Directeur technique  
Colas Nord Picardie

**Pascal Robin**  
Directeur technique  
Colas Est



Photo 1

Retraitement à froid,  
procédé Novacol  
Cold mix resurfacing, Novacol  
process

rampe à balayage latéral qui offre au client un équipement haut de gamme, précis, fiable, similaire aux performances des rampes équipant les épandeurs pour enduit superficiel.

C'est aussi un ordinateur de bord embarqué pour la gestion des données de recyclage assurant le suivi et le contrôle :

- du dosage de liant et d'eau par un nouveau système d'asservissement ;
- de la profondeur de travail ;
- de la vitesse d'avancement.

L'ordinateur calcule également la quantité de liant au mètre carré en fonction de la densité du matériau en place, de la largeur de travail, de la profondeur de retraitement.

Enfin, l'enregistrement de toutes ces données est effectué en continu assurant ainsi un contrôle permanent dans le cadre du PAQ.

La performance d'un tel équipement est mesurée à partir de cinq critères notés de 3 à 1 regroupés sous le coefficient HEPIL<sup>1</sup> et qui permettent de classer les niveaux de qualité de retraitement.

L'éco-recycleur Novacol obtient le plus haut niveau de performance. Son coefficient HEPIL est 33333, le situant ainsi au meilleur niveau de qualité requis dans le guide technique du retraitement en place des anciennes chaussées, le niveau R1.

1. HEPIL. H : Homogénéisation du matériau avec le liant ; E : Coefficient de variation de l'épaisseur fraisée ; P : Puissance disponible par mètre linéaire de rotor de fraissage ; I : Possibilité d'injecter l'eau dans la chambre de malaxage ou de fragmentation ; L : Dosage du liant sous forme de liquide (émulsion de bitume).



Photo 2

Eco-recycleur multifonction : Novasol-Novafor  
Multifunction eco-recycler : Novasol-Novafor

La seconde machine de la gamme est un « éco-recycleur multifonction ». Multifonction parce qu'il permet de retraiter des anciennes chaussées pour les renforcer structurellement par ajout d'un liant hydraulique routier associé ou non à une émulsion de bitume, voire mousse de bitume et ce jusqu'à 50 cm de profondeur : c'est la technique Novafor (photo 2).

Toujours en référence au guide technique de retraitement en place à froid des anciennes chaussées, cet « éco-recycleur multifonctions » obtient un coefficient HEPIL de 23333 assurant la meilleure classe de retraitement en place avec un niveau de qualité R1.

Multifonction encore parce qu'il permet de traiter ou



## Colas innove avec la gamme Nova

stabiliser les sols (limon, argile pour les remblais, les plates-formes, ainsi que des assises de chaussées conformément au futur guide de traitement des sols pour assises de chaussées) : c'est la technique Novasol (photo 2).

### ■ La gamme Nova en quelques chantiers

En 2006, c'est un peu plus d'une cinquantaine de chantiers qui ont été réalisés avec les différents procédés de la gamme Nova, parmi ceux-ci :



Photo 3

Eco-recycleur Novafor Colas Nord Picardie. Retraitement à l'émulsion de bitume RD12 (Somme)

*Novafor eco-recycler, Colas Nord Picardie. Bitumen emulsion resurfacing of county road RD 12 (Somme region)*

### Novafor à l'émulsion dans le département de la Somme

Le chantier du RD12 se situe sur l'itinéraire entre Saint-Riquier et Domart dans la Somme.

Les travaux ont été exécutés en octobre 2006 par l'agence Colas Amiens pour le compte du Conseil général de la Somme, avec pour maître d'œuvre la DDE d'Abbeville.

Précédemment, sur le même itinéraire, c'est la proposition variante de Colas Amiens qui est retenue pour la réfection de la chaussée avec la technique de retraitement en place à froid.

En 2006, pour la poursuite des travaux sur ce même iti-

néraire, la solution de retraitement est spécifiée en solution de base dans l'appel d'offres.

Cette solution de base préconise un retraitement Novafor sur 12 cm de profondeur à l'émulsion de bitume + 4 cm de BBMA 0/10.

La structure de l'ancienne chaussée est constituée de 30 à 40 cm de GNT recouverts de plusieurs enduits avec un niveau de déflexion d'environ  $200^{1/100}$  mm.

Le trafic correspond à un TC3.

Le retraitement en place a été effectué sur 12 cm d'épaisseur avec un dosage de 6 % d'émulsion.

La durée d'intervention a été de 3 jours pour une surface de 20000 m<sup>2</sup> (photo 3).

### Novafor au liant hydraulique dans le département du Nord

Le chantier du RD76 se situe à Crèvecœur à côté de Cambrai dans le Nord.

Les travaux ont été exécutés en juillet 2006 par l'agence Colas Valenciennes pour le compte du Conseil général du Nord.

La chaussée existante était composée d'un enrobé et d'une couche d'épaisseur variable en GNT, sur un support en limon.

Le chantier a consisté à retraiter l'ensemble de la chaussée sur une épaisseur totale de 35 cm afin d'obtenir une plate-forme de classe PF3.

Structure prévue :

- Novafor au liant routier = 35 cm;
- Fondation = 25 cm GL/CV;
- Base = 6 cm EME Cl. 2;
- Roulement = 2,5 cm BBTM.

Le dosage en liant routier a été de 5 %, la mise en œuvre du liant s'est effectuée par l'intermédiaire de l'épandeur intégré à l'éco-recycleur comportant un silo tampon de 4 m<sup>3</sup> et avec un porteur de liant jumelé, ceci a permis l'introduction des pulvérulents d'une manière abritée préservant ainsi l'environnement des envolées de ciment.

Le retraitement en place s'est effectué sur 2 semaines pour une surface de 50000 m<sup>2</sup> et a permis d'obtenir des déflexions à 14 jours de l'ordre de  $20^{1/100}$  de mm correspondant à une classe de la plate-forme supérieure aux spécifications du CCTP de niveau PF4 (photo 4).

### Novasol à DAF Gerzat dans le département du Puy-de-Dôme

La société Soveca (DAF) a lancé un appel d'offres pour la réalisation d'une plate-forme bâtiment, voiries et parking VL et PL sur la commune de Gerzat (63).

Le traitement en place proposé par Colas Sud-Ouest, agence de Clermont-Ferrand, comme variante porte uniquement sur la zone VL soit 6200 m<sup>2</sup>.

Solution variante :

- 0,45 m de Novasol ciment;
- 0,10 m GNT 0/31.5;
- 0,08 m BBSG 0/10.

La solution proposée en variante a été retenue et permet la valorisation des matériaux du site par traitement au liant hydraulique, avec réduction des épaisseurs de couche de base.

Les travaux ont été exécutés les 26 et 27 juin 2006 par l'agence Colas de Clermont-Ferrand.

Le traitement de la couche de forme a été réalisé sur une surface de 6200 m<sup>2</sup> sur une profondeur de 45 cm avec un liant hydraulique au dosage de 5 % et suivi de la mise en place d'un enduit de cure.

Les objectifs de portance à la plaque ont été atteints sans difficulté (photo 5).

### Novacol dans le Lot-et-Garonne

C'est la solution variante qui a été retenue pour ce chantier de réfection de la RD911 au droit de Sainte-Livrade dans le département de Lot-et-Garonne.

Par rapport à la solution de base (fraisage, évacuation et mise en œuvre d'un enrobé à chaud) la solution variante, présentée par Colas Sud-Ouest et retenue par le maître d'œuvre, consistait à retraiter l'ancienne chaussée par le procédé Novacol sur une profondeur de 7 cm et de venir appliquer ensuite un béton bitumineux mince sur une épaisseur de 4 cm.

Ce chantier fut aussi l'occasion de dresser un bilan environnemental par une analyse partielle du cycle de vie uniquement sur les critères de consommation énergétique et de dégagement de gaz à effet de serre. Par rapport à une solution traditionnelle à chaud d'entretien, la technique de retraitement à froid en place consomme deux fois moins d'énergie et dégage deux fois moins de gaz à effet de serre.

### ■ Conclusion

Aujourd'hui Colas a réalisé un peu plus de 3,5 millions de mètres carrés de retraitement en place à froid de chaussées avec l'éco-recycleur Novacol.

La publication des guides officiels édités par l'administration française pérennise ainsi ces techniques de recyclage en place. Maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre semblent aujourd'hui plus enclins à faire appel à ces techniques environnementales parce qu'elles répondent aux exigences du développement durable, mais aussi et surtout parce qu'elles sont très économiques.

La mise sur le marché de ces éco-recycleurs « high-tech » notamment pour le traitement des sols devrait transformer radicalement le marché et voir rapi-



Photo 4

Eco-recycleur Novafor Colas Nord Picardie. Retraitement de la RD76 (Nord) avec un liant hydraulique

*Novafor eco-recycler, Colas Nord Picardie. Resurfacing of county road RD 76 (north) with a hydraulic binder*



Photo 5

Eco-recycleur Novasol Colas Sud-Ouest. Traitement de sol plate-forme Gerzat (Puy-de-Dôme)

*Novasol eco-recycler, Colas Sud-Ouest. Soil treatment for the Gerzat platform (Puy-de-Dôme region)*



### Colas innove avec la gamme Nova

► dement les matériels issus du machinisme agricole (herse, rotobêches, charrues à disque) disparaître de nos chantiers.

Le traitement d'un sol pour en faire des assises de chaussées doit être réalisé avec autant de soin qu'une technique routière.

Rigueur et professionnalisme doivent être la règle et c'est l'objectif que Colas s'est fixé avec les techniques de traitement et de retraitement en place à froid issues de la gamme Nova. ■

#### **ABSTRACT** *Colas innovates with the Nova range*

*D. Thouret, Fr. Mercier, P. Robin*

*At the start of this 21 st century, the environment has become an essential value inherent in economic activity, due to the requirements of sustainable development.*

*A leader specialised in in-situ cold mix resurfacing for the last 20 years with its Novacol process, Colas innovates with the Nova range. The three techniques in the range are described in this article considering several projects.*

#### **RESUMEN ESPAÑOL** *Colas innova con la gama Nova*

*D. Thouret, Fr. Mercier y P. Robin*

*En este principio de siglo XXI el medio ambiente ha llegado a ser un valor ineludible inscrito en pleno centro de la actividad económica debido a las exigencias del desarrollo sostenible.*

*Líder y especialista del retratamiento in situ en frío desde 20 años con su procedimiento Novacol, Colas innova con la gama Nova. Las tres técnicas de la gama figuran descritas en el presente artículo a través de algunas obras.*

# 12 000 t d'enrobés à l'Aspha-min® sur le port de Lyon

## Une participation volontaire de la CNR et un partenariat efficace avec Eurovia

**Pour la réalisation du revêtement de la plate-forme de son second terminal à conteneurs au port de Lyon Édouard Herriot, la CNR a opté pour l'utilisation des enrobés à l'Aspha-min® réduisant la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Les 12 000 t d'enrobés (BBME) appliquées sur les 10 ha de cette plate-forme en font aujourd'hui le plus gros chantier de ce type en France. En tant qu'entreprise responsable souhaitant participer à la lutte contre le changement climatique, la CNR a fait le choix d'utiliser la solution des enrobés à l'Aspha-min® développée par Eurovia dont le principe est de diminuer la température des enrobés sans en altérer les propriétés. Cette réalisation montre que l'émergence de nouvelles technologies associant performances et prise en compte de l'environnement sont possibles dès lors que l'ensemble des acteurs d'un projet ont une volonté commune de contribuer à la pérennité d'un environnement riche et équilibré ainsi qu'au développement socio-économique du territoire.**

### ■ Contexte

La Compagnie Nationale du Rhône (CNR), groupe Suez, est le deuxième producteur d'électricité français. Elle possède et exploite 19 centrales hydroélectriques sur le Rhône et produit 1/4 de l'électricité hydraulique française. Elle est, par sa mission d'origine et ses choix stratégiques, résolument orientée vers les énergies renouvelables et le développement durable. La CNR s'est engagée dans son plan de missions d'intérêt général (2004-2008) à agir en faveur du développement du transport fluvial, de l'optimisation de la production d'hydroélectricité, de l'environnement et de l'ancrage local. 125 M€ sont ainsi mobilisés par la CNR pour la réalisation de ce plan.

Dans le cadre de ce plan et face à la croissance du transport fluvial, la Compagnie a construit un second terminal au port de Lyon Édouard Herriot. Ce nouvel équipement multimodal, situé environ à 500 m du terminal 1, comprend une plate-forme de 10 ha (dont 8,5 ha de surface de stockage), un quai de 200 m, un portique mobile et de nouvelles voies ferrées et routières. À partir de février 2007, ce nouveau terminal pourra accueillir jusqu'à 200 000 conteneurs en capacité de stockage, permettant ainsi au port de Lyon, premier port intérieur français pour les conteneurs tous

modes confondus, de doubler sa capacité de traitement.

La structure de chaussée déterminée en tenant compte de la spécificité du mode de stockage et de la nature et du nombre d'évolutions des porte-conteneurs met en œuvre deux couches d'EME (Enrobés à module élevé) et une couche de roulement en BBME (Béton bitumineux à module élevé) sur 5 cm. Les quantités d'enrobés mises en œuvre sont respectivement 30 000 tonnes d'EME et 12 000 t de BBME.

### ■ Vers un but commun

Eurovia s'est engagée dans une politique ambitieuse de développement durable, en étant notamment en France la première entreprise routière à diminuer la température des enrobés sans en altérer aucune des propriétés. La réduction de la température de travail des enrobés a été initiée dès 2001 par la mise au point d'un additif synthétique très particulier de la famille des zéolithes, l'Aspha-min®. Les zéolithes – de "zen" bouillir et "lithos" pierre – sont des minéraux dont la structure particulière a été mise à profit par Eurovia pour réduire de près de 40 °C la température d'enrobage des matériaux bitumineux.



1. Ont participé au chantier les équipes Eurovia Lyon :
- Conducteur de travaux : Jean-Claude Prola
  - Ingénieur travaux : Jérôme Jourdain
  - Chefs de chantiers : André Haro et Jérôme Solily
  - Suivi technique : Samir Osmic



**Michel Cote**  
Directeur  
du développement  
durable

Compagnie Nationale  
du Rhône



**Luc Faure**  
Chef d'agence  
Eurovia Lyon<sup>1</sup>



**Luc Moussu**  
Directeur technique  
Auvergne-Rhône-Alpes  
Eurovia Management

© Photothèques Eurovia et CNR

Photo 1

Mise en œuvre des enrobés  
tièdes à l'Aspha-min®

Laying warm bituminous mixes  
with Aspha-min®

## 12000 t d'enrobés à l'Aspha-min® sur le port de Lyon.

Photo 2

Chargement des camions en enrobés tièdes à l'Aspha-min®. Aucune modification majeure des centrales d'enrobage n'est nécessaire

Loading trucks with warm bituminous mixes with Aspha-min®. No major change in the bituminous mixing plants is needed



En tant qu'entreprise responsable, pour limiter les nuisances environnementales du chantier et participer à la lutte contre le réchauffement climatique, la Compagnie Nationale du Rhône souhaitait utiliser une solution industrielle la plus respectueuse de l'environnement. Les enrobés à l'Aspha-min® proposés par l'agence Eurovia Lyon correspondaient dès lors aux objectifs visés.

### LA CNR EN QUELQUES CHIFFRES

#### Patrimoine industriel et fluvial

- 19 barrages, 19 centrales, 14 écluses à grand gabarit, 2 parcs éoliens (21,5 MW de puissance installée), 400 km de digues
- 32 stations de pompage, 300 km de voies navigables à grand gabarit
- 27 000 ha de domaine concédé dont 14 000 ha de fleuve, 130 000 ha terrestres dont 836 amodiables et 29 sites industriels et portuaires

#### Ressources humaines (au 31 décembre 2006)

Effectif : 1 220 personnes

#### Navigation - Transport fluvial 2005

##### Transport de marchandises

- 5,53 millions de tonnes transportées sur le fleuve (+ 16 %/2004)
- 1,192 milliard de tonnes x km transportées sur le Rhône (+ 16 %/2004)

Trafic de bateaux : 96 232 éclusages (+ 2 %/2004)

Passagers : 114 452 voyageurs

#### Le port de Lyon Édouard Herriot

- Trafic global tous modes confondus : 10,3 millions de tonnes
- Trafic par voie d'eau : 1,25 million de tonnes
- Trafic de conteneurs : 182 649 EVP (équivalent vingt pieds)
- Trafic de conteneurs par voie d'eau : 50 797 EVP (+ 27 %/2004)

Pour rester dans une enveloppe admissible par la maîtrise d'ouvrage, (le surcoût lié essentiellement à la zéolithe correspondant à 5 à 10 % du prix à la tonne de l'enrobé), seule la couche de roulement est en enrobé à l'Aspha-min®, soit 12 000 t. À travers ce chantier, la CNR encourage l'émergence de nouvelles technologies associant performance et prise en compte environnementale et agit en faveur du développement durable.

### ■ Les enrobés à l'Aspha-min® - Principes

Zéolithe hydratée, l'Aspha-min® est une poudre contenant environ 20 % d'eau sous forme cristalline. Au contact des granulats séchés et du bitume chaud, l'eau est libérée progressivement permettant ainsi d'obtenir, et de maintenir, une excellente maniabilité du mélange et cette maniabilité est conservée jusqu'à la mise en œuvre.

La baisse de la température minimise ainsi les nuisances environnementales tout au long du cycle de vie du produit en réduisant les consommations énergétiques et les émissions gazeuses dans l'atmosphère.

Les mesures effectuées sur les centrales d'enrobage ont montré une baisse sensible de l'ordre de 20 % des émissions gazeuses dans l'atmosphère (NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et COV : composés organiques volatils) et des diminutions de consommations énergétiques de l'ordre de 20 % à l'enrobage (et de 10 % en tenant compte de l'impact de la zéolithe).

Le procédé ne modifie pas les performances intrinsèques des enrobés, y compris la tenue à l'eau. La température étant supérieure à 100 °C, l'eau est totalement vaporisée et ne vient pas en altérer les propriétés. Lors de la fabrication et de la mise en œuvre, la maniabilité est équivalente à celle d'un enrobé classique et les caractéristiques en place sont conservées.

### ■ Les enrobés à l'Aspha-min® - Références

Le procédé a fait l'objet d'une charte de l'innovation autoroutière signée en 2003 entre la Direction des routes, l'Afsa (Association française des sociétés d'auto-route), Cofiroute et Eurovia. Le bilan expérimental a été concrétisé par un certificat du Sétra en date du 25 janvier 2005.

Aujourd'hui le procédé est totalement opérationnel et accumule les récompenses : Prix de l'innovation FNTP 2005 [1], Grand prix 2005 du Salon des maires et des collectivités locales. À fin 2006, les références portent sur plus de 250 000 t d'enrobés aussi bien en couches

de roulement ou en couches d'assise, et avec des liants modifiés ou non.

Avec ce procédé, Eurovia est en mesure de contribuer efficacement à minimiser les nuisances environnementales tout au long du cycle de vie du produit en réduisant les consommations énergétiques et les émissions gazeuses dans l'atmosphère. De plus en utilisant les mêmes outils industriels pour la fabrication et la mise en œuvre des enrobés, et en assurant par l'absence de fumées et d'odeurs une amélioration du confort des équipes et également des usagers ou riverains, ce procédé s'inscrit véritablement dans la démarche de développement durable engagée par Eurovia.

### ■ Déroulement du chantier

À la suite de l'EME 0/14 en couches d'assise, la mise en œuvre du BBME à l'Aspha-min® s'est déroulée sur la deuxième quinzaine d'octobre puis sur la dernière semaine de novembre après déplacement du portique, soit douze jours à raison de 1000 t/jour. La couche d'accrochage quant à elle est de l'Emulvia Clean® (émulsion de bitume dur à rupture rapide) dosée à 300 g/m<sup>2</sup> de bitume résiduel.

Les granulats utilisés proviennent de la carrière de Saint-Bonnet-de-Mure (silico-alluvionnaire du Rhône) de catégorie BIIa selon la norme NF P 18-545. Le bitume pur de grade 20/30 a été choisi pour répondre aux sollicitations de la plate-forme et apporter un module d'élasticité élevé.

La formulation de niveau 2 étudiée en laboratoire dont la composition est précisée dans le tableau I donne des résultats conformes aux exigences de la norme NF P 98-141 pour un BBME de classe 3, avec un module d'élasticité à 15 °C 10 Hz de 16100 MPa.

Outre le suivi de la fabrication et de la mise en œuvre, le laboratoire Eurovia de Lyon, a vérifié à partir de prélèvements *in situ*, les caractéristiques de tenue à l'eau

Tableau I

Composition des enrobés tièdes à l'Aspha-min® pour le chantier de la CNR

Composition of warm bituminous mixes with Aspha-min® for the CNR project

Composition	BBME à l'Aspha-min®
0/4c Saint-Bonnet	45%
4/6c Saint-Bonnet	17%
6/10c Saint-Bonnet	37%
Filler Calcaire	1%
Aspha-min®	0.3 ppc
Bitume 20/30	5.9 ppc

par l'essai Duriez. Les résultats obtenus sont comparables à ceux obtenus sur une formulation « classique » sans zéolithe ce qui met bien en évidence que les performances de ce nouveau type d'enrobé sont identiques.

La fabrication de l'ensemble des enrobés a été réalisée par un poste mobile TRF 200 dédié au chantier et installé sur le site de la carrière de Saint-Bonnet-de-Mure. Pour tenir compte de la configuration de ce poste continu, la zéolithe est ajoutée par le circuit de récupération du filler.

Aucune modification majeure des centrales d'enrobage n'est nécessaire, c'est ainsi que pour d'autres postes continus l'introduction de la zéolithe peut s'effectuer au niveau de l'anneau de recyclage. Quant aux postes discontinus, l'introduction s'effectue par sacs fusibles directement dans le malaxeur.



Photo 3

La mise en œuvre des enrobés tièdes à l'Aspha-min® ne génère pas de fumée

*The laying of warm bituminous mixes with Aspha-min® engenders no smoke production*



Photo 4

12 000 t d'enrobés tièdes à l'Aspha-min® ont été mises en œuvre sur le chantier du port Édouard Herriot de Lyon

*12,000 tonnes of warm bituminous mixes with Aspha-min® were laid on the site of Édouard Herriot Port of Lyons*

## 12 000 t d'enrobés à l'Aspha-min® sur le port de Lyon



Photo 5

Les caractéristiques techniques des enrobés restent inchangées

The technical properties of the bituminous mixes remain unchanged

**ABSTRACT**  
**12,000 tonnes**  
**of bituminous mixes with**  
**Aspha-min® on the Port**  
**of Lyons. A proactive**  
**contribution by the CNR**  
**and an effective partnership**  
**with Eurovia**

M. Cote, L. Faure, L. Moussu

To execute surfacing of the platform for its second container terminal in the Port of Lyons Édouard Herriot, the CNR opted for the use of bituminous mixes with Aspha-min®, thereby reducing energy consumption and greenhouse gas emissions. The 12,000 tonnes of bituminous mixes (high-modulus bituminous concretes) applied on the 10 hectares of this platform make it currently the biggest project of this type in France. As a socially responsible company wanting to contribute to the prevention of climate change, the CNR opted to use bituminous mixes with Aspha-min® developed by Eurovia, based on the principle of reducing the temperature of bituminous mixes without adversely affecting their properties. This project shows that the emergence of new technologies combining high performance with a concern for the environment is possible provided that all the stakeholders in a project have a shared determination to contribute to the sustainability of a rich and balanced environment and to the socio-economic development of the region.

**RESUMEN ESPAÑOL**  
**12,000 t de aglomerados**  
**con Aspha-min® en el**  
**puerto fluvial de Lyon. Una**  
**participación voluntaria de**  
**la CNR y una asociación**  
**eficaz con Eurovia**

M. Cote, L. Faure y L. Moussu

Para la realización del revestimiento de la plataforma del segundo terminal de contenedores en el puerto fluvial de Lyon Édouard Herriot, la CNR ha optado por la utilización de los aglomerados con el Aspha-min® que permite reducir el consumo de energía y las emisiones de gas de efecto invernadero. Las 12000 toneladas de aglomerados (BBME) aplicadas sobre las 10 hectáreas de esta plataforma constituyen actualmente la obra más importante de este tipo en Francia. Actuando como empresa responsable que desea participar en la lucha contra el cambio climático, la CNR ha tomado la decisión de emplear la solución de los aglomerados con el Aspha-min® desarrollado por Eurovia y cuyo principio consiste en disminuir la temperatura de los aglomerados sin alterar sus propiedades. Semejante realización demuestra que la emergencia de nuevas tecnologías que combinan la eficacia y la integración del medio ambiente son posibles desde el momento que el conjunto de los protagonistas de un proyecto poseen una voluntad común de contribuir a la perennidad de un medio ambiente variado y equilibrado así como al desarrollo socio-económico del territorio.

▶ Avec l'ajout de la zéolithe, la conservation de la maniabilité par rapport à un enrobé sans zéolithe permet une mise en œuvre avec un atelier classique composé d'un finisseur Demag DF 135C et deux cylindres CC 501. Les 12 000 t produites à une température de fabrication comprise entre 135 et 145 °C (contre 170 °C environ pour un enrobé au bitume 20/30), n'ont posé aucun problème particulier et l'obtention des caractéristiques de compacité et de rugosité démontre la fiabilité du procédé et l'apport de la zéolithe. ■

### Références

[1] L'enrobé tiède à l'Aspha-min®, Revue Travaux, n° 821, juillet-août 2005.

### LES CHIFFRES CLÉS DU CHANTIER

- Montant du projet : 7 M€ HT
- Démarrage du chantier : mai 2006
- Fin des travaux : décembre 2006
- Surface de la plate-forme : 100 000 m<sup>2</sup>
- Voies ferrées : 2 100 m
- Tonnage d'enrobés : 42 000 t

# Aéroport de Paris-Orly

## Rénovation de la piste 4

**Daniel Plaindoux**  
 Chef d'agence  
 Roland



**Frédéric Gratessolle**  
 Chef de secteur  
 AER



**Yves Meunier**  
 Directeur technique adjoint  
 Eiffage Travaux Publics

L'exploitation prochaine de nouveaux gros-porteurs sur la plate-forme d'Orly a conduit ADP à adapter la piste 4 et ses taxiways à de nouvelles exigences techniques quant à leurs géométries et leurs performances mécaniques.

Cet article présente les solutions techniques choisies basées notamment sur la récupération et le réemploi de béton concassé issu de la démolition des zones existantes déjà réalisées en béton de ciment.

Le béton concassé a été utilisé pour la fabrication de Graves traitées aux liants hydrauliques pour les couches de forme. Quarante mille tonnes ont été ainsi revalorisées, ce qui offre des avantages économiques et environnementaux substantiels.

Enfin, ce chantier a été marqué par la tenue d'un planning très serré pour la réalisation des travaux de terrassement, de mise en œuvre des couches de forme et des bétons, ainsi que par des contraintes spécifiques relatives aux travaux en zone contrôlée. Ceci a demandé une organisation et des moyens performants, défi que les entreprises du groupe Eiffage Travaux Publics ont su relever.

### ■ Rappels et objectifs des travaux

La piste 4 construite par les Allemands pendant la Seconde Guerre mondiale avait été entièrement démontée et reconstruite en dalles de béton de ciment de 40 cm d'épaisseur en 1995.

L'exploitation par Air France de nouveaux gros-porteurs sur la plate-forme d'Orly de type Boeing 777-300 ER et 747-400 a conduit Aéroports de Paris à lancer un marché de rénovation pour adapter la piste 4 ainsi que les taxiways et accès à de nouvelles exigences techniques.

Si ces nouveaux appareils apportent un progrès incontestable dans les domaines de rentabilité pour les compagnies aériennes (économie de carburant) et de réduction des nuisances sonores pour les riverains, leurs charges et la configuration de leurs atterrisseurs remettent en question les performances mécaniques et la géométrie des pistes et taxiways.

Aéroports de Paris a dû en conséquence anticiper un programme de travaux de modernisation de ses infrastructures pour assurer dès juin 2006 l'adaptation géométrique et structurelle nécessaire de la piste 4.

Deux marchés ont été lancés. Le lot 14A concernait la réhabilitation de la piste en matériaux bitumineux après rabotage des enrobés existants et renforcement

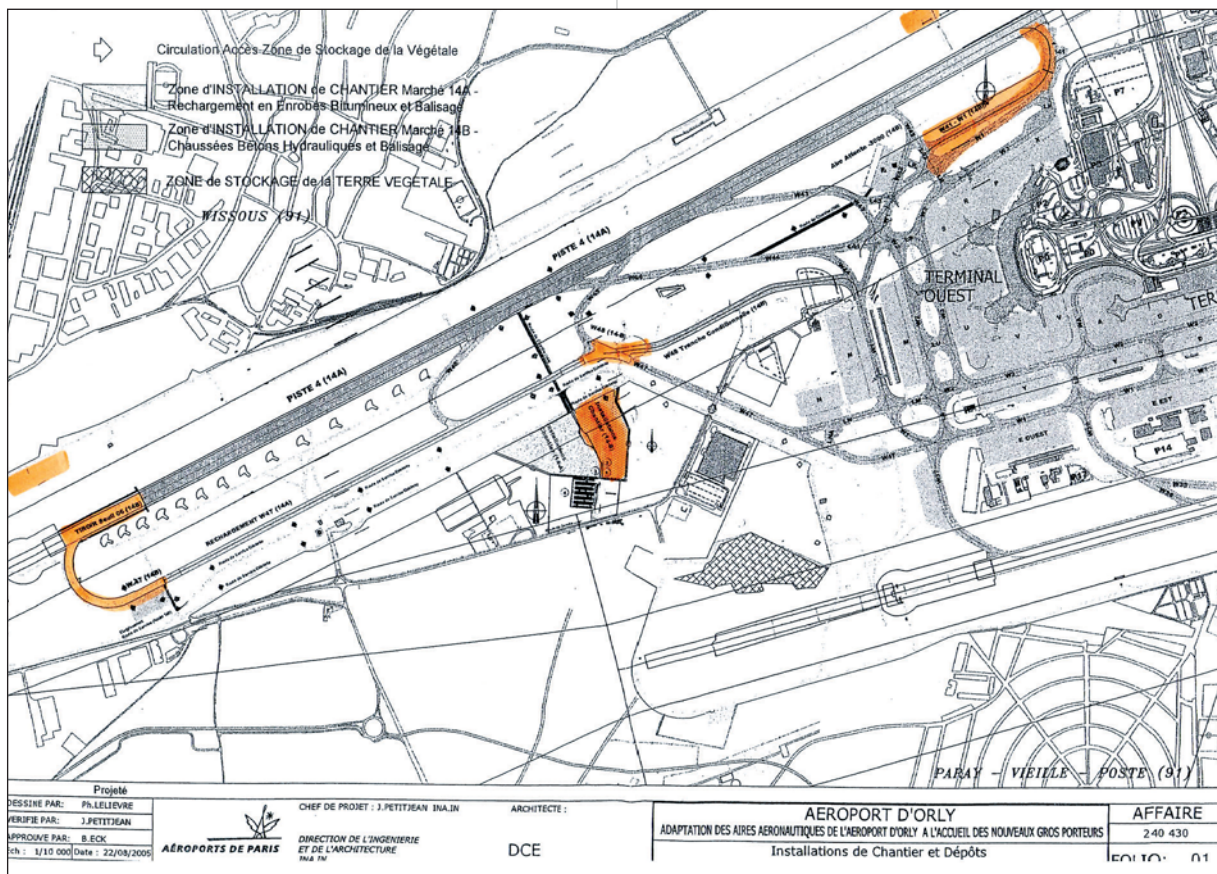


Figure 1  
 Emplacement des zones de travaux  
 Location of work areas



## Aéroport de Paris-Orly. Rénovation de la piste 4

Photos 1 et 2

Machine Gomaco  
à coffrage glissant

Gomaco machine  
with sliding formwork



en matériaux bitumineux. Ce chantier a été dévolu aux entreprises Screg, Colas et Sacer (groupe Colas). Le lot 14B concernait l'extension de la piste sur 300 m de longueur en béton de ciment, une reprise des taxiways (W47), un nouveau taxiway à construire (W41) et un carrefour assurant le croisement entre plusieurs voies d'accès (W48) (figure 1, page précédente).

Le groupement d'entreprises pour le lot 14B était composé de :

- AER, mandataire du groupement avec les équipes Appia Grands Travaux pour la fabrication et la mise en œuvre du béton de ciment;
- Screg Ile-de-France - Normandie;
- Roland pour les terrassements;
- Cegelec pour la partie électricité;
- Amec Spie pour la partie balisage.

AER et Roland sont deux filiales de l'entité Eiffage Travaux Publics du groupe Eiffage.

Sur les 12 millions d'euros que représentait l'ensemble du marché relatif au lot 14B, 8 millions d'euros ont concerné les entreprises du groupe Eiffage : 6 millions pour AER et 2 millions pour Roland.

Les travaux se sont déroulés sur 2 mois, du début avril jusqu'au 31 mai 2006.

### ■ Le lot 14B. Objectifs, moyens utilisés, phasage des travaux

Les travaux ont consisté à démolir les voies de circulation avion existantes en béton de ciment et à les reconstruire en traitant également l'assainissement et la pose du balisage.

Les nouvelles structures à construire étaient constituées des couches suivantes :

- 38 cm (valeur moyenne) de béton de roulement (entre 34 et 41 cm);
- 10 cm de béton poreux;
- 20 cm de grave traitée aux liants hydrauliques;
- deux types de couches de forme : 35 cm de limon traité aux liants hydrauliques ou 50 cm de béton concassé issu de la démolition des chaussées en béton existantes.

L'objectif visé était de réaliser une plate-forme de classe PF2.

L'arase terrassement était traitée sur 35 cm d'épaisseur.

### Phase de démolition des dalles béton

Une machine spéciale gérée par l'entreprise Cosson a été utilisée. Utilisant le principe de la guillotine, le procédé consiste à faire tomber deux plaques d'acier très lourdes d'une certaine hauteur de façon alternée, ce qui provoque la fracturation des dalles épaisses en béton sur un pas de faible longueur.

18000 m<sup>3</sup> de béton ont été ainsi récupérés puis concassés afin de constituer des matériaux de base pour la fabrication de graves non traitées 0/31,5 pour couches de forme et en matériaux plus grossiers 30/60 destinés aux tranchées drainantes.

Le concassage et la réutilisation du béton ainsi recyclé ont été réalisés, à 50 % chacune, par les entreprises Screg et Roland.

Quarante mille tonnes de granulats ont été ainsi revalorisées, ce qui représente des avantages économiques (coût des matériaux neufs, transport) et environnementaux (optimisation des consommations d'énergie et réduction des nuisances dues au transport de matériaux).

### Phase de terrassement

Pour les parties neuves du lot 14B, la première opération a consisté à décaper et mettre en stock environ 13000 m<sup>3</sup> de terre végétale. Le terrassement proprement dit, exécuté jusqu'à la cote souhaitée sous la couche de forme a concerné 119000 m<sup>3</sup>.

Pour tenir le planning, ces opérations ont dû se dérouler en 10 jours, ce qui a constitué une contrainte sévère, sachant que la durée de tels travaux est habituellement d'un mois ou plus.

L'arase terrassement a ensuite été traitée à la chaux (17000 m<sup>3</sup>).

Toutes les phases du chantier se déroulant simultanément, des moyens importants en matériel ont été mobilisés. Pour le terrassement, jusqu'à quatre échelons ont été nécessaires :

- pelles Liebherr 964 et 954;
- tombereaux Volvo ou Caterpillar A30;
- 6 bouteurs;
- 2 chargeurs à chenilles Trax.

Les contrôles usuels de chantier (densité en place, essai Proctor...) ont été assurés par le laboratoire mobile installé sur site, appuyé par les moyens du laboratoire central Roland de Montargis et le laboratoire régional Eiffage Travaux Publics de Lagny.

### Phase couche de forme

Des couches de forme de deux types ont été mises en œuvre :

- granulaire en 0/31,5 (12000 m<sup>3</sup>) traité en place;
- en limon (18000 m<sup>3</sup>) traité chaux (2 %) et liant routier Calcia de type Ligex FPL1 (6 %).

Au total, les traitements en place qui représentaient 56000 m<sup>2</sup> pour l'arase terrassement et 50000 m<sup>2</sup> pour les couches de forme ont été réalisés en 10 jours, délai court en comparaison des délais habituels de l'ordre de 2 semaines et plus.

Pour le traitement en place, les matériels suivants ont été utilisés :

- malaxeurs RM350 Caterpillar et Wirtgen;
- épandeurs : un par échelon de type Panien 15 et 18 t.

Six niveleuses asservies en ATS (système robotisé de guidage en 3 D) ont été employées pour le réglage.

### Phase béton

Le béton a concerné une surface totale de 55000 m<sup>2</sup>, soit les quantités suivantes :

- **béton poreux** : 6000 m<sup>3</sup> pour le béton poreux, ce qui a nécessité huit postes de travail de 12 heures.

La mise en œuvre a été assurée par un finisseur de 11,50 m de largeur de table et un second finisseur de largeur de table variant entre 3 et 5 m pour les élargissements et les raccords.

Le guidage du finisseur a été assuré par un système DPS.

Le compactage a été réalisé par des compacteurs tandem VT double bille (CC 442);

- **béton de revêtement** : 21000 m<sup>3</sup> pour le béton de revêtement, ce qui a conduit à 28 postes de travail de 12 heures, soit 14 jours de travaux jour et nuit.

Les granulats utilisés en trois coupures provenaient des carrières suivantes :



- carrières du Boulonnais (Ferques) pour le 12/31,5;
- carrières GCA de Wallers-Trélon pour le 6/14;
- carrières GSM de Montereau pour le sable 0/4.

Le transport des matériaux était assuré à 40 % par la SNCF (carrières du Boulonnais) et à 60 % par la route; 55000 t de matériaux ont été ainsi livrées sur site entre la mi-janvier et la fin mars.

Le ciment Calcia utilisé pour la fabrication des bétons était de type CEM II 42,5 fourni par l'usine de Gargenville.

La quantité totale utilisée était de 8500 t, soit 250 t par jour par poste de 12 heures ou 500 t par jour.

Le béton a été fabriqué sur place par une centrale mobile SMGE discontinue d'un rendement moyen de 200 m<sup>3</sup>/heure, soit 750 m<sup>3</sup> par poste de 12 heures.

Pour la mise en œuvre, ont été utilisées deux machines à coffrage glissant de type Gomaco 6300 sur une largeur de 5 m, ainsi qu'une machine de type mini-Gunter sur 3 m de largeur pour le remplissage.

Le guidage des machines a été réalisé sur fils.

La finition de surface a consisté en un balayage transversal.

La cure du béton a nécessité 11000 l de produit de cure.

Les joints nécessaires (de retrait, de construction, de

#### Photos 3 et 4

Vues de l'atelier de mise en œuvre du béton

Views of the concrete placing equipment

### Aéroport de Paris-Orly. Rénovation de la piste 4

Photo 5

Guidage sur fils : réglage  
des palpeurs

Wire guiding : sensor  
adjustment

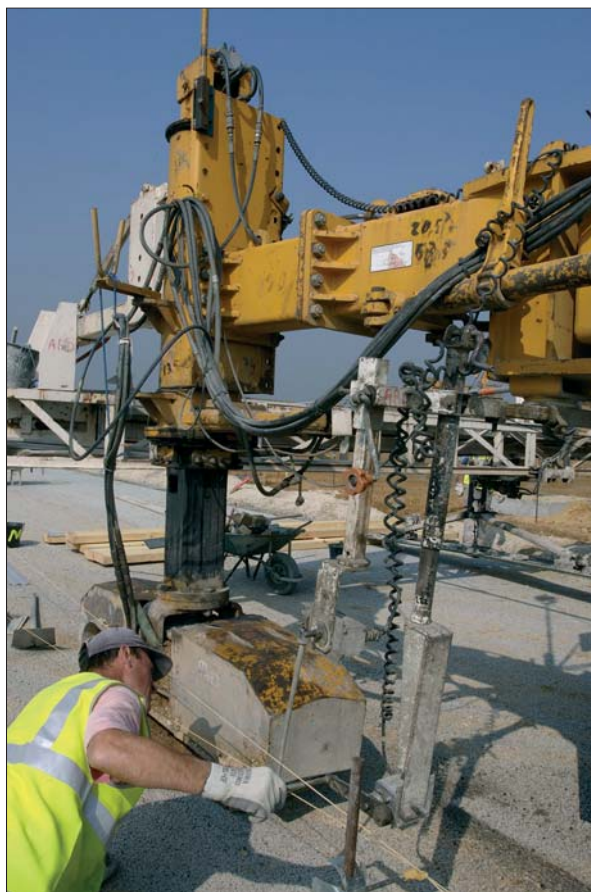


Photo 6

Atelier de mise en œuvre  
du béton : vue des goudjons  
en attente sur berceaux

Concrete placing equipment :  
view of the dowels ready  
on cradles



dilatation) ont représenté une longueur totale de 23 km.

Le goudjonage transversal des dalles a nécessité près de 40000 goudjons.

Les contrôles externes souhaités ont mobilisé un technicien en permanence sur le chantier (essai de slump : 3 à 4 cm, teneur en air occlus : 4,5 %).

Deux prélèvements de six éprouvettes (cylindriques 16 x 32) ont été réalisés par poste pour réalisation d'essais de traction par fendage (3,3 MPa à 28 jours).

Une cellule topo a réalisé les implantations ainsi que les contrôles de nivellement.

Le laboratoire ADP a opéré des contrôles extérieurs inopinés.

#### ■ Les contraintes pour la phase terrassement

##### Le travail en zone contrôlée

Le fait de travailler en zone contrôlée a contraint tout intervenant à porter un badge permettant un contrôle biométrique à tout instant.

Le franchissement journalier de la limite de la zone nécessitait le contrôle des chaussures (problème posé par les chaussures de sécurité comportant des parties métalliques), la fouille au corps et le passage aux rayons X.

Mille personnes ont été ainsi contrôlées par 24 heures. Avant le démarrage du chantier, une session de sensibilisation de l'ensemble du personnel a été organisée. Les conducteurs d'engins ont suivi une formation de 2 heures leur permettant d'obtenir un « permis piste ». Cette contrainte particulière a conduit les entreprises à anticiper l'ensemble de leurs besoins en personnel avec des conséquences non négligeables comme :

- 30 % de demandes de badges supplémentaires non utilisés (150 demandes de badges pour l'entreprise Roland);
- éviter tout recours à l'emploi d'intérimaires;
- prévoir l'intendance (hôtels, repas...) pour l'ensemble du personnel, y compris pour les sous-traitants du groupe Eiffage (Tinel, SGTN, Roland Centre).



Photos 7 et 8

Stockage matériaux : centrale mobile béton  
*Materials storage : mobile concrete mixing plant*

Photo 9

Mise en œuvre du béton : finition  
*Concrete placing : Finishing*

### Aéroport de Paris-Orly. Rénovation de la piste 4

#### ► Des délais très courts et un planning tendu

Quatre mois de préparation du chantier ont été nécessaires. Le planning établi a été respecté au jour près pendant les 2 mois de travaux. À noter que les pénalités en cas de retard étaient dissuasives : 40000 euros par jour.

Les importants moyens en matériel mobilisés ont conduit à mettre en place une astreinte d'entretien mécanique efficace en alerte 24 heures sur 24.

La remise en service de la piste étant prévue le 1<sup>er</sup> juin, les travaux ont été réalisés entre le 3 avril et le 31 mai. La phase béton s'est déroulée du 27 avril au 23 mai pour se terminer une semaine avant la remise en service de la piste.

Malgré le rythme du chantier, aucun accident n'a été à déplorer.

#### ■ Conclusions

Outre l'aspect des contraintes de sûreté imposées au personnel, les particularités de ce chantier résident en une mobilisation importante de moyens en personnel et matériel dus aux délais très courts exigés (2 mois de fermeture de la piste) impliquant une organisation élaborée et minutieusement suivie par les entreprises présentes simultanément sur le chantier.

Les entreprises du groupe Eiffage Travaux Publics ont su relever ce défi à la satisfaction de ADP en alliant leurs moyens et leurs compétences. ■

#### ABSTRACT *Paris-Orly Airport. Renovation of runway 4*

*D. Plaindoux, Fr. Gratessolle, Y. Meunier*

*To prepare for the coming operation of new jumbo jets on the Orly platform, ADP adapted runway No. 4 and its taxiways to new technical requirements regarding their shape and mechanical performance.*

*This article describes the technical solutions chosen, based chiefly on the recovery and re-use of crushed concrete coming from demolition of the existing areas already executed in cement concrete.*

*The crushed concrete was used to manufacture cement-bound aggregates for the capping layers. 40,000 tonnes were recycled in this way, with substantial economic and environmental benefits.*

*Finally, a feature of this project was compliance with a very tight schedule for the performance of earthworks and for placing the capping layers and concretes, and specific constraints relating to work in a controlled area.*

*This required efficient organisation and equipment, and the companies of Eiffage Travaux Publics group were up to the challenge.*

#### RESUMEN ESPAÑOL *Aeropuerto de París-Orly. Renovación de la pista 4*

*D. Plaindoux, Fr. Gratessolle, Y. Meunier*

*La futura explotación de nuevos aviones de gran capacidad en la plataforma de Orly ha obligado ADP en adaptar la pista 4 y sus taxiways para las nuevas exigencias técnicas relacionadas con sus geometrías y sus rendimientos mecánicos.*

*En este artículo se presentan las soluciones técnicas adoptadas fundadas principalmente en la recuperación y el reemplazo de hormigón machacado procedente de la demolición de zonas existentes que estaban ejecutadas en hormigón de cemento.*

*El hormigón machacado se ha utilizado para la fabricación de gravas tratadas con ligantes hidráulicos para las explanadas mejoradas. 40000 toneladas fueron revalorizadas de este modo, lo que permite conseguir importantes ventajas económicas y medioambientales.*

*Finalmente, esta obra se ha señalado por el respeto de un planning sumamente restringido para la ejecución de los trabajos de movimientos de tierra, de realización de las explanadas mejoradas y de los hormigones, así como por los imperativos específicos relativos a los trabajos en zona controlada.*

*Todo ello ha precisado una organización y medios de alta eficiencia, reto que las empresas del grupo Eiffage Travaux Publics han sabido aceptar.*

# La Réunion

## Sécurisation de la route du Littoral RN1



**Rémi Portal**  
Directeur Travaux  
GTS



**Ludovic Mouche**  
Directeur Travaux  
adjoint  
GTS

**Devant la saturation du trafic sur la RN1 en période de basculement et ses conséquences pour l'activité réunionnaise, l'État et la Région ont ouvert le plus grand chantier de protection contre les chutes de blocs de pierres, par pose de filets.**

**Un groupement d'entreprises GTS - Rocs - Sogea - El Montagne et Gauthier s'est constitué pour mettre en place une structure de travaux à la hauteur de cette opération d'envergure. Un challenge de 12 millions d'euros pour 17 mois de travaux.**

Axe principal et incontournable de la traversée nord-sud de l'île, la RN1 parcourt le littoral, sous des falaises abruptes d'une hauteur de 150 à 200 m. Depuis l'origine de la route (1963) cet environnement est générateur de perturbations régulières et cause d'accidents ponctuels, surtout en période pluvieuse. Un vaste programme de sécurisation de la route du Littoral a donc été lancé par l'État et la Région. La suite de cet article exposera les travaux en cours réalisés par le groupement d'entreprises retenu pour sécuriser les falaises sur le tronçon de route au départ de Saint-Denis. Cette section longue de trois kilomètres s'inscrit dans le programme global de sécurisation de la RN1 (photo 1).

### ■ Présentation et environnement

Ces falaises sont constituées de coulée massive de basalte avec des niveaux plus tendres et altérés de scories. Ces coulées massives se découpent en gros volumes sous la fissuration liée aux refroidissements et en masses instables par sous-cavage dû à l'altération des niveaux de scories.

À cela il faut ajouter les fortes altérations dues aux intempéries, pluies importantes de janvier à avril et de possibles cyclones. De grands bassins versants drainent, en surface et par le sous-sol, les eaux excédentaires qui sont acheminées pour partie par des ravines très marquées. La protection à réaliser doit permettre en cas de fortes pluies de conserver la circulation sur les quatre voies de la RN1. Elle doit permettre également aux automobilistes de patienter aux heures de pointe, sans craindre d'éventuelles chutes de pierres.

### Quelques repères

**Le trafic** : 50 000 véhicules/jour représentant environ 80 000 personnes.

**Basculement** : lorsque la pluviométrie atteint 15 mm en 24 heures, la route est dite basculée en 2+1 et ce pour une durée de 72 heures. Cette situation se reproduit en moyenne 70 journées par an.

**Chutes de pierres** : un recensement très précis est réalisé par les services de l'Équipement. Ainsi on dénombre en moyenne 120 chutes de pierres par an;



**Photo 1**

**Au départ de Saint-Denis : la route du Littoral**

*The exit from Saint-Denis : the coastal road*

La Réunion. Sécurisation de la route du Littoral RN1

Photo 2  
Purge de blocs  
Removing rock blocks



Photo 4  
Coussin de purge  
Rock removal cushion



estimées à 10000 tonnes, 180 tonnes atteignent la route... (photos 2, 3 et 4).

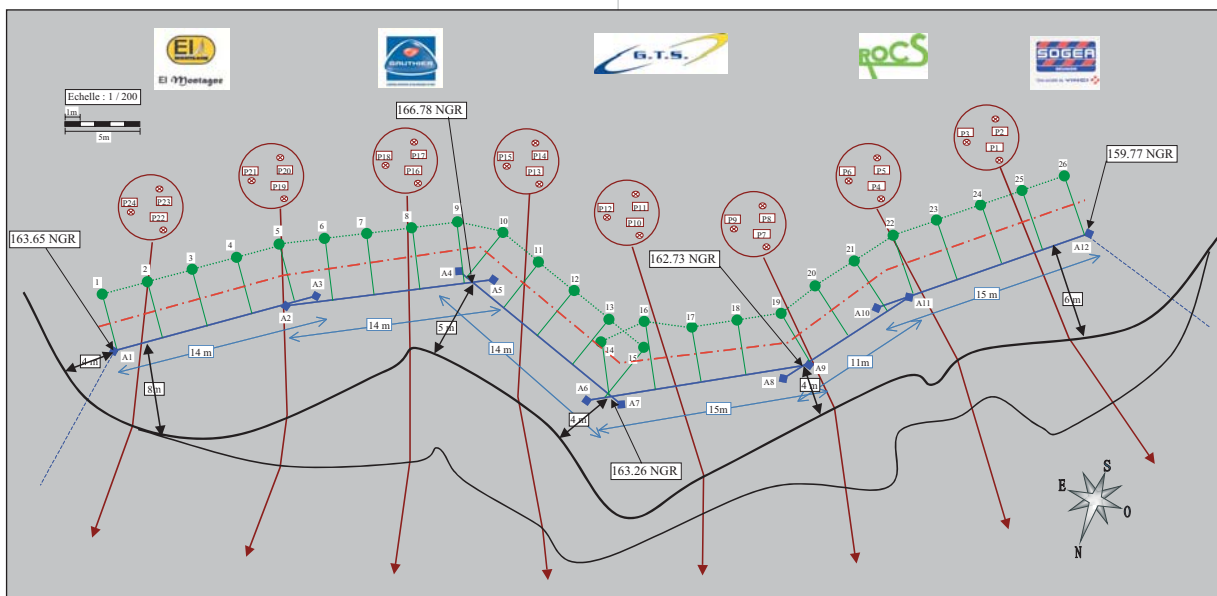
■ Description des travaux

Notre zone d'intervention se situe entre les PR 3+500 et 5+800, pour la réalisation de 45 ouvrages qui contribueront à limiter les basculements.

Photo 3  
Purge au coussin  
Rock removal by cushion



Figure 1  
Schéma d'implantation  
Layout diagram



La solution à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif consiste à mettre en place des ouvrages de protection souples, déformables, en falaise et en pied de versant, constitués de grillage à gabions et de filets. Les grillages sont déroulés sur la hauteur et assurent la sécurité des intervenants pendant la mise en place des filets à anneaux (produits issus des protections militaires sous-marines) ou filets tricotés (produits développés par GTS). Les filets sont plaqués ou pendus sur des ossatures afin de constituer des écrans déflecteurs. Ils sont amarrés en tête par des ancrages en diamètre 32 et 40 mm.

Les implantations de tous ces ouvrages sont soumises à des relevés précis devant s'inscrire dans les exigences des études trajectographiques (figure 1 et photos 5, 6 et 7).

### ■ Dispositions techniques

La capacité de retenue est limitée au cas des éboulements les plus fréquents et prévisibles. Cette considération conduit à la définition d'un éboulement type, caractérisé par le départ en tout point de la falaise, d'une masse de rocher de 50 t fractionnable en éléments indépendants de 5 t et une distribution de la blocométrie par des éléments de taille inférieure. Un dispositif complémentaire réalisé par du grillage est mis en œuvre pour les éléments dont la plus petite dimension est supérieure ou égale à 12 cm.

### ■ Matériels

Les travaux engagés ne nécessitent pas de matériel lourd et important, seul la réalisation des ancrages est mécanisée.

Le matériel de forage le plus adapté sur ce chantier est un chariot de forage léger équipé de LC50. Le seul cri-

#### QUELQUES CHIFFRES

- Un chantier de 12 millions d'euros
- 40 000 minutes d'hélicoptère
- 4 500 t de matériel hélicoptéré
- 10 000 ml de forage
- 210 000 m<sup>2</sup> de filets
- 80 000 manilles
- 250 000 m<sup>2</sup> de grillage
- 73 000 heures de production

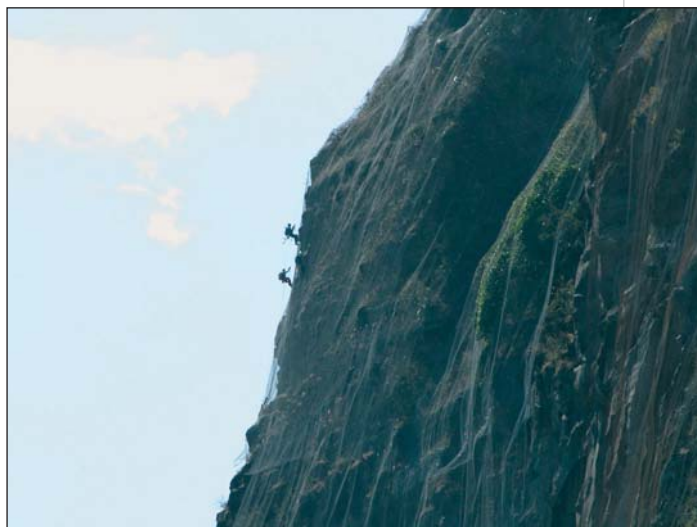


Photo 5  
Pose de grillage  
Placing netting



Photo 6  
Assemblage de filets  
Net assembly



Photo 7  
Ossatures  
Frames



## La Réunion. Sécurisation de la route du Littoral RN1

Photo 8

Chariot de forage en falaise  
*Drill rig on cliff*



Le lieu de choix est déterminé par les contraintes d'accès et de déplacement sur les zones de travail (photo 8).

### ■ Suivi environnemental

Pour la préservation du milieu, la maîtrise d'ouvrage a choisi de confier à un bureau spécialisé, une étude qui a permis de préciser les enjeux majeurs envers le paysage et les milieux naturels, la faune et la flore. Un protocole est instauré pour garantir la prise en compte initiale des enjeux, les mesures de réduction des impacts et surtout le suivi des travaux sur le terrain par des experts.

Ainsi, il nous faudra composer avec les colonies de pétrels et aménager leur site de nidification, veiller aux espèces rares et remarquables de la flore réunionnaise.

### ■ Principales difficultés

Une des particularités de ce type de chantier réside dans le fait qu'aucun moyen terrestre ne permet d'accéder sur les zones de travail.

Tout est hélicoptéré, du compresseur au bidon d'eau potable pour les équipes en falaise, ce qui sous-entend de s'inscrire dans des plages météorologiques journalières favorables, permettant le transport aérien. L'organisation doit être parfaite

dans l'enchaînement des approvisionnements depuis le départ de métropole, à la réception sur l'île, aux préparations sur la zone d'hélicoptage, à l'acheminement sur zone et enfin à la réception par les cordistes en falaise. Une attention toute particulière doit être portée aux poids des charges pour ne pas dépasser les 800 kg admissibles par le modèle d'hélicoptère utilisé. Les exigences en compétence du personnel sont elles aussi très fortes et les cordistes intervenant sur le ter-



Photo 10

Réception des filets en tête de falaise  
*Receiving nets at the cliff head*

rain doivent être formés aux travaux de grande hauteur. Ils possèdent tous une certification de qualification professionnelle (CQP) de niveau 1 et 2.

Par ailleurs, un plan de secours a été élaboré en amont du chantier en collaboration avec le peloton de gendarmerie de haute montagne et la section aérienne de gendarmerie pour intervenir en cas de besoin.

Ce chantier est aussi une référence par l'aspect qualitatif des fournitures mises en œuvre. Toutes les pièces métalliques doivent être équipées d'une protection anticorrosion de type ACQPA.

Photo 11

Acheminement du matériel sur zone  
*Transporting equipment to the area*



Photo 9

Hélicoptage des rouleaux de grillage  
*Helicopter transport of rolls of netting*

## Photo 12

Purge en falaise

Rock removal on cliff



Les câbles, les grillages, les filets et tous les accessoires sont protégés par une galvanisation de type classe A.

Si techniquement ce chantier ne pose pas de problème majeur, le maintien de la circulation sur les quatre voies de la RN1, pendant toutes les phases de production, constitue le paramètre le plus contraignant puisqu'il faut arriver à mettre en adéquation sécurité et optimisation des enchaînements de tâches (photos 9, 10, 11 et 12).

## ■ Conclusion

Les cadences d'avancement permettent d'envisager une livraison du chantier dans les meilleurs délais. Cet effort répond à un triple enjeu, tenir compte d'une demande de la maîtrise d'ouvrage, gagner en sécurité dans un créneau de temps le plus court possible et pouvoir supprimer 80 % des basculements prévisibles.

Cette perspective devrait permettre une amélioration significative de la circulation dans le Nord de l'île paralysée régulièrement par des jours de basculement. La suite sera certainement le projet d'élargissement en quatre voies sur l'océan, mais ça, c'est une autre histoire...

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### Maître d'ouvrage

DDE Réunion

### Maître d'œuvre

DDE/SGR

### Maîtrise d'œuvre technique

CETE Méditerranée

### CSPS

Véritas

### OPC

Dardel ingénierie

### Référent environnement

Biotope

### Groupeement d'entreprises

- El Montagne (mandataire)
- GTS
- Rocs
- Sogea Réunion
- Gauthier

## ABSTRACT

### *Reunion Island. Improving safety on coastal road RN1*

R. Portal, L. Mouche

*Faced with the traffic saturation on highway RN1 at times of carriage-way crossover and its economic consequences for Reunion Island, central government and the Region have initiated the largest project for protection against falling blocks of stone, by installing nets.*

*A consortium consisting of GTS, Rocs, Sogea, El Montagne and Gauthier was formed to establish a work structure capable of carrying out this large-scale project. A challenge worth 12 million euros for 17 months' work.*

## RESUMEN ESPAÑOL

### *Isla de la Reunión. Protección de la carretera del Litoral RN1*

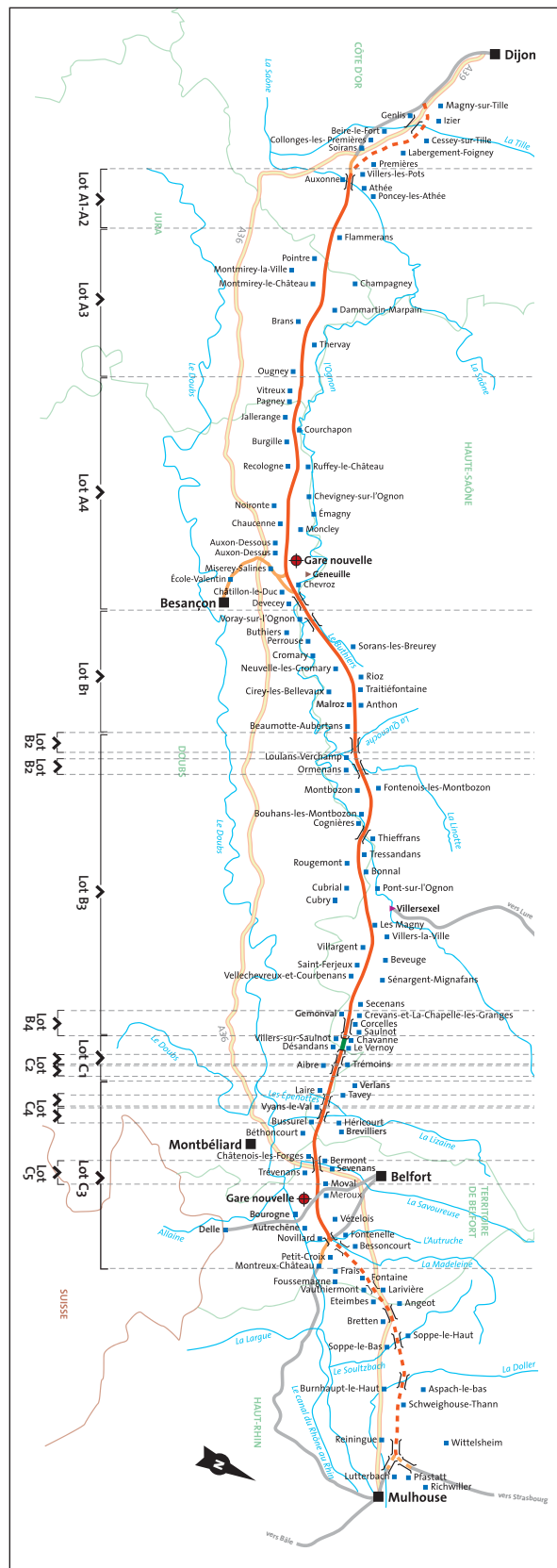
R. Portal y L. Mouche

*Ante la congestión del tráfico en la carretera nacional RN1 en período de inclinación y sus consecuencias para la actividad de la isla, el Estado y la Región han abierto la importante obra de protección contra las caídas de bloques de piedras, mediante el tendido de redes.*

*Una agrupación de empresas GTS - Rocs - Sogea - El Montagne et Gauthier, se ha compuesto para implementar una estructura de trabajos que permite responder a la importancia de esta gran operación. Un challenge de 12 millones de euros para 17 meses de trabajos.*

# LGV Rhin-Rhône VINCI Construction France au

Dans les paysages de vallons boisés du Doubs et de la Haute-Saône se dessine depuis l'été 2006 le tracé de la branche est de la future LGV Rhin-Rhône, épine dorsale d'un futur réseau de TGV européen, où les entreprises de terrassement et de génie civil de VINCI Construction France (groupe VINCI) ont emporté ou participé à sept lots des 12 lots qui avaient été attribués au tout début 2007. Revue des travaux avant le démarrage des grands mouvements de terre programmés pour cette année (photos 1 et 2).



À l'écart des grands couloirs ferroviaires de l'Hexagone, entre le Territoire de Belfort et la Côte-d'Or, la LGV Rhin-Rhône, dont les travaux ont été officiellement lancés à l'été 2006, esquisse le grand axe Nord-Sud d'un futur réseau de TGV européen qui, dès la fin 2011, permettra presque de diviser par deux les temps de parcours de Dijon à Francfort, de Besançon à Zurich et de Mulhouse à Barcelone. Des trois branches est, ouest et sud du projet complet, seule la première, entre Mulhouse et Dijon, ou plus précisément les 142,9 km qui séparent Petit-Croix (Territoire de Belfort) de Villers-les-Pots (Côte-d'Or), a été lancée à la mi-2005 pour un coût estimé à 2,3 milliards d'euros, dans une forme de marché au bordereau qui devrait connaître là « une de ses dernières applications pour un grand projet d'équipement avant un recours généralisé aux concessions ou aux partenariats public-privé », estiment de concert Patrick Boisson, directeur général de Deschiron, et Jean Hervet, directeur général adjoint de GTM Terrassement. Au tout début 2007, 12 lots sur 15, soit une centaine de kilomètres, avaient été attribués, et parmi ceux-ci, les entreprises de terrassement et de génie civil de VINCI Construction France en avaient remporté cinq seules ou comme mandataire de groupement (lots A1-A2, OPA2, B2, B3, B4), et elles étaient présentes sur deux autres (lots B1 et C1).

À elles seules, elles avaient donc une cinquantaine de kilomètres de plate-forme à aménager, soit 15 millions de mètres cubes à terrasser, cinq viaducs et près de 70 ouvrages d'art à construire pour un montant global avoisinant 300 M€ – un succès donc, en particulier pour le lot B3, le plus important lot de TOARC jamais attribué (37 km), dont Benoît Denizot, directeur du secteur grands travaux France (GTM Terrassement), souligne qu'« il doit tout à un intense travail de préparation ». Deux à trois ans avant l'appel d'offres, l'entreprise était en effet sur le terrain pour « construire les atouts de la réussite » que sont des circuits d'approvisionnement compétitifs et des partenariats avec des entreprises locales. « Grâce à ce travail, une bonne partie de la préparation est réalisée au moment de l'offre, reprend Jean Hervet, et en phase de préparation proprement dite, il ne reste plus qu'à lever les points d'ombre et à ajuster le mouvement de terre en fonction de ce qu'on trouve réellement sur le terrain, car la réutilisation des matériaux et la géotechnique sont vraiment la base du métier. » (photo 3).

Figure 1  
Tracé de la LGV Rhin-Rhône  
Route of the Rhine-Rhone high-speed train line

# cœur d'un grand projet européen

**Patrick Boisson**  
Directeur général  
Deschiron

**Vincent Bouvet**  
Directeur de projet lots  
B2, B4  
GTM Génie civil  
et services

**Cyril Bouziges**  
Responsable  
terrassement lot C1  
Deschiron

**Stéphane Courant**  
Responsable lot OPA2  
GTM Terrassement

**Benoît Denizot**  
Directeur du secteur  
grands travaux France  
GTM Terrassement

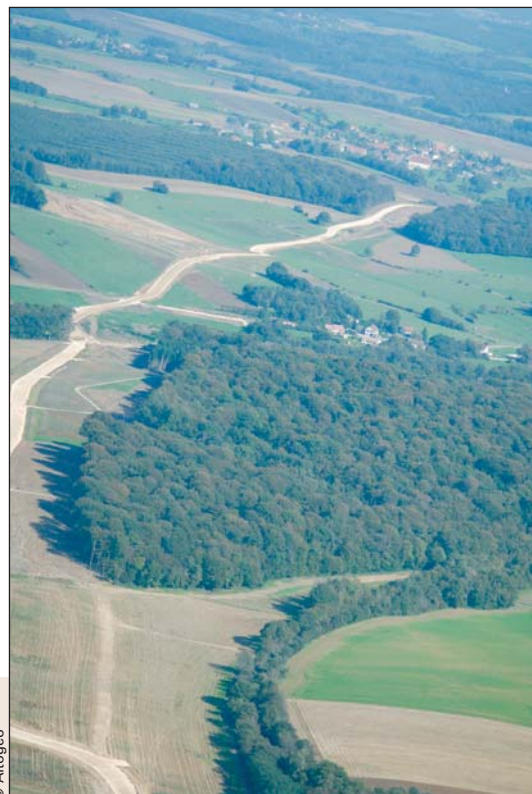
**Jean Hervet**  
Directeur général  
adjoint  
GTM Terrassement

**Nicolas Fleuriot**  
Directeur des travaux  
du lot B3  
GTM Terrassement

**Joël Martin-Cocher**  
Chargé de mission  
géotechnique (lot B3)  
GTM Terrassement



© Altogéo



© Altogéo

Photos 1 et 2

Lot B3. Été et automne 2006. Les déboisages, l'aménagement de la piste d'accès et les décapages de surface sont les premiers indices du chantier qui s'annonce

*Work section B3. Summer and autumn 2006. Deforestation, development of the access track and surface stripping are the first signs of the future project*

## ■ Lot B3 : un chantier à deux visages

À la toute fin 2006, cette phase n'était pourtant pas achevée sur le lot B3 où une équipe de géotechniciens était mobilisée à la demande du maître d'œuvre depuis avril et devait poursuivre jusqu'en mars l'inventaire des sols : « Ce lot est à cheval sur deux zones géologiques, explique Nicolas Fleuriot, directeur des travaux (GTM Terrassement) : à l'ouest une zone de calcaires du Jurassique où le tracé suit, après l'avoir croisé, le cours de l'Ognon, un affluent de la Saône, et à l'est une zone chahutée à l'approche du massif vosgien, où les cours d'eau sont perpendiculaires à la trace et où nous rencontrons plus de 20 types de formations géologiques, dont beaucoup sont inexploitable en remblai ou nécessitent un traitement (cf. encadré « Géotechnique : entre Jurassique et Trias ») (page suivante). »

Photo 3

Lot B3. Le quartier général des terrasseurs et des ouvragistes a été aménagé à quelques kilomètres au sud de Villersexel, à proximité immédiate d'une ferme-auberge

*Work section B3. The headquarters of the earthwork contractors and structural engineers have been prepared a few kilometres south of Villersexel, in the immediate vicinity of a farm/inn*



© Altogéo

### Géotechnique : entre Jurassique et Trias

D'avril 2006 à mars 2007, à la demande du maître d'œuvre, l'équipe de géotechniciens du lot B3 a mené une campagne de reconnaissance destinée à approfondir les données fournies par le maître d'ouvrage au moment de l'appel d'offres. En octobre 2006, plus de 7000 échantillons de sol avaient été prélevés et expédiés au laboratoire de GTM Terrassement à Marolles (Essonne) pour être analysés.

« La partie est du tracé se situe dans une zone bousculée de failles et de plissements où se rencontrent des formations géologiques du Jurassique et du Trias, explique Joël Martin-Cocher, l'un des géologues de l'équipe. On y trouve notamment des dépôts lagunaires, des faciès de marnes, des schistes un peu calcaires, des calcaires dolomitiques, des gypses, etc. L'analyse chimique des échantillons vise à identifier la nature et les caractéristiques du matériau, le traitement qui devra lui être appliqué (ajout de chaux, par exemple) ainsi que son domaine d'emploi, car les exigences ne sont pas les mêmes dans les masques de talus ou les remblais et dans les embases ou les sommets de remblai. »



Parallèlement à cet inventaire fouillé qui met à la disposition des métreurs une armoire entière de classeurs de données, l'état des lieux dressé par les géotechniciens a consisté à vérifier la teneur en eau des matériaux, à préciser l'estimation des volumes, et à rechercher les cavités caractéristiques du karst de la partie ouest afin de les traiter. « Notre premier outil, c'est l'inspection visuelle, qui permet de repérer des ouvertures de cavité dans les zones de déblais (photos ci-dessus), poursuit Joël Martin-Cocher, mais nous disposons aussi d'indices tels que les dolines, la couleur rouge des argiles de remplissage et de tout un arsenal technique : radar géologique, gravimétrie, sondage destructif, caméra, sonar, traceurs en présence de cours d'eau, et même... spéléologie. »



Six mois après la réception de l'ordre de service, le lot B3 offrait ainsi un visage contrasté entre un tronçon est voué aux aménagements de pistes, aux sondages et aux premiers décapages et un tronçon ouest beaucoup plus avancé où l'on pouvait voir des ateliers de scraps et de pelles attaquer leur premier million de mètres cubes de déblai; deux équipes de Ménard Soltraitement exécuter des travaux de consolidation de sol par jet-grouting dans de futures assises de remblai; plusieurs ouvrages hydrauliques et ouvrages d'art courants en cours d'aménagement; et les premières levées de piles du viaduc de la Quenoche.

« Notre objectif, dès le départ, a été d'avancer tout ce qui pouvait l'être pour lancer les terrassements en grandes

masses en minimisant la coactivité en 2007 », précise Nicolas Fleuriot. À ce moment-là se fera sentir tout l'impact des dimensions hors normes d'un chantier dont on ne peut faire le tour en moins de deux heures. En pointe, l'effectif dépassera 600 personnes et il s'agira bien de déplacer des montagnes – 10 à 12 millions de mètres cubes en un an – autant dire courir un marathon à une allure de sprint (photos 4 et 5).

### ■ Génie civil, lots B2 et B4 : penser « autrement » l'utilisation des moyens

Limiter la coactivité et prévenir les problèmes d'interfaces est aussi le principe guide de la cellule génie civil, établie sur le même site que le quartier général des terrasseurs, à quelques kilomètres de Villersexel (Haute-Saône). Au programme : 55 ouvrages d'art courants et le viaduc de l'Ognon, intégrés au lot B3, et les lots B2 (viaducs de la Quenoche et de la Linotte) et B4 (viaduc de Corcelles), à la limite du lot C1 (cf. encadré « Génie civil : une recherche de mise en valeur »). « L'enjeu ici n'est pas seulement la difficulté technique associée aux procédures d'exécution et de contrôles imposés par les contraintes d'une ligne à grande vitesse. Il réside surtout dans la planification de la multitude de tâches découlant du grand nombre d'ouvrages à réaliser », souligne Vincent Bouvet, le directeur de projet (GTM GCS). Difficulté à résoudre en termes d'organisation (l'équipe d'encadrement atteint 30 personnes), cette particularité a été mise à profit pour penser « autrement » le chantier et son économie dès le stade de l'offre. « Nous avons mis en place des méthodes et une organisation visant à mutualiser au maximum les moyens en matériel. Les outils et les phasages permettant de limiter le nombre et la durée d'intervention des grues automotrices sur les différents postes de travail. Pour les piles des viaducs, les coffrages sont autogrimpants, le ferrailage est pré-

#### LOTS B2, B3, B4. DU VIADUC DE LA QUENOCHÉ À VILLERS-SUR-SAULNOT

- Mandataire du lot B3 (terrassements, viaduc de l'Ognon, 55 ouvrages d'art) : GTM Terrassement
- Mandataire des lots B2 (viaducs de la Quenoche et de la Linotte) et B4 (viaduc de Corcelles) : GTM GCS
- Travaux de terrassement/hydrauliques : GTM Terrassement, GTM Tetra et Eurovia
- Amélioration de sol : Ménard Soltraitement
- Rétablissement de circulation : Eurovia, Sacer, Weiler
- Livraison : octobre et novembre 2008
- Montant des contrats : 190 M€



© Altogéo

Photo 4

Lot B3. Aménagement d'un ouvrage hydraulique en fond de remblai. Le cours d'eau est dévié sur un versant. Les eaux récupérées sont pompées dans un bassin de décantation (au fond) protégé par une clôture  
*Work section B3. Development of a hydraulic structure at the bottom of an embankment. The watercourse is diverted on a slope. The water recovered is pumped into a settling pond (in the background) protected by a fence*

© Altogéo



Photo 5

Lot B3. À la hauteur du point kilométrique 27 a été aménagé un dépôt matériel ainsi qu'une base vie (invisible sur la photo). L'autre dépôt de matériel se situe 7 km plus à l'est  
*Work section B3. At the level of mileage point 27, an equipment depot and a construction camp have been developed (invisible on the photo). The other equipment depot is located 7 km further east*



© Altogéo

Photo 6

Lot B4, viaduc de la Quenoche (vue panoramique). Côté est, à gauche, ont commencé les premiers bétonnages des piles. Les piles suivantes seront fondées sur semelle dans les batardeaux  
*Work section B4, Quenoche viaduct (panoramic view). On the eastern side, to the left, the first pier concreting has begun. The following piers will be set up on a foundation slab in the cofferdams*

Photo 7

Lot B4, viaduc de la Quenoche. Un outil spécial a été mis au point pour coffrer les piles de haut en bas malgré leur profil pyramidal. Un seul élément doit être changé d'une levée à l'autre  
*Work section B4, Quenoche viaduct (detail). Special sectional formwork has been developed for pier casting from top to bottom, despite their pyramid-shaped profile. Only one element has to be changed from one concrete lift to the next*

## Génie civil : une recherche de mise en valeur

Conçus par Jean-Vincent Berlotier et Hervé Vadon, les architectes des viaducs de Chavanon (A89) et de Monestier (A51), les trois viaducs des lots B2 et B4 sont des ouvrages mixtes associant piles en béton armé de hauteur moyenne (29 m maxi pour le viaduc de la Linotte) et charpente métallique, soit deux poutres en I de hauteur variable (3,30 à 3,75 m) au hourdis bétonné formant caisson fermé supportant le tablier.

« Le profil pyramidal des piles, toutes identiques en leur point haut afin d'alléger la ligne des ouvrages est la touche d'originalité architecturale la plus visible – elle nous a d'ailleurs conduits à mettre au point un outil de coffrage spécial –, observe Vincent Bouvet, mais le raccordement des viaducs aux parties courantes a fait l'objet d'une même recherche esthétique avec des culées monumentales de 26,5 à 39 m de longueur et plus de 10 m de haut (soit 2000 m<sup>3</sup> de béton) sur les viaducs de la Quenoche et de Corcelles, qui forment comme des promontoires d'où le TGV semblera jaillir de la forêt. »

Autre caractéristique des viaducs ayant un impact direct sur le travail des ouvriers : le « point fixe » : un dispositif complexe de clavette métallique destiné à reprendre les efforts appliqués à l'ouvrage en cas de freinage d'urgence du train ou de séisme pour les reporter sur la culée en un point où celle-ci prend appui sur les couches profondes du terrain via un appareillage de pieux (photos 6 et 7).



© Altogéo

## LGV Rhin-Rhône. VINCI Construction France au cœur d'un grand projet européen

	Viaduc de la Quenoche (lot B2)	Viaduc de la Linotte (lot B2)	Viaduc de Corcelles (lot B4)
Longueur	422 m	365 m	449 m
Nombre de piles	7	7	8
Hauteur maxi des piles	24 m	29 m	25 m
Culées	2 culées monumentales	2 culées simples	2 culées monumentales
Longueur des travées	50 à 55 m	50 m	55 m
Fondations	sur semelle	sur semelle	sur pieux

Tableau I

Principales caractéristiques des trois viaducs suivants : de la Quenoche, de la Linotte et de Corcelles

*Main characteristics of the following three viaducts : Quenoche, Linotte and Corcelles*

Photo 8

Lot B3. À l'extrémité ouest du lot, dans un environnement de bois qui est celui de 40 % du tracé, les viaducs de la Quenoche et de la Linotte franchissent deux failles très rapprochées

*Work section B3. At the western end of the work section, in a wooded environment similar to that on 40 % of the route, the Quenoche and Linotte viaducts cross two faults very close to one another*



© Altogéo



© Altogéo

Photo 9

Lot B3, franchissement de l'Ognon. Pour éviter toute coupure du chantier en un point très central du lot, un pont provisoire a été aménagé en aval du futur viaduc. Une estacade a été construite pour accéder au batardeau situé au milieu de la rivière

*Work section B3, crossing of the Ognon. To avoid any break in the construction site at a very central point of the work section, a temporary bridge was built downstream of the future viaduct. A jetty was built to provide access to the cofferdam located in the middle of the river*



*fabriqués par éléments de 8 m correspondant à deux levées de 4 m et le bétonnage est réalisé à l'aide d'une pompe à béton. Le pompage d'environ 60 % des 100 000 m<sup>3</sup> de béton que nous avons à réaliser contribuera également à accélérer la mise en œuvre.* » (photos 8 et 9).

### ■ Lot C1 : priorité au génie civil

Lancé en préparation le 18 octobre 2006 et en travaux depuis janvier, le lot C1, qui prolonge vers l'est le lot géant B3, est tributaire des mêmes conditions géologiques difficiles – terrains à problèmes et karst – avec la difficulté supplémentaire qu'impose la gestion de nombreuses interfaces sur un tracé court. Outre le terrassement pur, qui représente un volume total de 1,65 million de mètres cubes, le lot comprend en effet sur 6,3 km un tunnel de 1750 m – le tunnel de Chavanne –, deux viaducs (les viaducs d'Aibre Trémoins et du Pertuis), cinq ouvrages d'art courants et la tranchée couverte du bois de la Faye. À la fin 2006, en phase intensive de préparation, la priorité, pour Cyril Bouziges, responsable de la partie terrassement (Deschiron), était l'aménagement de la piste destinée à relier les futures têtes de tunnel, et plus précisément la section de 1 km au dénivelé de 90 m que devront emprunter les tombereaux. Avant que les équipes de génie civil puissent démarrer les travaux de percement, en mai côté ouest et en juillet côté est, les terrassiers devront en effet aménager les têtes de tunnels, c'est-à-dire déblayer et mettre en dépôt 500 000 m<sup>3</sup> de matériau impropre côté ouest, où sera aménagée une paroi clouée de 200 x 15 m, et déblayer et traiter pour moitié, en vue de leur réemploi, 500 000 m<sup>3</sup> extraits côté est, où la galerie du tunnel se prolongera en tranchée couverte.

*« Six mois pour terrasser 1 million de mètres cubes dans ces conditions d'exiguïté, sur un terrain à fort dénivelé, en période hivernale et avec des matériaux avec lesquels on ne peut pas composer... les conditions de départ ne sont pas*

### LOTS C1, C2. DE VILLERS-SUR-SAULNOT À LAIRE

- Groupement Spie (mandataire), Sogea, GTM
- Sous-groupement tunnel : Spie (mandataire), Campenon Bernard TP, Chantiers modernes
- Sous-groupement terrassement : Deschiron (mandataire), Valerian, GTM Terrassement
- Sous-groupement ouvrages d'art : Spie (mandataire), Campenon Bernard
- Mandataire du lot C2 (viaducs du Pertuis et d'Aibre Trémoins) : Spie
- Livraison : octobre 2009
- Montant du contrat : 85 M€

des plus faciles », estime Cyril Bouziges, qui subira moins les effets de la coactivité que la pression du passage.

## ■ OPA2 : tassements dans la vallée

À l'autre extrémité de la ligne, où l'ordre de service travaux du lot A1-A2 (7,6 km) a été notifié à la mi-janvier au groupement GTM GCS (mandataire), GTM Terrassement, Roger Martin, les associés terrasseurs se sont vu confier en septembre deux « opérations prioritaires ».

« L'OPA2, dont est chargée GTM Terrassement, consiste à consolider par préchargement les culées d'estacade des ouvrages de déchargement qui seront construits rive droite et rive gauche de la Saône, dans la zone très vaste de la vallée qui est inondable et où rien ne doit faire obstacle au mouvement des eaux », explique Stéphane Courant (GTM Terrassement). Les terrains compressibles, des marnes de Bresse, étant situés à une profondeur de 6 à 14 m, 160 000 m de drains verticaux ont été installés avant que le sol ne soit progressivement chargé. 420 000 tonnes de granulats issus de cinq carrières locales ont commencé à être mises en œuvre depuis la mi-novembre. L'opération est surveillée de près pour éviter qu'un excès de charge n'entraîne une rupture du sol et mesurer les tassements qui devraient atteindre une quarantaine de centimètres à la fin 2007. À ce moment-là les granulats seront repris pour être utilisés sur le lot de terrassement, et les ouvragistes entreront en scène pour réaliser les pieux de fondations du viaduc de traversée de la Saône (380 m) et des trois estacades (longues de 192, 288 et 480 m). ■

### OPA2

- GTM (mandataire), Roux
- Livraison : fin 2007
- Montant du contrat : 5,2 M€

## ABSTRACT Rhine-Rhone High-Speed Train Line. VINCI Construction France plays a key role in a major European project

Various authors

*In landscapes of wooded dales in the Doubs and Haute-Saône regions, the route of the eastern branch of the future Rhine-Rhone high-speed train line has been taking form since the summer of 2006. For this line, the backbone of a future European high-speed train network, the earthwork and civil engineering companies of VINCI Construction France (VINCI Group) have won contracts or are taking part in seven of the twelve work sections that were awarded at the very start of 2007. Review of the works before the start of the major earth movements scheduled for this year.*

## RESUMEN ESPAÑOL Línea de Alta Velocidad LGV Rhin-Rhône. VINCI Construction France en pleno centro de un importante proyecto europeo

Autores diversos

*En los paisajes compuestos por valones y bosques del Doubs y de la Haute-Saône se esboza desde el verano de 2006 el trazado del tramo este de la futura línea de alta velocidad LGV Rhin-Rhône, espina dorsal de una futura red de tren de alta velocidad TGV europeo, en la cual las empresas de movimientos de tierra y de ingeniería civil de VINCI Construction France (grupo VINCI) han conseguido o participan en 7 lotes de los 12 lotes que se habían atribuidos a principios de 2007. Inspección de los trabajos antes del inicio de los grandes movimientos de tierra programados para este año.*



## La collecte automatisée innovante au service du

Depuis de nombreux siècles, les hommes se sont constitués en communautés créant ainsi des cités avec leurs problèmes inhérents. Ainsi, à Mohenjo Daro, ville majeure de la civilisation de l'Indus vers 2000 avant J.-C., des fouilles archéologiques ont permis de retrouver des réseaux d'égouts à ciel ouvert! Bien après, au XIX<sup>e</sup> siècle, c'est une vision hygiéniste de la ville qui conduit à la mise en œuvre de réseaux souterrains pour l'évacuation des immondices dans le cadre de la reconstruction des villes.

Toutes les villes modernes en sont aujourd'hui équipées. La collecte souterraine des déchets proposée par Envac en est une suite logique! En lieu et place de conteneurs disséminés dans la ville qui nécessitent des collectes régulières par poids-lourds, la solution Envac repose sur un réseau souterrain dans lequel sont transportés les déchets ménagers par un puissant courant d'air vers un terminal de collecte, généralement situé en périphérie du quartier équipé ou de la ville.

Durant ces 40 dernières années, le nombre de villes équipées de systèmes Envac n'a cessé de croître.

**Stockholm fut la première et compte aujourd'hui 85 réseaux souterrains de collecte des déchets, 100 000 logements sont ainsi connectés.**

**Barcelone a installé son premier système en 1992 sur le site du village olympique. La ville a d'ores et déjà intégré cette nouvelle infrastructure dans son PLU. Actuellement, Barcelone est équipée de 50 km de réseaux qui seront portés à 144 km. Ils permettront dans les prochaines années de collecter près**

**de 500 000 habitants. Singapour, Göteborg, Séville, Hong Kong, Londres, New York... font partie des villes ayant mis en œuvre cette technologie pour collecter journalièrement leurs déchets ménagers.**

**Narbonne sera la première ville équipée par Envac en France, pour un nouvel éco-quartier et son centre historique dans un proche futur. La collecte des déchets par réseaux souterrains devient ainsi une infrastructure nécessaire au développement et à l'attractivité des villes.**

### ■ Historique

Dès la plus Haute Antiquité, une des caractéristiques de l'histoire de l'humanité, est la tendance des hommes à se rassembler pour constituer des cités, à l'instar de Mohenjo Daro, ville majeure de la civilisation de l'Indus, dont la superficie s'étendait sur environ 2,5 km<sup>2</sup> dans l'actuel Pakistan, et qui connut son apogée de 2500 à 1700 avant Jésus-Christ.

Ces premières cités étaient quadrillées de rues, souvent équipées d'égouts à ciel ouvert comme l'ont mis en évidence les fouilles archéologiques.

Dans la ville hygiéniste en reconstruction du XIX<sup>e</sup> siècle, l'évacuation des immondices a constitué un défi nouveau pour de nombreux ingénieurs qui ont conduit travaux et tentatives pour concevoir et réaliser le système optimal de collecte et de valorisation.

Tandis que certains s'affichaient comme des partisans d'un ramassage régulier en porte-à-porte des déchets, d'autres, visionnaires avant l'heure, replaçaient l'homme au centre de la ville et inventaient des réseaux de collecte souterrains qui libéraient l'espace en surface. Certains projets prévoyaient même la création d'une ville souterraine, où seraient installées les basses besognes nécessaires au fonctionnement et au prestige de la partie visible (et hygiénisée) de la ville. Les réseaux souterrains devaient ainsi assurer le transport de l'eau mais aussi de nombreuses marchandises ou déchets.

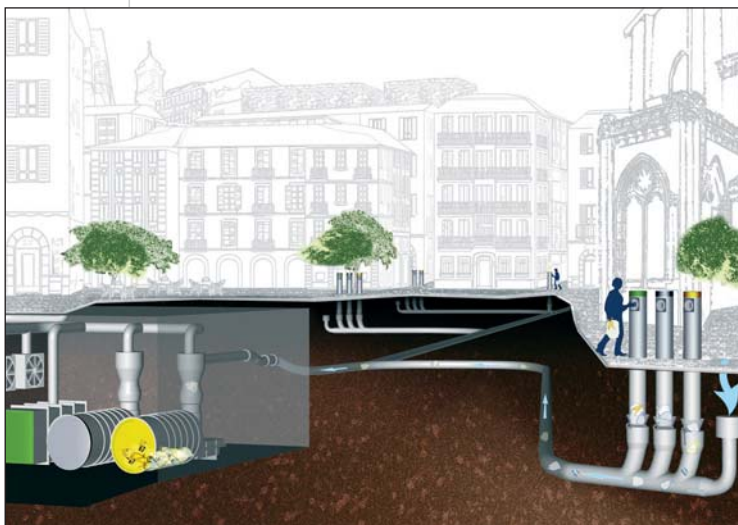
Depuis près de deux siècles, les villes ont connu de profondes mutations dans la création et le développement de leurs infrastructures urbaines.

Ayant valeur d'exemple, les transformations de Paris sous le Second Empire ou travaux haussmanniens constituent une modernisation d'ensemble de la capitale française menée à bien de 1852 à 1870 par Napoléon III et le préfet Haussmann. Le projet couvre tous les domaines de l'urbanisme, aussi bien au cœur de Paris que dans ses quartiers extérieurs : rues et boulevards, réglementation des façades, espaces verts,

Figure 1

Schéma d'installation en centre-ville d'un réseau de collecte d'ordures ménagères

*Layout diagram of a household refuse collection network in the town centre...*



# des déchets : une infrastructure développement durable urbain



**Yannick Gueugnon**  
Directeur  
Envac France

mobilier urbain, égouts et réseaux d'abduction d'eau, équipements et monuments publics.

En 1854, le baron Hausmann confie à Eugène Belgrand (ingénieur des Ponts et Chaussées) la responsabilité du Service des eaux pour la ville de Paris. L'alimentation en eau potable se généralise et l'élimination des eaux souillées hors de la ville, devient alors un objectif prioritaire pour des raisons sanitaires. Dans la dernière partie du XIX<sup>e</sup> siècle fut instauré le principe du tout-à-l'égout, mais sa mise en œuvre complète, visant à l'élimination de toutes les fosses chez les particuliers, dura plusieurs décennies et se poursuivit au début du XX<sup>e</sup> siècle. Le réseau devint unitaire, évacuant à la fois les eaux usées et les eaux de chaussées (eaux de lavage des rues, eaux de ruissellement pluvial, etc.).

D'autres réseaux souterrains sont venus compléter cette vision souterraine de la ville. Ainsi pour Paris, on peut citer parmi les principaux réseaux ceux d'électricité, gaz, chaleur, froid et télécommunications qui s'est substitué au réseau pneumatique (on envoyait alors un pneu faute de passer un coup de fil!).

Si l'on regarde les chiffres, Paris est aujourd'hui parcourue par un réseau d'assainissement de 2 430 km, un réseau moyenne pression gaz de 665 km, un réseau basse pression gaz de 1 350 km, un réseau de chaleur de 340 km sous voie publique et un réseau d'eau glacée d'environ 48 km.

## ■ Le développement d'une nouvelle infrastructure

Dans les années 60, la société Centralsug qui portera plus tard le nom d'Envac était alors spécialisée dans la construction et l'installation de systèmes d'aspiration centralisée des poussières, plus particulièrement dans les hôpitaux. Fort de cette expérience, son dirigeant, Olof Hallström, déclara « nous pouvons aspirer les pous-

sières aux quatre coins d'un hôpital avec un système simple, pourquoi ne pouvons-nous pas faire la même chose avec les déchets? ». Cette question semble encore utopique à de nombreuses personnes aujourd'hui, pourtant Hallström releva ce défi et présenta une proposition pour un système de manutention par le vide des déchets dans l'hôpital Sollefteå. En 1961, Centralsug AB installa ainsi le premier système au monde de collecte des déchets sous vide. Le système fonctionne encore aujourd'hui et conserve en grande partie l'installation d'origine. Il fallut attendre 1965, sur le quartier Sundbyberg de Stockholm, pour l'installation du premier système au monde de collecte sous vide des déchets ménagers dans la nouvelle zone résidentielle d'Ör-Hallonbergen.

Durant les années 70 et la première moitié des années 80, Centralsug installa 50 systèmes en Suède dont un tiers dans des secteurs résidentiels construits. Mais l'intérêt se développa aussi à l'étranger et se concrétisa par plusieurs installations. Début des années 90, le Comité olympique espagnol et la Ville de Barcelone firent part de leur grand intérêt pour le système souterrain de collecte des déchets installé dans le village olympique de Munich. Plusieurs visites sur le site de Munich les avaient convaincus que le système pouvait parfaitement s'intégrer aux nouvelles infrastructures que la Ville de Barcelone planifiait. La ville voulait s'ouvrir sur l'extérieur et faire face à la mer. Le nouveau Barcelone devait s'édifier sur d'anciennes friches industrielles tout au long de la côte. Le village olympique n'en était qu'une première étape. L'installation dans le village olympique de Barcelone fut un tel succès que la municipalité décida de construire plusieurs systèmes équivalents de collecte automatisée des déchets. Plus de dix ans après, ils sont reconnus comme infrastructure basique dans le plan local d'urbanisme de la municipalité et participent à l'expansion de la ville. Les installations à Barcelone ont trouvé un écho favorable dans le reste de l'Espagne.



Figure 2

Schéma de principe d'un réseau de collecte d'ordures ménagères  
Block diagram of a household refuse collection network

## La collecte automatisée des déchets : une infrastructure innovante au service du développement durable urbain

Photo 1  
Bornes de collecte en quartiers d'habitation  
Collection terminals in residential districts



Depuis maintenant plus de 40 ans, plus de 250 villes au monde ont choisi d'investir dans un nouveau réseau : les réseaux de collecte automatisée des déchets ménagers...

### ■ Présentation de la collecte automatisée des déchets Envac

Le principe du système repose sur un certain nombre de points de collecte reliés les uns aux autres par des conduites acheminant les déchets jusqu'à un terminal de collecte central.

Après leur introduction dans la borne sur voie publique ou bouche dans les immeubles, les déchets sont momentanément stockés dans un conduit vertical débouchant sur une vanne de stockage séparant ce volume de stockage temporaire de la conduite principale. Les vannes de stockage sont automatiquement ouvertes pour assurer leur vidange.

Le système de commande actionne des ventilateurs, créant un vide d'air dans le réseau de conduites. Une vanne d'entrée d'air s'ouvre alors pour permettre la circulation d'un courant d'air dans le réseau. Les vannes de stockage situées à la base de chaque conduit vertical s'ouvrent une à une et la force de gravité fait tomber les déchets dans le réseau horizontal de conduites où ils sont transportés vers le terminal de collecte. À leur entrée dans le terminal de collecte, les déchets et l'air sont séparés en traversant un cyclone. Les déchets finissent leur parcours dans un compacteur qui les compresse à l'intérieur d'un conteneur hermétiquement clos. L'air porteur est ensuite filtré afin de retenir poussières et odeurs pour enfin passer au travers d'un silencieux.

Le système est idéal pour le tri à la source ; dans ce cas, le système comportera autant de bornes et de conteneurs qu'il y a de fractions de déchets. L'ouverture par séquençage des conduits verticaux permet la collecte de plusieurs types (ou fractions) de déchets par la même conduite horizontale. Grâce à un système d'aiguillage, chaque catégorie de déchets triés est dirigée vers le conteneur dédié. Lorsque les conteneurs sont pleins, les conteneurs contenant les déchets sont repris pour être acheminés vers les centres de tri et valorisation, sites de compostage ou méthanisation, usines d'incinération ou centres d'enfouissement technique. La collecte automatisée est un système sous vide entièrement clos qui supprime donc les mauvaises odeurs, la nécessité de locaux à poubelles peu hygiéniques et la présence de bacs dans les rues. Plus besoin d'être en contact avec les sacs ou les bacs à ordures. Les déchets sont déposés dans une borne sur la voie publique ou dans une bouche dédiée à l'intérieur des bâtiments.

### ■ Principaux éléments du système Envac

#### Les points de collecte

Quand les points de collecte sont installés sur les espaces publics ou sur des espaces privatifs en extérieur (rez-de-jardin, atrium, espaces verts...), il est nécessaire d'installer des bornes de collecte. Ces bornes sont conçues pour s'intégrer comme mobilier urbain ou peuvent s'intégrer par leur design à un projet architectural d'ensemble. Elles sont caractérisées par leur fonctionnalité, sécurité et étudiées pour résister aux contraintes de voie publique.

Les bouches de collecte se situent, elles, au rez-de-chaussée ou dans les parties communes et permettent de collecter les déchets d'une allée d'immeuble à l'emplacement qui sera considéré optimum du point de vue fonctionnel. Dans le cadre des IGH, elles sont disposées sur différents niveaux du bâtiment.

Les ouvertures des bornes et bouches à usage domestique sont d'un diamètre de 250 à 320 mm suivant les prescriptions locales. Celles utilisées pour les déchets commerciaux sont de plus grandes dimensions (400 x 400 mm à 500 x 500 mm) afin de faciliter l'introduction de sacs de plus grande taille. L'ouverture des portes à usage commercial ne peut être effectuée que par les seuls utilisateurs disposant d'une clef ou d'une carte magnétique personnelle. Ces portes sont dotées de serrures et blocages de sécurité électroniques, lors des phases d'aspiration d'air. Parallèlement, une fois cette porte ouverte la vanne de stockage des déchets sur laquelle sont versés les déchets ne peut être déclenchée.

Chaque point de collecte représente ainsi une capacité de stockage tampon qui pourrait être comparé à un mini-conteneur enterré. Le volume de stockage est déterminé par la hauteur du conduit vertical, soit entre le bas de la porte de dépôt des déchets et la vanne de stockage qui se situe juste au-dessus de la conduite horizontale de transport des déchets. Ce volume peut osciller entre 250 et 600 l suivant les applications.

La mise en place d'une installation de collecte automatisée est donc dimensionnée en fonction du volume des déchets qui seront déposés sur chaque point de collecte. Les critères suivants doivent alors être pris en compte : non-linéarité du dépôt de déchets (en général le matin en quittant son domicile et de manière diffuse tout au long de la journée), modalités du tri à la source (recyclables, organiques, papier journal, incinérables...) qui sont en proportions différentes et ont des densités distinctes, nombre de logements, commerces et bureaux utilisant un point de collecte, mise en place des points de collecte sur des endroits de passage naturels...

### Le réseau de transport

Le réseau général de collecte utilise la même conduite pour les différentes fractions de déchets qui sont collectées.

Les paramètres principaux qui conditionnent la tenue dans le temps de nos réseaux sont :

- composition des déchets collectés (organiques, papier, plastiques, métal, verre...);
- vitesse du flux d'air dans les conduites et par là même des déchets dans les conduites.

La contrainte subie par les conduites est essentiellement liée à l'abrasion. Pour garantir une bonne résistance à l'abrasion, il a donc été démontré que :

- le verre et le métal dans une moindre mesure ont des caractères abrasifs importants, aussi nous indiquons toujours que le verre (composé essentiellement de silice ayant un fort pouvoir abrasif) doit faire l'objet d'une collecte spécifique pour en diminuer la teneur dans les déchets qui sont pris en charge par la collecte automatisée;
- la vitesse du flux d'air dans les conduites doit se situer entre 20 et 22 m/s. Si l'on a coutume de dire que l'abrasion est proportionnelle au carré de la vitesse, nous avons mis en évidence que dans notre application, l'abrasion est proportionnelle au cube de la vitesse.

D'autres contraintes peuvent également être mises en évidence, il peut s'agir de la corrosion à l'intérieur des conduites ou à l'extérieur des conduites. La corrosion à l'intérieur des conduites, pour les applications classiques de collecte des déchets, est négligeable par rapport à l'abrasion.



Photo 2

Bornes de collecte  
en quartiers d'habitation  
*Collection terminals  
in residential districts*

La bonne tenue à l'abrasion des aciers est directement liée aux caractéristiques de dureté des aciers. On peut ainsi prendre la dureté Brinell comme référence.

Les conduites employées par Envac sont dans 99 % des cas en acier au carbone. Néanmoins, dans les tubes où sont transportées de grandes quantités de déchets, certaines parties doivent être en alliage spécifique d'acier ou de fonte particulièrement résistants à l'abrasion.

À l'exception des parties de tubes qui sont en métal Ni-hard, tous les raccordements du réseau de tubes sont soudés.

Les tubes de transport peuvent être enterrés ou être accrochés à la structure des bâtiments ou passer dans les galeries de service. Les câbles électriques et les tuyaux d'air comprimé, qui relient toutes les vannes du système avec le terminal de collecte sont installés en périphérie des tubes de transport.

Extérieurement, les tubes sont protégés au moyen d'un revêtement triple couche de polyéthylène et les tubes sont protégés par une protection cathodique.

Pendant les cycles de transport pneumatique, la dépression dans la tuyauterie de transport est au maximum de 30 kPa, et la vitesse de l'air varie entre 15 et 25 m/s. La distance maximum de transport recommandée est de 1,7 à 1,8 km, mais cela dépend autant de la puissance des turbo-extracteurs que d'éventuelles pertes de charges.

Le diamètre intérieur est le même tout au long du

## La collecte automatisée des déchets : une infrastructure innovante au service du développement durable urbain

réseau de conduites. Le diamètre intérieur est généralement de 500 mm, mais existe également en 300 mm et 400 mm selon la typologie des déchets à collecter.

### Le terminal de collecte

Dans le terminal de collecte se trouvent les conteneurs où arrivent les déchets ainsi que tous les équipements nécessaires à la gestion et au contrôle du système. Les équipements situés dans le terminal de collecte sont :

- le séparateur rotatif de déchets : c'est dans celui-ci que se réalise la séparation secondaire, il sépare les particules fines des déchets avec l'air ayant permis leur transport, il est situé dans la partie supérieure du cyclone de séparation ;
- le compacteur de déchets : situé en dessous de la trémie d'alimentation du cyclone de séparation, compacte et introduit la fraction traitée des déchets dans le conteneur dédié. Le nombre de compacteurs de déchets sera fonction du nombre de fractions à collecter. Le compacteur, est de type plaque de compactage horizontal, et son fonctionnement est hydraulique. Il est fermé hermétiquement pour travailler sous basse pression. Sa partie supérieure est connectée à la trémie d'alimentation du cyclone de séparation, et une de ses parties latérales au conteneur de déchets. Tous les raccordements sont hermétiques et résistent à la dépression. Le mécanisme de fermeture entre le compacteur et le conteneur est actionné automatiquement. Le taux de compression du compacteur est adapté en fonction de la nature des déchets ;
- les conteneurs de déchets : leur taille et nombre dépendent de la quantité et du nombre de fractions de déchets ramassés. La capacité des conteneurs varie entre 16 et 30 m<sup>3</sup>. Les conteneurs sont en acier. Ils sont fermés hermétiquement et résistent à la dépression ;
- l'épuration de l'air de transport : avant d'être rejeté à l'atmosphère, il est nécessaire de procéder à une épuration tertiaire de l'air de transport. Comme nous l'avons mentionné précédemment, une séparation primaire a été effectuée dans le cyclone de séparation, et une secondaire, dans le séparateur rotatif. L'air provenant des turbo-extracteurs est conduit jusqu'à la salle de filtrage pour subir la troisième séparation. Cette salle dispose de plusieurs étages consécutifs de filtrage à sec, par lesquels l'air passe jusqu'à son rejet dans l'atmosphère. Le premier étage est composé de poches synthétiques pour retenir les plus grosses particules. Le second étage comporte des poches en fibres de verre particulièrement efficaces pour les particules plus légères. Le troisième et dernier étage est constitué de filtres à charbons actifs pour l'absorption et l'élimination des odeurs. Une fois l'air épuré, il est rejeté dans l'atmosphère par la cheminée du terminal de collecte ;
- installation d'air comprimé : les vannes de stockage et les vannes d'air, situées tout au long du réseau de collecte, sont actionnées par air comprimé. L'air comprimé est produit dans le terminal de collecte et réparti par des tuyaux spécifiques qui sont installés parallèlement aux tubes de transport général ;
- le chargement des conteneurs : il s'effectue au moyen d'un trolley ou d'un pont roulant selon

- la vanne d'aiguillage : c'est l'élément mécanique qui est chargé de positionner la conduite de collecte par rapport au cyclone de séparation pour la fraction de déchets qui est collectée. Son fonctionnement est assuré par des vérins pneumatiques, il existe deux mouvements, un de rotation et un d'accouplement. Chacun de ces mouvements est exécuté au moyen de vérins activés par des valves électropneumatiques ;
- les turbo-extracteurs : ce sont les machines chargées de créer le vide dans le réseau général, ce qui provoquera le courant d'air une fois ouvertes les vannes correspondantes, et donc transporteront les déchets jusqu'au terminal de collecte. Leur nombre et taille dépendront principalement de la distance de transport. Normalement, deux ou trois turbo-extracteurs sont connectés en série, l'un d'entre eux comme unité de secours ;
- les cyclones de séparation des déchets : la séparation primaire des déchets avec l'air ayant permis leur transport s'effectue dans un cyclone de séparation pour chaque fraction spécifique de déchets. Il est construit en acier et équipé d'indicateurs de niveau. À travers une trémie d'alimentation, sa partie inférieure est connectée au compacteur de déchets au moyen d'un raccord résistant à la dépression ;

Photo 3

Terminal de collecte enterré sous un rond-point

*Underground collection terminal below a roundabout*



l'architecture du terminal choisi. Le transport des conteneurs est effectué par voie routière ou fluviale jusqu'à leurs destinations finales;

- le contrôle-commande : il supervise et contrôle tout le processus automatique de collecte des déchets. Toutes les vannes situées tout au long du réseau de collecte sont connectées à l'automate par des câbles électriques, ainsi que l'ensemble des machines du terminal de collecte. L'installation est contrôlée par synoptiques avec une interface développée spécifiquement pour le système.

Les terminaux de collecte offrent plusieurs possibilités, ils peuvent être installés en surface, partiellement enterrés ou complètement souterrains. Ils ont des dimensions d'ouvrage en génie civil qui permettent de les intégrer facilement, 100 m<sup>2</sup> pour collecter 400 logements et de 300 à 500 m<sup>2</sup> pour collecter 8000 logements par exemple (ceci dépendra des solutions techniques mises en œuvre). Dans les deux premiers cas le projet architectural peut les fondre dans l'esthétique du quartier ou choisir de mettre en relief leur singularité. Dans le cas des terminaux de collecte enterrés, l'impact visuel est négligeable, seule restant visible la rampe d'accès des camions au site. Il est même arrivé, comme dans le cas du système desservant la zone « Monte del Pilar » de Majadahonda (Madrid), d'enterrer le terminal sous un rond-point.

### ■ Les applications et avantages de la collecte automatisée

La collecte automatisée des déchets est aujourd'hui développée dans les cœurs de villes historiques et les nouveaux quartiers résidentiels ou mixtes (habitat, bureaux, commerces et restaurants).

Cette technologie supprime les dépôts temporaires sur les rues ou dans les parties communes des immeubles. Elle supprime aussi la manutention manuelle des poubelles et les risques afférant pour le personnel en charge de la collecte des déchets. Les habitants bénéficient d'un meilleur environnement avec une diminution notable du trafic poids lourds, des nuisances sonores liées aux bennes de collecte. Elle réduit aussi la pollution urbaine et diminue l'accidentologie liée à la présence d'une benne de collecte sur le quartier.

La satisfaction des utilisateurs est également un des éléments essentiel. Les réclamations et doléances des habitants liées à la collecte traditionnelle des déchets n'existent plus. Le système est plébiscité par les habitants.

La collecte automatisée participe ainsi aux objectifs ambitieux du développement durable des villes sur les principales thématiques : environnement, déchets,



Photo 4  
Équipements Envac à l'intérieur des terminaux  
*Envac equipment inside the terminals*



Photo 5  
Réseau enterré de collecte  
*Underground collection network*

pollution de l'air, trafic urbain, accidentologie et meilleure appréhension des déchets et de leur valorisation.

Ceci permet ainsi de créer un cadre urbain attractif.

En terme de coût, chaque projet est spécifique.

L'expérience montre que le coût par logement dans le cadre d'un nouveau quartier va de 1500 € à 3000 € (suivant la taille du quartier). Le surcoût engendré par l'installation de la collecte automatisée est en grande partie compensée par la libération d'espaces dédiés à la gestion traditionnelle des déchets (locaux poubelles,

## La collecte automatisée des déchets : une infrastructure innovante au service du développement durable urbain

accès, espaces publics dédiés...) et la réduction des coûts de collecte.

Dans le cadre d'un cœur de ville historique, ce coût est renchéri par les travaux de tranchées et génie civil. En effet, la mise en place d'un tel réseau dans des rues étroites passe souvent par une requalification des réseaux existants et par des surcoûts liés aux fouilles archéologiques, ouvrages existants... De plus, le terminal de collecte est le plus souvent enterré pour ne pas occuper en surface des espaces avec une forte valeur.

Photo 6

Image de synthèse  
du terminal  
de Narbonne

Synthesis image  
of the Narbonne  
terminal



### ■ Quelques exemples

#### **Stockholm : une préoccupation constante pour la santé, la sécurité et l'environnement**

Depuis les débuts de la collecte automatisée dans les années soixante, ce sont plus de 90 installations qui ont été construites sur le Grand Stockholm. Aujourd'hui, plus de 100 000 logements sont desservis par la collecte automatisée. La plupart de ces installations ont été prises directement en charge par les promoteurs-constructeurs.

Le Grand Stockholm encourage le développement de la technologie et s'y retrouve pour ses coûts de collecte. Les habitants bénéficiant de la collecte automatisée ont ainsi une réduction de 30 % de leur taxe pour la partie collecte des déchets.

Une autre raison du développement de la collecte automatisée sur Stockholm est l'impact environnemental. Les rejets de gaz à effet de serre sur le quartier sont ainsi réduits de 80 à 90 % comparativement à une collecte traditionnelle.

#### **Barcelone : « les avantages sont si grands, que la ville ne pourrait plus vivre sans »**

Depuis qu'Envac a installé la première installation de collecte souterraine des déchets sur la ville (village olympique en 1992), le rythme du développement est exponentiel. Le Plan technique pour la collecte automatisée établi par l'Ajuntamento de Barcelona en 2002 et révisé en 2006 s'est fixé pour objectif de couvrir 1 463 ha. Au terme de ce développement, ce sont environ 500 000 habitants qui bénéficieront de la collecte automatisée et plus de 144 km de réseau de collecte automatisée qui seront en fonctionnement. Aujourd'hui, ce sont environ « seulement » 50 km qui sont en service.

L'une des premières raisons de ce développement est le gain de surface offert par la collecte automatisée des déchets. L'enclavement et la densité de Barcelone font que tout mètre carré gagné pour la ville est un bénéfice immédiat. Barcelone a également réalisé que les opérations de collecte des déchets, leur transfert au cœur de la ville sur des routes déjà encombrées donnaient une mauvaise image de la ville.

Des installations ont été développées tant dans les nouveaux quartiers que dans le centre historique, en particulier autour de la cathédrale médiévale. L'un des terminaux se trouve sous les halles de Santa Catharina.

#### **Singapour : résoudre les problèmes d'hygiène**

Au cours des 10 dernières années, ce sont 17 installations qui ont été mises en œuvre sur Singapour et d'autres sont en cours de réalisation. CDL, l'un des leaders de la construction-promotion sur Singapour a pleinement adopté la technologie. Il est aussi connu pour être celui qui privilégie une grande qualité de construction et la HQE. Il lui paraît évident qu'il n'est plus d'actualité de promouvoir des solutions entraînant le stockage, la manutention manuelle des déchets dans des conteneurs et bacs ouverts et odorants. De plus, Singapour par son climat rencontre de nombreux problèmes d'odeurs, hygiène, parasites... avec la collecte traditionnelle. Eddie Wong, directeur général de CDL, dit ainsi qu'il n'a jamais croisé un cafard sur les installations de collecte automatisée des déchets !

#### **Autres villes de par le monde...**

Le Grand Londres vient de réaliser sa première installation sur le quartier Wembley, un quartier mixte autour du stade de Wembley où 5 000 nouveaux logements vont être construits sur une zone de 21 ha.

Göteborg et Malmö en Suède, Copenhague, Odense au Danemark, Almere au Pays-Bas, Tromsø, Trondheim et Oslo en Norvège, Lisbonne au Portugal, Madrid, Séville, Valence, Vitoria, Bilbao, Majadahonda, Sabadell, Palma de Majorque, Léon, Almeria, Saragosse... en Espagne, Roosevelt Island à New York, Dubaï, Hong Kong, YongIn City en Corée de Sud et bien d'autres!

Il est à noter qu'une ville ayant choisi de mettre en place un système de collecte automatisée ne s'arrête pas à la première installation. Elle les multiplie ensuite sur d'autres quartiers.

### Et la France ?

Après des premières expériences mitigées dans les années 70, Narbonne sera bientôt la première ville équipée par Envac! Il s'agit d'un nouveau quartier durable, unique en France, de 650 logements faisant appel aux énergies renouvelables et à de l'habitat à énergie positive avec comme objectif « zéro déga- gement de CO<sub>2</sub> ». Il est situé à proximité du Canal de la Robine, classé au patrimoine mondial de l'Unesco avec le Canal du Midi. Parfaitement relié à la ville, ce quartier comprendra des petits commerces, dévelop- pera une mixité sociale et des modes de déplacements doux. Les déchets collectés sur le quartier du Théâtre aboutiront dans un terminal qui permettra de collecter à terme les déchets produits sur le cœur de ville histo- rique et le quartier de la sous-préfecture (soit 20000 habitants à terme). ■

## ABSTRACT

### *Underground waste transportation : an innovative infrastructure for sustainable urban development*

Y. Gueugnon

*For centuries, humans have organized their communities in cities like in Indus, Mohenjo Daro (2500 bc). Here, for the first time gutters became an essential infrastructure for the removal of sewage water! In the 19th century cities became more and more concerned with their urban hygiene and underground utilities for the collection and evacuation of sewage and waste were experienced a "renaissance". Today, this is standard in all modern cities around the world.*

*The Envac automated waste collection philosophy is its logical continuation! Instead of emptying street-side containers and bins using heavy collection vehicles the waste is air-transported long-distance through an underground network of pipes to a collection point often located outside of city centre.*

*During the last 40 years, an increasing number of cities have chosen an Envac system. Stockholm is the pioneer where 100000 dwellings are now connected to 85 underground waste transportation systems. Barcelona installed its first system in the Olympic village in 1992 and has now made the technology compulsory in its master plan for all planned future developments. Presently, Barcelona has 50 kilometres of waste pipes installed. This will be increased to 144 kilometres and extended to 500000 inhabitants in the next few years. Singapore, Gothenburg, Seville, Hong Kong, London, New York... are other cities using the technology for their daily evacuation of municipal solid waste.*

*Narbonne will be the first city in France that has chosen Envac for a new urban area and its historic centre.*

*This way finally waste collection becomes an integral part of the city's fixed infrastructure just like Mohenjo Daro did with its sewage water 4500 years ago.*

## RESUMEN ESPAÑOL

### *La recogida automática de residuos : una infraestructura novadora al servicio del desarrollo urbano sostenible*

Y. Gueugnon

*Durante varios siglos los humanos se han organizado en ciudades... En Indus, Mohenjo Daro (2500 antes de Cristo) se instalaron alcantarillas para evacuar las aguas residuales! En el siglo 19, las ciudades se van aproximando a la higiene y muchos proyectos desarrollaron una ciudad subterránea de servicios y recogida de alcantarillado y basuras. Hoy las ciudades entierran casi todos sus servicios. La filosofía de la recogida automática Envac es una evolución lógica. Es una solución distinta al servicio municipal de recogida y transporte de residuos. En lugar de vaciar los contenedores que encontramos a los lados de las calles con pesados vehículos de transporte, la basura es aerotransportada desde largas distancias a través de una red de tuberías, hasta un lugar de recogida, a menudo situado lejos del centro de la ciudad. Durante estos últimos 40 años, el número de los que han elegido el sistema Envac va en aumento. Estocolmo es el pionero, 100000 viviendas son servidas con un sistema Envac. Barcelona instaló su primer sistema automático en la Villa de los Juegos Olímpicos en 1992 y ahora está incluido en el Plan Director para su desarrollo. Actualmente, hay 50 kilómetros de red operando y serán 144 kilómetros y 500000 habitantes en un futuro próximo. Singapur, Gotemburgo, Sevilla, Hong Kong, Londres, Nueva York... ya han sido equipadas!*

*Narbonne es la primera ciudad francesa que ha elegido Envac para su centro histórico y un nuevo desarrollo. La recogida de residuos se transforma así en parte integral de las infraestructuras de la ciudad.*



Ce chantier de fourniture et mise en œuvre d'un collecteur Ø 2000 sur 2500 ml pour l'alimentation en eaux usées de la nouvelle station d'épuration des Grésillons a été marqué par une contrainte forte en termes de délai : huit mois en global et un délai partiel fondamental pour une première mise en eau au 1<sup>er</sup> juillet 2006.

Au regard de ces impératifs, le groupement a fait le choix de scinder le linéaire total en trois tronçons distincts sur lesquels ont été appliquées plusieurs techniques de pose :

- un tronçon exécuté au tunnelier;
  - un tronçon exécuté en tranchée blindée;
  - un tronçon exécuté en fouille ouverte terrassée.
- Grâce à une gestion « pointue » des interfaces générées par l'application de méthodes différentes, la première mise en eau s'est effectuée dans le respect des délais contractuels.



# Alimentation en eau de la station à Triel-sur-Seine

## Un délai minimal, des méthodes

**A**fin de garantir la réussite de ce chantier soumis à des délais extrêmement tendus, le groupement BYTP, Chantiers Modernes a dû élaborer des variantes techniques afin d'améliorer la pose du collecteur principal d'arrivée à la nouvelle station d'épuration des Grésillons » (Paul Mourier BYTP, mandataire du groupement).

Dans un premier temps, le groupement a étudié les possibilités d'optimiser les méthodes d'exécution afin d'accélérer la pose du nouveau collecteur, un Ø 2000 en fonte, et répondre ainsi à la principale contrainte du chantier : le délai. Fixé contractuellement à 8 mois à partir de février 2006, celui-ci était de plus assorti d'une mise en service préalable du collecteur fixé au 1<sup>er</sup> juillet 2006 nécessaire aux premiers essais en eau de la nouvelle station d'épuration des Grésillons. Une situation réellement tendue sachant que le déroulement du chantier pouvait être soumis aux aléas climatiques de la fin de l'hiver et du printemps.

Aussi, en examinant de plus près l'environnement et la topographie rencontrés, le groupement a tout d'abord décidé de découper en tronçons distincts le projet sur un linéaire total de 2500 ml, allant de la branche dite de Carrières-sous-Poissy à la nouvelle usine d'épuration.

Un premier tronçon de 360 ml franchissant une chaussée et une zone industrielle doit être exécuté au tunnelier à attaque ponctuelle, le revêtement est prévu en voussoirs préfabriqués en béton armé.

Le groupement substitue à ce revêtement la mise en œuvre d'un tuyau PRV Ø 2000 de la société Hobas :

- un gain de 30 % sur la section de creusement;
- un gain sur les délais d'approvisionnement du revêtement;
- des facilités dans le raccordement de ce tronçon au tuyau fonte en continuité (photo 1).

Le collecteur est creusé à l'aide d'un tunnelier à confinement mécanique par volet, à prérevêtement cintres et bois, suivi une fois l'ensemble de la galerie terrassée et le tunnelier sorti, du tubage de tuyaux PRV Ø 2000 mm et du comblement du vide annulaire en coulis de ciment.

Le tunnelier est mis en œuvre à partir d'un puits spécialement réalisé à l'amont du collecteur (photo 2).

Le tunnelier est positionné sur des rails de lancement et est progressivement avancé dans le terrain par fon-

çage à l'aide de vérins s'appuyant sur un casque. L'abattage des terrains se fera à l'aide d'un bras hydraulique muni d'un godet excavateur à dents ou d'une « fraise axiale » selon la dureté des terrains rencontrés. Les outils peuvent être changés en cours de creusement (photos 3 et 4).

Le creusement s'effectue en diamètre 2720 mm. Le prérevêtement, une fois expansé, a un diamètre intérieur de 2570 mm. Ce dernier est constitué de profils HEB 100 cintrés circulairement, entre les ailes desquels un madrier de 75 mm est glissé sur tout le périmètre.

L'espacement moyen prévu entre cintres est de 1,2 m. Le tunnelier progresse, une fois le cintre et le bois posés, par appui des vérins de propulsion sur ce prérevêtement.

Deux convoyeurs à bande, se développant depuis la trousse auprès du front de taille, permettent le chargement du train, constitué de trois bennes de 2,5 m<sup>3</sup>. Le tunnelier étant articulé, il respecte les tracés contenant des courbes, avec une grande précision, tant en planimétrie qu'en altimétrie.

Le pilotage topographique s'effectue au moyen d'un laser interceptant une cible à l'avant du tunnelier. Un relevé quotidien (biquotidien en courbe) est effectué par un géomètre pour confirmer la position de la machine et indiquer la trajectoire aux opérateurs.

Le principal intérêt de cette méthode utilisant un prérevêtement cintres et bois, est d'assurer immédiatement après le passage du tunnelier, la mise en contact de l'extrados de ce revêtement avec le terrain en place, pour reprendre le jeu de montage de celui-ci à l'intérieur de la jupe. Ainsi il ne reste à aucun moment de vide annulaire, ce qui supprime les risques de tassement en surface.

### FICHE D'IDENTITÉ DU CHANTIER

#### **Maître d'ouvrage**

SIAAP

#### **Maître d'œuvre**

SIAAP DGT Service Réseaux

#### **Groupement d'entreprises**

Bouygues TP (mandataire), Chantiers Modernes

#### **Caractéristiques :**

- 269 tuyaux fonte Saint-Gobain Pont-à-Mousson
- Diamètre 2000 mm, longueur unitaire 8,20 m
- Poids unitaire 12 t
- 400 ml de tuyaux PRV Hobas Ø 2000, 1500 et 1000 m
- 7 chambres préfabriquées Cimentub
- Blindage de tranchée Emunds et Staudinger

#### **Tunnelier et fonçage**

DLE

#### **Terrassements**

DTP Terrassement

Photo 1

Tunnelier équipé d'un godet

*Tunnel boring machine equipped with a bucket*

# d'épuration des Grésillons

## optimales



**Paul Mourier**  
Directeur de projet  
Bouygues Travaux  
Publics



**Photo 2**  
Le fond de puits  
et le train  
de marinage  
*The shaft bottom  
and the mucking  
train*

Un deuxième tronçon de 800 ml adjacent à une route maintenue en circulation implique nécessairement la technique de blindage. Un atelier « coffrant » de 50 ml à panneaux coulissants grande hauteur (fil d'eau calé à - 6,5 moyen) a été mobilisé pour la durée du chantier (photo 5).

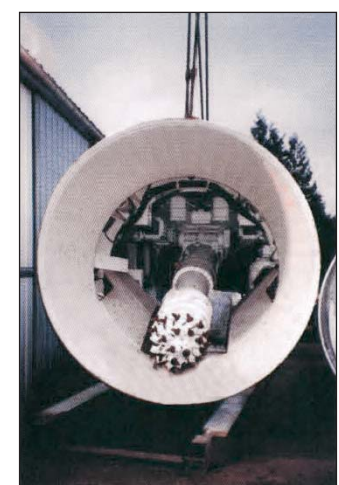
Un troisième tronçon et non des moindres de 1460 ml traversant des terrains agricoles qui était prévu en tranchée blindée a pu être terrassé en fouille ouverte de grande largeur (photos 6 et 7) pour finir par 110 ml foncés sous chaussée au pousse tube.

« Nous avons fait le choix sur ce chantier de mixer plusieurs techniques de pose qui en terme de cadences d'avancement, vont du simple au double. Le blindage de tranchée est soumis à des délais incompressibles imposés par la technique elle-même, notamment la mise en place des poteaux et panneaux coulissants du blindage. Alors qu'un terrassement classique de tranchée, même de grande profondeur et de grande largeur va être beaucoup plus simple à mettre en œuvre et directement dépendant des moyens de production », explique Paul Mourier de Bouygues TP. Effectivement, là où il était possible de le faire, c'est-à-dire dans la partie des terrains agricoles sur une distance de 1460 ml, le groupement a fait le choix de terrasser la fouille sur toute sa profondeur et toute sa largeur en respectant un talus de 1 pour 1.

Si l'extension des emprises nécessaires aux terrassements dans les exploitations agricoles a été un instant critique dans le déroulement du chantier (l'identifica-



**Photo 3**  
L'aspect du tunnel prérevêtu  
*The appearance  
of the pre-lined tunnel*



**Photo 4**  
Tunnelier équipé d'une fraise  
*Tunnel boring machine  
equipped with a cutter*

**Photo 5**  
Pose en tranchée blindée  
*Laying in shielded trench*



**Photo 6**  
Pose en tranchée terrassée  
*Laying in terraced trench*

**Photo 7**  
Le tronçon terrassé. En arrière-plan l'usine des Grésillons  
*The terraced section. In the background, the Grésillons plant*

## Alimentation en eau de la station d'épuration des Grésillons à Triel-sur-Seine. Un délai minimal, des méthodes optimales



Photo 8

Pose d'une chambre

Placement of a chamber

tion de tous les propriétaires, de leurs ayants droit, parfois de l'état des successions, etc. est une tâche délicate), une fois toutes les autorisations obtenues, l'ouverture de la tranchée et la pose des tuyaux ont été rondement menées et il aura seulement fallu 45 jours pour poser 1460 ml de tuyaux fonte de 8,20 m de longueur pour un poids unitaire de 12 t. Les terrassements ont été exécutés par trois pelles de terrassement, huit tombereaux, deux bulls et trois compacteurs. Avec un fil d'eau calé à 6,5 moyen, les volumes de terrassement de cette partie ont représenté 90000 m<sup>3</sup>, quantité à laquelle viennent s'ajouter 20000 m<sup>3</sup> pour le restant du linéaire.

Par ailleurs, afin de ne pas dépendre d'une fourniture extérieure, les déblais ont été concassés et calibrés sur site afin de les réutiliser en matériaux de remblais, lits de pose et enrobage du tuyau. La pose, la manutention, le rabotage des tuyaux ont également été particulièrement étudiés.

Ces opérations généralement « banales » pour des tuyaux de plus faibles dimensions deviennent des tâches critiques en terme de planification sur un tel projet où elles se répètent 270 fois !

C'est ainsi qu'un emboîteur hydraulique spécifique a été mis au point par le chantier pour garantir une cadence et une qualité de jointoiment entre les tuyaux.

Ce matériel était associé :

- à une grue de 100 t pour les manutentions sur le tronçon en tranchée terrassée;
- à une pelle hydraulique avec bras de pose géométriquement adapté pour le tronçon en tranchée blindée (photo 8).

Plus généralement, le groupement a mis en place une organisation qui a su gérer les interfaces générées par l'application de méthodes différentes : tunnelier, terrassement, blindage, fonçage, préfabrication particulière de chambres de raccordement « hors normes ».

Il a été à l'heure au rendez-vous du 1<sup>er</sup> juillet 2006 pour la première mise en eau. ■

### ABSTRACT

**Water supply for the Grésillons sewage plant in Triel-sur-Seine. A minimal completion period, optimum methods**

P. Mourier

*A feature of this project for the supply and installation of a 2000 mm dia. main sewer over 2500 metres to supply sewage to the new Grésillons sewage treatment plant was a major constraint in terms of completion time : eight months in all and a partial completion deadline of fundamental importance for first filling on 1st July 2006.*

*In light of these requirements, the consortium chose to split the total length into three separate sections on which several laying techniques were applied :*

- one section executed by tunnel boring machine;
- one section executed by shielded trench method;
- one section executed by terraced open-cut excavation method.

*Through precise control of the interfaces generated by the application of different methods, first filling was performed in compliance with the contractual deadlines.*

### RESUMEN ESPAÑOL

**Abastecimiento en agua de la estación depuradora de Les Grésillons en Triel-sur-Seine. Un plazo muy reducido, para métodos extremos**

P. Mourier

*Esta obra de suministro y de ejecución de un colector de 2000 ml de diámetro sobre 2500 ml para el abastecimiento en aguas residuales de la nueva estación depuradora de Les Grésillons se ha señalado debido a un importante imperativo en cuanto a plazo : ocho meses en totalidad y un plazo parcial fundamental para una primera puesta en agua para el 1 de julio de 2006.*

*Frente a semejantes imperativos, la agrupación ha tomado la decisión de dividir el lineal total en tres tramos distintos en los cuales fueron aplicadas varias técnicas de tendido :*

- un tramo ejecutado mediante tuneladora;
- un tramo ejecutado en zanjas entibadas;
- un tramo ejecutado en excavación abierta incluyendo movimientos de tierra.

*Gracias a una gestión "muy estricta" de las interfaces generadas por la aplicación de distintos métodos, la primera puesta en agua se ha podido efectuar según el respeto de los plazos contractuales.*