



n° 777

• A29 -
Un chantier
de surface
et de traitement

• 100 km
de plate-forme PF4
sur l'autoroute A77

• Le franchissement
de la vallée
de Saint-Loup par
l'autoroute A77 : un
remblai exceptionnel

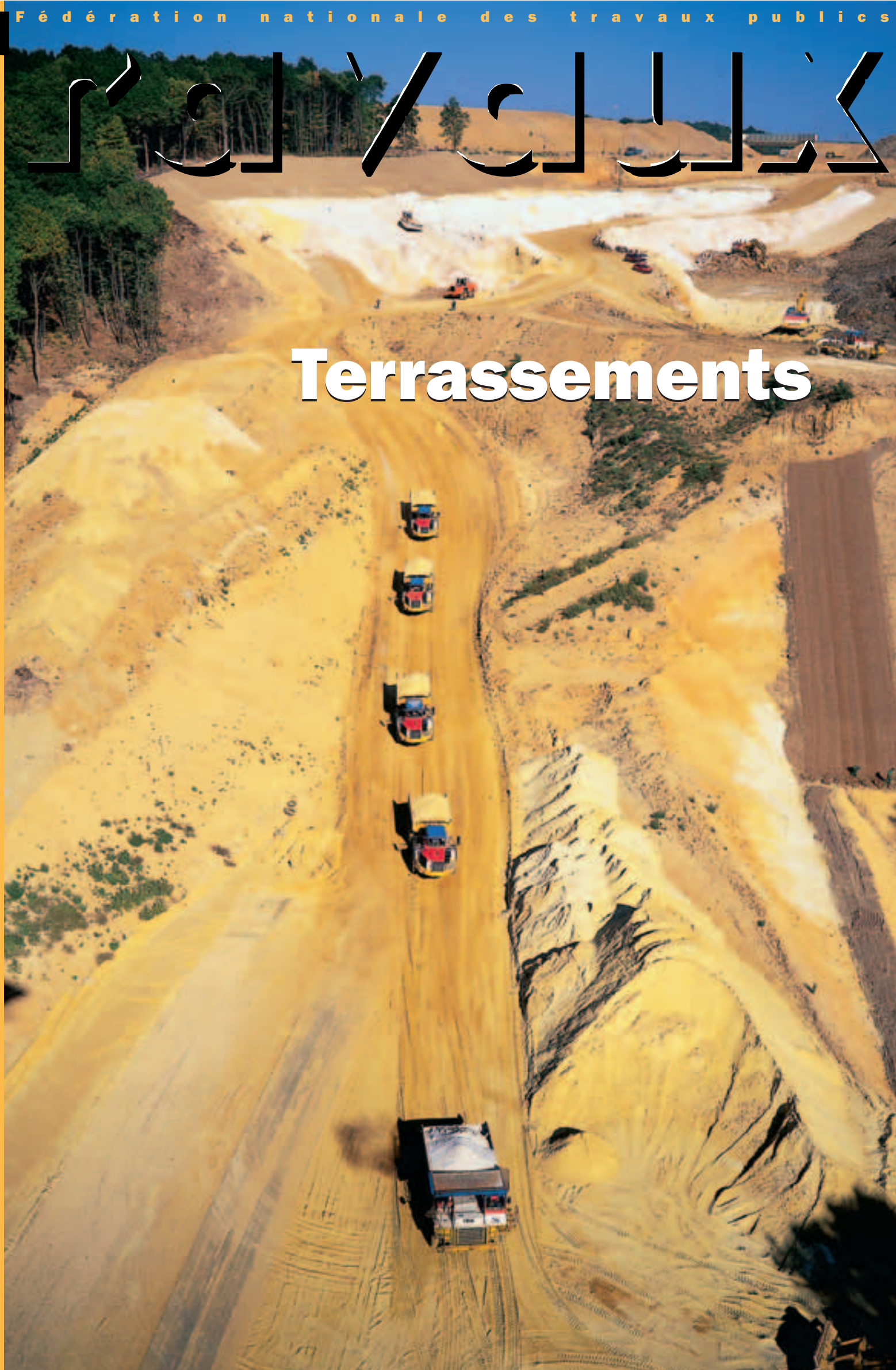
• A89 - Section 1.
Entre grands crus,
les caprices de l'Isle
et de la Dordogne
et... les sols
compressibles

• Delta-3 -
La plate-forme
multimodale
de Dourges

• Talus Royal®
sur l'autoroute A83

• Matériels
et matériaux pour
le terrassement

Terrassements



Travaux

numéro 777

juillet-août 2001
Terrassements



Notre couverture

RN 12 déviation Jouars
Pontchartrain (Yvelines)

© DTPT

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 0144 13 31 44

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 0241 18 11 41
Fax : (33) 0241 18 11 51
Francoise.Godart@wanadoo.fr

VENTES ET ABONNEMENTS

Sylvaine Prot
RGRA
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 0140 73 80 05
revuetravaux@wanadoo.fr

France : 950 FF TTC

Etranger : 1150 FF

Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 0144 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 0144 74 86 36

Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

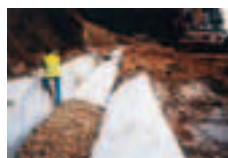
Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (copyright by Travaux).
Ouvrage protégé; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 0106 T 80259

Rectificatif

Contrairement à ce que nous avons indiqué dans le précédent numéro de Travaux consacré aux Routes, la photo de couverture concerne l'autoroute A89 et non l'autoroute A20.



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

12

PRÉFACE

Alain Rosaz

15

TERRASSEMENTS

◆ A29 - Un chantier de surface et de traitement
- A29 - A surface treatment project

P. Chardard

16

◆ 100 km de plate-forme PF4 sur l'autoroute A77
- 100 km of PF4-type roadbed on A77 motorway

J.-Ph. Ehrhardt, J.-P. Maurice, J. Vautrain

20

◆ Le franchissement de la vallée de Saint-Loup par l'autoroute A77 : un remblai exceptionnel
- Crossing of Saint-Loup valley by A77 motorway: an exceptional embankment

J.-Ph. Ehrhardt, A. Morbois, B. Chiesa

27

◆ A89 - Section 1. Entre grands crus, les caprices de l'Isle et de la Dordogne et... les sols compressibles
- A89 - Section 1. Between flooding, the whims of the Isle and Dordogne and... compressible soils

J.-P. Lacaze, Fr. Pare, Fr. de Saint Amand, J.-P. Breton, G. Lacassy

33

◆ Delta-3 - La plate-forme multimodale de Dourges
- Delta-3 - The Dourges multi-modal platform

A. Ofcard, J. Avenel, D. Heraly, O. Guerin, L.-R. Borrel

39

Sommaire

juillet-août 2001

Terrassements

Dans les prochains numéros

- Environnement**
- Réhabilitation -**
- Réparation**
- d'ouvrages**
- International**
- Ponts**
- Travaux urbains**
- Travaux**
- souterrains**
- Sols**
- et fondations**
- Routes**



◆ Talus Royal® sur A83
- Talus Royal® on A83 motorway
J.-M. Dessert, P. Royal

47

◆ Matériels et matériaux pour le terrassement

50

économie

64

**répertoire
des fournisseurs**

70

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

INDEX DES ANNONCEURS

AMMANN	13	IHC	8
ASCOREL	10	KIRPY	6
BELL FRANCE	7	LIM	11
BRIGESTONE FIRESTONE.....	4	PYRÉNÉES MINAGE.....	11
CFC EGLETONS.....	12	SMA BTP.....	4È DE COUV.
GROUPE GÉNÉRALE ROUTIÈRE ...2È DE COUV.		SYNDUEX	63
GRAVEL.....	14	VALÉRIAN	4
GTM CONSTRUCTION	2	VOLVO CONSTRUCTION	14
HUESKER.....	9	WIRTGEN FRANCE.....	9

Une des caractéristiques de l'époque actuelle est que tout change très vite, les entreprises comme les hommes doivent faire des efforts d'adaptation constants pour répondre aux mutations de plus en plus rapides.

On peut se poser la question concernant les matériels de terrassement, qu'est-ce qui a changé depuis 20 ans ?

Le facteur déterminant d'évolution a été indiscutablement la polyvalence, c'est pour cette raison que les pelles hydrauliques et les tombereaux articulés ont détrôné d'autres familles de produits comme les chargeurs voire même les décapeuses pour les courtes distances.

N'oublions pas cependant que de réels progrès sont intervenus dans le compactage et le traitement des sols avec l'apparition des matériels de la classe des V4 et V5.

D'une manière générale, pour tous les matériels, les améliorations principales ont porté en priorité sur la productivité, le confort, la fiabilité, le respect de l'environnement, grâce aux progrès de l'électronique mieux maîtrisée.

En conséquence, la puissance et la consommation par mètre cube déplacé sont en baisse, ce qui répond parfaitement à la fois aux contraintes économiques et aux impératifs écologiques. Les moteurs plus propres

consomment moins de carburant (une pelle hydraulique de 400 chevaux était équipée d'un godet de 3 m³ alors qu'aujourd'hui elle est équipée d'un godet de 5 m³).

Tous les gros matériels de terrassement sont maintenant équipés de dispositifs de remplissage de carburant et de vidange rapide permettant de garder la propreté des sites.

Les cabines, plus ergonomiques, plus sûres – FOPS et ROPS (*Falling object protective structures* et *Rollover protective structure*) –, sont maintenant confortables et équipées de climatiseurs.

Les conducteurs ont une meilleure vision du travail à réaliser et sont de plus en plus aidés par des dispositifs d'assistance électronique qui, associés au système GPS, permettent un travail plus facile et beaucoup plus précis.

Ainsi en 20 ans les progrès accomplis sont énormes, ce qui paraît aujourd'hui comme normal est le résultat de la

prise en compte de contraintes qui ont contribué à améliorer les conditions de travail et de confort.

Nous vivons aujourd'hui beaucoup mieux que nos parents, n'est-il pas normal que nous travaillions mieux également ?



■ **ALAIN ROSAZ**
**1^{er} Vice-Président
du SEIMAT (Syndicat
des entreprises
internationales
de matériels de TP,
mines et carrières,
bâtiment et levage)**

A29

Un chantier de surface

Le chantier de l'A29 - Lot 2 concerne la réalisation de 30 km de voie autoroutière entre l'autoroute A1 et Saint-Quentin, dans des terrains essentiellement limoneux, et dont la caractéristique essentielle est l'importance des surfaces et leur traitement systématique à la chaux et au liant hydraulique : remblais, partie supérieure des terrassements (PST) et couche de forme.

Le délai global imparti pour les travaux est de 15 mois. Le mouvement des terres est basé sur la réutilisation de la totalité des déblais sans recours à des matériaux extérieurs. Des intempéries exceptionnelles ont affectées les sols fins très sensibles à l'eau perturbant le déroulement du chantier et les différentes phases de travaux : terrassements, traitements, mises en œuvre et réglages de la PST et de la couche de forme.

■ LE PROJET

Présentation

L'A29 - Lot 2 est le deuxième tronçon de la liaison autoroutière entre Amiens et Saint-Quentin.

Le chantier, long de 30 km, est situé dans les départements de la Somme et de l'Aisne. Il traverse une plaine agricole en remblais et déblais de faibles hauteurs. Il est coupé par la vallée de la Somme, en deux parties distinctes de 7 et 23 km (figure 1).

Les travaux concernent la section courante de l'autoroute, le diffuseur et les aires d'Athies, l'échangeur A29/A26 ainsi que les rétablissements de communications.

Le délai global de 15 mois inclut une période hivernale de neutralisation de 4 mois entre le 15 novembre et le 15 mars.

Caractéristiques

Le tracé recoupe quatre types de formations géotechniques : des limons de plateaux, des colluvions, des sables argileux et de la craie. Les limons de classe A1 représentent 80 % des déblais, ils sont en moyenne à l'état humide à très humide. Les colluvions sont plus argileuses, de classe A1-A2.

Les sables argileux sont principalement rencontrés dans deux déblais, ils sont de classe B2 à B6.

La craie n'est rencontrée qu'en fond de certains déblais et ne constitue qu'une partie minime des matériaux du chantier.

Les emprises du chantier s'étendent sur environ 2500 000 m² ; les surfaces de PST et de couche de forme représentent chacune 800 000 m².

L'objectif de classement de la plate-forme autoroutière est PF4. Pour cela, il est prévu :

- ◆ un traitement de la PST à la chaux et au liant routier de façon à obtenir une PST4-AR2 avec une portance de 80 MPa ;

- ◆ un traitement du limon du site à la chaux et au liant routier en centrale pour l'obtention d'une couche de forme traitée de classe mécanique 4, à mettre en œuvre en une couche de 0,35 m.

■ LA RÉALISATION

Les travaux ont démarré en septembre 1999 avec un objectif d'achèvement à la fin de l'année 2000. Les déblais ont été réalisés avec des échelons de décapeuses et de pelles 400 CV. Les matériaux ont nécessité un traitement quasi systématique à la chaux pour permettre leur mise en œuvre en remblai et préserver l'équilibre du mouvement des terres.

Partie supérieure des terrassements (PST)

La partie supérieure des terrassements constituée par le mètre supérieur des terrains en place pour les déblais et par le dernier mètre pour les remblais, est traitée sur 0,30 m à la chaux et au liant routier. Pour les remblais rasants et les zones de transition déblai-remblai, un traitement systématique à la chaux est imposé sur 0,80 m d'épaisseur.

Les limons, très humides tout au long du chantier ont présenté des teneurs en eau imposant le traitement à la chaux sur toute l'épaisseur de la

Figure 1
Plan de situation
Location





et de traitement

PST. En déblai, l'entreprise a appliqué la méthode des tiroirs pour effectuer le traitement sur 0,80 m d'épaisseur. Cependant, dans certains déblais, les très mauvaises portances du sol en place ont conduit à l'augmentation de l'épaisseur de PST traitée à 1,20 m. La méthode des tiroirs a donc été appliquée pour le traitement à la chaux sur trois couches de 0,40 m. Le traitement de la couche inférieure s'est souvent fait dans de très mauvaises conditions avec l'intervention fréquente d'un bouteur pour tracter les épandeurs de chaux.

Couche de forme

L'ensemble de la couche de forme devait être traitée en centrale à partir de trois sites de fabrication, un site à l'ouest de la Somme (Licourt), et deux sites pour les 23 km à l'est de la Somme (Athies et Attilly).

Les modifications importantes de planning liées aux intempéries rencontrées ont conduit le maître d'œuvre à prescrire le traitement en place du tronçon à l'ouest de la Somme et de l'extrémité est du chantier.

Couche de forme en centrale

La couche de forme en centrale a été réalisée avec une centrale SAE de 1 000 t/h de capacité nominale, déclassée à 800 t/h pour les limons. La centrale est constituée par :

- ◆ une cabine de commande avec système informatique de type Compumat ;
- ◆ un groupe électrogène de 450 kVA ;
- ◆ un groupe de dosage pour l'eau ;
- ◆ un doseur pondéral avec grille de protection pour l'alimentation en matériaux ;
- ◆ un doseur à pulvérulent alimenté par deux silos de 100 t ;
- ◆ un malaxeur à arbres horizontaux de 125 CV ;
- ◆ un tapis de reprise ;
- ◆ une trémie de stockage des matériaux finis.

L'approvisionnement en eau a été fait à partir d'un bassin de stockage alimenté par un forage puisant dans la nappe de la craie.

Les limons prétraités à la chaux ont été mis en stock en totalité pour être repris au chargeur. Préalablement à cette reprise, un pulvimixeur a fréquemment été mobilisé pour l'homogénéisation de la mouture mais surtout de la teneur en eau suite à des intempéries. Ce malaxage permettait de reprendre le traitement sans perdre de temps et sans jeter les matériaux humides du dessus du stock tout en réduisant les risques de colmatage



Photo 1
Compactage de la couche de forme au compacteur vibrant à pieds dameurs

Subgrade compacting with vibrating sheepfoot compactor



Photo 2
Rabotage de la couche de forme à l'autograde

Subgrade planing with autograde

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Sanef

Maître d'œuvre

Scetauroute - Setec

Laboratoire extérieur

LRPC de St Quentin

Groupement d'entreprises

- Fougerolle Ballot (mandataire)
- SGTN
- STAG

Sous-traitant assainissement

- Brunet
- SOCAFL

Ouvrages d'art (lots séparés)

- Dodin
- GTM
- Quille

Photo 3
Faible traficabilité
des sols en place

*Low trafficability
of soils in place*



Photo 4
Effondrement
d'une cavité
dans un fossé élargi

*Cave-in of a cavity
in an enlarged ditch*



LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Dégagement des emprises : 2 500 000 m²
- Décapage : 180 000 m³
- Déblai : 2 300 000 m³
- Remblai : 2 000 000 m³
- Traitement des sols : 1 700 000 m³
- PST traitée : 580 000 m³
- Couche de forme traitée (objectif PF4) : 230 000 m³
- Fourniture de chaux : 77 000 t
- Fourniture de liant routier : 61 000 t
- Enduits monocouche : 1 500 000 m²
- Drains D100 à 200 : 44 000 ml
- Fossés : 17 000 ml
- Fossés élargis : 17 000 ml



due à l'hétérogénéité des teneurs en eau. L'approvisionnement a été réalisé au semi, la mise en œuvre avec un boteur, une niveleuse équipée ATS, deux compacteurs vibrants à pieds dameurs (photo 1) et un compacteur à pneu.

Le rabotage de 2 cm a été effectué avec un auto-grade SP30 équipé DPS (photo 2).

Couche de forme en place

Elle a été réalisée côté ouest à partir de sables argileux de classe B5 et côté est à partir des limons traités à la chaux et mis en stock provisoire. Les dosages en liants et les épaisseurs de couche de forme ont été ajustés aux objectifs de plate-forme.

Les ajouts d'eau avant traitement au liant en période estivale ont été faits à l'aide d'une arroseuse spécialement équipée d'un débitmètre et d'une rampe de 8 m de large avec huit queues de carpe et permettant l'humidification régulière et homogène sur la largeur de la demi-section autoroutière.

■ LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Intempéries

Pendant toute la durée du chantier la pluviométrie a été exceptionnelle, perturbant une grande partie des zones de travaux à chaque stade de réalisation : le régalaage des matériaux, le préréglage, le traitement à la chaux, le traitement au liant, les réglages fins, le compactage final ou les enduits de protection.

La faible traficabilité des plates-formes (photo 3) a nécessité l'utilisation d'engins de transport à pression au sol réduite.

La maîtrise des teneurs en eau, primordiale pour le traitement des sols fins au liant afin de garantir les conditions de mise en œuvre optimales, les compacités et les résistances spécifiées, a été un souci constant des équipes de travaux guidées par le contrôle interne mis en place.

Engins de guerre

Le site de travaux était susceptible de contenir des engins non explosés datant des deux dernières guerres mondiales. Afin de prévenir les risques d'explosions, l'entreprise a notamment mis en œuvre deux mesures préventives : Le blindage des cloches de pulvimixeur et la scarification systématique des zones suspectées de présenter une forte densité d'engins explosifs.

Ces mesures ont été parfaitement justifiées à posteriori ; ce sont en effet 121 obus, grenades ou mortiers qui ont été découverts et qui ont nécessité 46 interruptions de chantier pour l'intervention des services de déminage.

Cavités

De la même façon, le site des travaux était susceptible de présenter des cavités souterraines d'origines variées : anciennes carrières, sapes ou tranchées militaires, cavités naturelles... Celles-ci ont principalement été découvertes lors d'affaissements ou d'éboulements de terrain suite à des intempéries (photo 4).

En dehors des zones de terrassements de déblais, ce sont trente cavités, essentiellement des carrières, qui ont dû faire l'objet d'un traitement particulier. La technique appliquée a pu être une solution terrassement : purge des matériaux foisonnés, remblai en limons du site, traités ou pas, selon la localisation par rapport aux voies autoroutières et compactage avec des moyens traditionnels ou à l'aide d'engins téléguidés.

CONCLUSION

Le chantier de l'A29 a été réalisé dans des délais courts qu'imposait une date de mise en service, malgré les difficultés importantes décrites ci-dessus.

Les objectifs de délai et de qualité n'ont pu être tenus que grâce à une réactivité rapide du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et de l'entreprise, aux événements qui intervenaient et qui nécessitaient une modification des dispositions retenues au marché.

ABSTRACT

A29 – A surface treatment project

P. Chardard

Lot 2 of the works on France's A29 motorway involves the construction of 30 km of motorway between the A1 and Saint-Quentin, in basically loamy soils characterised mainly by extensive surfaces and their systematic treatment with lime and hydraulic binder : fill, excavation surface and subgrade.

The scheduled works completion time is 15 months. Earthmoving operations are based on the reuse of all cuttings with no recourse to outside materials. Exceptionally bad weather conditions had an adverse impact on highly water-sensitive fine soils, disrupting the different project phases : earthworks, treatment, applied layers, following excavated-surface and subgrade adjustments.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A29 – Obras de superficie y de tratamiento

P. Chardard

Las obras de la autopista A29 - Lote 2 corresponde a la ejecución de 30 km de vías en régimen de autopista, entre la autopista A1 y Saint Quentin, en terrenos principalmente cenagosos, y cuya característica primordial se deriva de la importancia de las superficies y su tratamiento sistemático mediante cal y aglomerante hidráulico : terraplenes, PST y capa de coronación de terraplén. El plazo global impartido para las obras es de 15 meses. Los movimientos de tierras se fundan en la reutilización de la totalidad de los desmontes sin tener que recurrir a materiales exteriores. Se han producido intemperies excepcionales que han afectado los suelos finos sumamente sensibles al agua, que han venido a perturbar el desarrollo de las obras y las diversas fases de trabajos : movimientos de tierras, tratamientos, implementaciones y reglajes de la PST y de la capa de coronación del terraplén.

A77

100 kilomètres de

Dans le souci constant d'une optimisation technico-économique du projet et d'un meilleur respect de l'environnement, le maître d'ouvrage SAPRR et son maître d'œuvre Scetauroute ont exploité au maximum toutes les techniques de réutilisation et de valorisation des sols rencontrés dans les déblais, notamment pour la réalisation de la plate-forme de classe mécanique élevée support des chaussées sur la totalité du linéaire de l'autoroute A77 entre Dordives et Cosne-sur-Loire.

■ PRÉSENTATION DU PROJET

L'autoroute A77 établit une liaison autoroutière entre l'autoroute A6 au sud de Nemours et la route nationale RN7 à l'est de Cosne-sur-Loire, l'élargissement à deux fois deux voies de la RN7 étant en cours de réalisation jusqu'à Nevers sous la maîtrise d'ouvrage de l'Etat. Cette nouvelle autoroute relie les régions Île de France, Centre, Bourgogne et au-delà Auvergne. Elle offre également un itinéraire alternatif vers le sud de la France.

Le tronçon concerné de l'autoroute A77, d'une longueur de 96 km, prend son origine sur la commune de Souppes-sur-Loing dans le département de Seine-et-Marne, traverse le département du Loiret en passant à l'ouest de Montargis et aboutit à proximité de l'agglomération de Cosne-sur-Loire dans le département de la Nièvre (figure 1).

Le contexte géologique général du projet s'inscrit dans celui du Bassin parisien. Le tracé recoupe successivement les formations calcaires du plateau du Gâtinais, puis les formations sableuses des confins de la Sologne, enfin les formations sableuses et argileuses des coteaux de la Puisaye. La majeure partie des sols concernés par les terrassements sont des matériaux fins et sensibles à l'eau. Pour l'ensemble du projet (section courante et ouvrages annexes), le mouvement des terres représente pour la section courante, un volume total des déblais de près de 11 Mm³ et un volume total des besoins de 8 Mm³, dont 2 Mm³ pour les parties supérieures de terrassement et les couches de forme de la section courante.

La construction du tronçon autoroutier a démarré au début de l'année 1997 par des travaux préparatoires suivis – de l'été 1997 à l'automne 1998 – des terrassements en grande masse et de la réalisation des ouvrages d'art courants. Les travaux propres aux chaussées, aux bâtiments et aux équipements se sont enchaînés ensuite de l'automne 1998 au printemps 2000. La mise en service de la nouvelle liaison est intervenue en deux temps, le 17 novembre 1999 pour une première section

de 63 km entre Souppes-sur-Loing et Briare et le 19 juin 2000 pour la deuxième section de 33 km entre Briare et Cosne-sur-Loire.

Le présent article décrit la démarche suivie par la SAPRR assistée de Scetauroute dans le processus d'optimisation des arases de terrassement et des couches de forme en section courante, les méthodes d'exécution mises en œuvre et les performances obtenues.

■ INTRODUCTION

Avec comme objectifs permanents l'optimisation technico-économique du projet et le respect de l'environnement, le maître d'ouvrage SAPRR et son maître d'œuvre Scetauroute ont, pour l'autoroute A77, porté tous leurs efforts sur la réutilisation et la valorisation maximales des sols présents dans les déblais.

C'est ainsi que tous les matériaux rencontrés le long du tracé ont été inventoriés, classés et étudiés pour définir les meilleures conditions de valorisation par traitement à la chaux et aux liants routiers en vue de leur réutilisation en couche d'arase de terrassement et en couche de forme. Les résultats de ces études ont permis de fixer comme objectif en section courante d'autoroute une plate-forme support des chaussées de classe PF4 sur une couche d'arase de classe AR2.

Cette plate-forme très performante en portance, associée à de sévères tolérances de nivellement, a permis d'optimiser la structure tout bitume des chaussées et d'obtenir un gain économique important sur la construction de l'autoroute. En effet, les chaussées ont été mises en œuvre avec une épaisseur totale de 19,5 cm pour un trafic de classe t₁ +, décomposée en une couche de fondation de 9 cm (GB), une couche de base de 8 cm (GB) et une couche de roulement de 2,5 cm (BBTM), sans couche de liaison.

La région étant pauvre en matériaux nobles et graveleux (l'utilisation des matériaux de la Loire étant

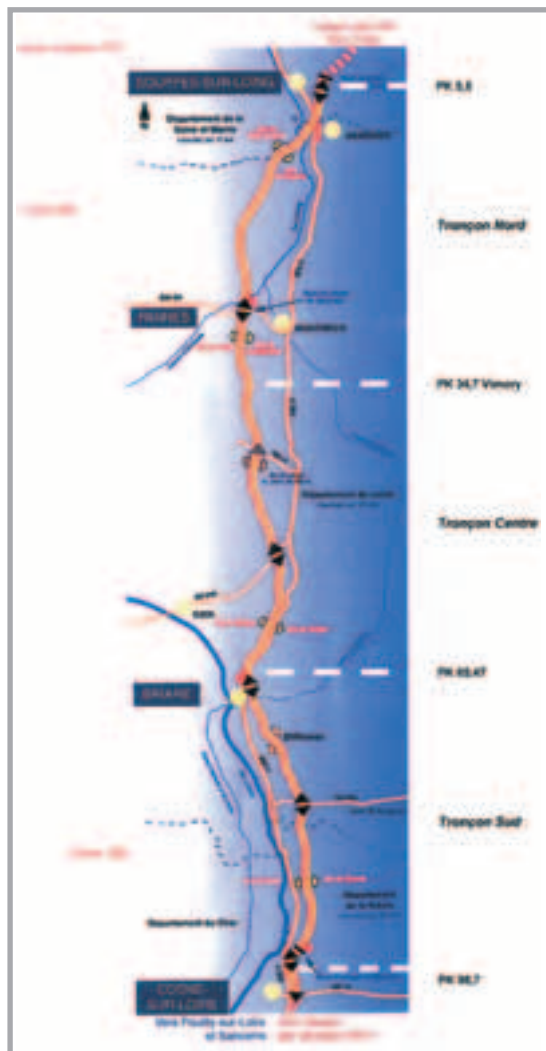


Tableau I
Quantités à réaliser
en terrassement (m³)
Quantities to be used
in embankments,
in cubic metres

Figure 1
Plan de situation
Location

	Nord	Centre	Sud	Total
Déblais	3 720 000	3 590 000	3 200 000	10 510 000
Mises en dépôt	730 000	1 515 000	800 000	3 045 000
Remblais	1 400 000	1 500 000	3 100 000	6 000 000
Arases	345 000	369 000	331 000	1 045 000
Couches de forme	210 000	350 000	320 000	880 000

plate-forme PF4

proscrit), le maître d'ouvrage a donc orienté les études vers la valorisation des matériaux du site par traitement à la chaux et aux liants routiers permettant :

- ◆ d'avoir un recours minimal aux matériaux d'apport extérieur pour la réalisation des terrassements ;
- ◆ d'obtenir des mouvements des terres optimisant la réutilisation localisée des matériaux du site ;
- ◆ de minimiser par conséquent les mises en dépôt définitif de matériaux.

L'allotissement des marchés de terrassements généraux, tenant compte des mouvements des terres et des configurations possibles de couches de forme et d'arases terrassement, est le suivant :

- ◆ tronçon nord de Souppes-sur-Loing à Vimory (PK 6 à 35) soit 29 km ;
- ◆ tronçon centre de Vimory à Briare (PK 35 à 66) soit 31 km ;
- ◆ tronçon sud de Briare à Cosne-sur-Loire (PK 66 à 99) soit 33 km.

Le plan de situation de la figure 1 permet de localiser ces trois tronçons.

Les volumes à déplacer et à mettre en œuvre, donnés dans le tableau I mettent en évidence l'importance de ces travaux.

■ LES TRAVAUX

Reconnaitances des matériaux disponibles

Les reconnaissances géologiques et géotechniques du tracé et des emprunts ont été réalisées par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Blois, ainsi que par la société Setec Géotechnique. Parmi tous les sols rencontrés dans les déblais, certains ont retenu l'attention des projeteurs parce qu'avec un traitement approprié, ils pouvaient sans doute être utilisés en couche d'arase et en couche de forme. Ce sont en particulier :

- ◆ le tronçon nord :
 - un calcaire rocheux (calcaire de Champigny) au niveau de Château Landon au nord du tronçon, classé R2 selon le GTR,
 - des argiles graveleuses (argiles à Chailles) classées A3/C1 selon le GTR, en quantité importante et pouvant être criblées après traitement à la chaux à une maille de 20 mm,
 - des argiles marneuses et des calcaires marneux susceptibles d'être utilisables après un traitement à la chaux ou aux liants ;
- ◆ le tronçon centre :

- des sables argileux B5/B6 plus ou moins graveleux et des calcaires marneux utilisables après un traitement à la chaux et aux liants routiers,
- des sables B5/B6 plus ou moins graveleux, reconnus au niveau d'une carrière contiguë à l'auto-route, retenue en raison de sa position intéressante vis-à-vis des transports et de la configuration du chantier plutôt qu'en fonction de la qualité de ses sables, plutôt moyenne ;

- ◆ le tronçon sud :

- les matériaux du site sont principalement des sables plus ou moins argileux B5/B6 et des sables B1/B2 homométriques, des argiles ou limons à chailles (silex), des marnes et des craies plus moins argileuses, tous ces matériaux pouvant être valorisés par traitement.

Le complexe arase - couche de forme

Classes des plates-formes supérieures des terrassements

Objectif

Compte tenu de délais de réalisation courts, de mouvements importants de matériaux sur de longues distances, le choix de la qualité des arases et par conséquent de la portance, dépendait des facteurs suivants :

- ◆ de la définition de la couche de forme de niveau PF4 tel que décrit dans le *Manuel de conception des chaussées* de Scetauroute participant à la structure de chaussée, de ses performances demandées, et de la protection au gel ;
 - ◆ de la stratégie de conduite du chantier, principalement en matière de trafic de chantier circulant sur la plate-forme qui impose une portance minimale ;
 - ◆ de la nature des matériaux, des volumes et des gisements disponibles.
- Ces exigences ont conduit à retenir comme objectif commun une plate-forme PST 4 de classe AR2 tel que défini dans le GTR en valorisant les matériaux du site au liant ou par traitement mixte chaux - liant.

Comment atteindre cet objectif ?

En déblai

Pour atteindre cet objectif, tous les supports de plate-forme rencontrés à l'état naturel ont été étudiés et classés en fonction de la nature des matériaux, de leur sensibilité à l'eau, de la présence ou non d'une nappe, de la portance etc., confor-

- mément au GTR. Dans le cas présent, cinq classes de plate-forme ont été identifiées pour lesquelles des dispositions techniques d'amélioration de la portance ont été définies de la façon suivante :
- ◆ zone de PST 0 : décaissement sur environ 0,80 m d'épaisseur puis remblaiement avec matériaux graveleux drainant sur 0,50 m et une couche d'environ 0,30 m d'épaisseur traitée aux liants routiers ;
 - ◆ zone de PST 1 : substitution et remblaiement en matériaux traités sur 0,50 m à 0,60 m d'épaisseur en deux couches ;
 - ◆ zone de PST 2 : décaissement sur 0,35 m d'épaisseur, traitement en place du fond de forme, remblaiement en matériaux traités ;
 - ◆ zone de PST 3 : traitement au liant sur 0,35 m d'épaisseur précédé éventuellement d'un traitement à la chaux ;
 - ◆ zone de PST 6 : seul le réglage justifie l'apport d'une couche d'arase minimale de 0,15 à 0,20 m d'épaisseur.

Tronçon	Nord	Centre	Sud
Nature des matériaux	Argile marneuse Calcaire marneux Chailles criblées 0/20 Concassé calcaire 0/40	Sable B5 - B6	Sable B5 - B6 ou Sable B1 - B2 + 25% de 0/60 (chailles criblées)
Dosage en chaux	1 % à l'exception du 0/40	Exceptionnellement 1% (sable de La Bussière)	0 ou 1%
Type de liant	Roc AS (Cedest)	Rolac 645 (Lafarge)	Ligex 2R ou FPL1 (Calcia)
Dosage en liant	3 % sur le 0/40 calcaire 4 % pour les autres matériaux	2 % traitement en centrale ou 3 % traitement en place	3,5 % sans CAO 3 % si 1 % CAO
Épaisseurs d'arase AR2	35 cm	30 cm	35 cm

Tableau II
Nature et épaisseurs des couches d'arase
Type and thickness of levelling courses

Dans les zones en profil rasant

Une substitution est effectuée pour obtenir en tout point de la plate-forme une épaisseur minimale de 0,80 m de matériaux rendus insensibles à l'eau par traitement, la couche supérieure étant traitée au liant (arase).

En remblai

En général, il a été retenu le principe d'un couronnement en matériau traité aux liants sur 0,25 à 0,35 m d'épaisseur surmontant un matériau rendu, si nécessaire, insensible à l'eau par traitement sur 0,60 m à 0,80 m d'épaisseur.

Performances demandées

Dans la partie supérieure des terrassements, la dernière couche appelée couche d'arase doit être traitée au liant pour être considérée comme non gélive (classe AR2) et assurer une bonne transition entre les terrassements et la couche de forme. Pour une plate-forme de classe AR2, il est demandé une déflexion inférieure à 100/100^e. Dans le cas de ce chantier, pour lequel il était prévu une

circulation lourde sur la couche d'arase, des performances plus contraignantes de 80/100^e et 50/100^e selon l'importance du trafic de chantier ont été spécifiées.

Classe des couches de forme

La couche de forme a également été prévue avec les matériaux du site valorisés par traitement au liant. Une étude technico-économique tenant compte des trafics prévisibles de classe T₁ + et de plusieurs structures de chaussée, dimensionnées selon le *Manuel de conception des chaussées d'autoroute* de Scetauroute, a conduit à fixer pour objectif une couche de forme de très bonne portance et à retenir la classe PF4, pour laquelle les déflexions caractéristiques doivent être inférieures à 20/100^e.

Les études de traitement

Arases

La couche d'arase de classe AR2, qui supporte la couche de forme, doit être insensible à l'eau et non gélive. Les études de traitement avaient donc pour objectif de définir les modalités de traitement, les dosages à retenir et l'épaisseur de cette couche. Après un inventaire des matériaux du site, une sélection a été effectuée sur laquelle des essais de traitement et de gélivité ont été entrepris.

Les conclusions de ces études, à savoir la nature des matériaux retenus, le type de traitement, les dosages et les épaisseurs d'arase sont données dans le tableau II, en considérant que le traitement est effectué le plus souvent en place au pulvimixeur.

Remarques :

- ◆ les sols retenus comme matériau d'arase ont été choisis en fonction des résultats des études pour les performances atteintes, ainsi qu'en fonction de leur disponibilité le long du tracé afin de minimiser les distances de transport ;
- ◆ le traitement à la chaux a été validé ou non au cas par cas en fonction de l'humidité et de l'argilosité des sols rencontrés.

Couches de forme

Les couches de forme sont des matériaux valorisés par traitement aux liants routiers en centrale sur l'ensemble du linéaire. Les matériaux retenus pour les couches de forme ont été choisis non seulement en fonction de leurs performances mécaniques, mais également des transports générés par l'emplacement des gisements et des centrales jusqu'aux lieux de mise en œuvre.

La stratégie de ces chantiers était donc la suivante :

- ◆ au nord, les calcaires lacustres dits de "Château Landon" issus du déblai D112 (PK 11) et de son extension, ont été utilisés comme matière première de la couche de forme, ils ont été concassés sur

le site pour produire un matériau graveleux 0/40 puis traités au liant, l'aire de concassage et de traitement était située à proximité immédiate du gisement ;

◆ au centre, les matériaux utilisés en couche de forme sont des sables plus ou moins graveleux B5/B6 provenant de la carrière des Grandes Pièces à La Bussière (PK 57), autorisée au nom de la SAPRR, ces sables devaient être au préalable traités à la chaux et criblés à 35 mm, avant d'être traités au liant en centrale, l'aire de criblage et de traitement était placée sur le site de la carrière ;

◆ au sud, ce sont des sables argileux B5/B6 provenant essentiellement du déblai de la Cognardière (PK 68) dans la partie nord du tronçon qui ont été utilisés en couche de forme et dans la partie sud, des sables homométriques B1/B2 provenant du déblai des Champs Marchais (PK 92), avec ajout d'un correcteur 0/60 pour ces derniers (35 % prévu à l'étude).

Les classes des matériaux traités, obtenues au cours des études de traitement, ont permis de fixer les épaisseurs de couche de forme sur chaque tronçon (tableau III), le traitement étant effectué exclusivement en centrale.

La structure des chaussées

Le choix de la structure des chaussées a été arrêté à l'issue d'une étude technico-économique qui a permis de s'orienter vers une structure en grave bitume.

Compte tenu de l'excellente qualité du support, arase et couche de forme, la structure retenue a été la suivante :

- ◆ couche de fondation : 9,0 cm de grave bitume ;
- ◆ couche de base : 8,0 cm de grave bitume ;
- ◆ couche de roulement : 2,5 cm de béton bitumineux très mince, soit 19,5 cm d'épaisseur totale de chaussée.

L'absence de couche d'enrobé de liaison diminue les possibilités de rattrapage des défauts d'uni. Il fallait donc être plus exigeant sur l'uni de la couche de forme. Les tolérances de nivellement de la surface de la couche de forme ont donc été fixées à $\pm 1,5$ cm.

LES TRAVAUX

Les conclusions des études ont permis de mentionner dans les CCTP des marchés de travaux des prescriptions précises.

Les entreprises titulaires des travaux – Guintoli pour les tronçons nord et centre ; DTP pour le tronçon sud –, ont eu pour tâche de réaliser des reconnaissances et des études complémentaires avant le démarrage des travaux, afin de valider les études antérieures.

Origine	Calcaire de Château Landon	Les "Grandes Pièces" à La Bussière	Sable B5 – B6 au Nord et Sable B1-B2 au sud +35% de 0/60
Dosage en chaux		1%	1%
Type de liant	Roc AS	Rolac 645	Ligex 2R ou FPL1
Dosage en liant	4%	5%	5%
Classe dans le diagramme R/E	2	3	4
Épaisseurs de couche de forme PF4	25 cm	30 cm	35 cm

Tableau III
Nature et épaisseurs des couches de forme

Type and thickness of subgrade courses



Photo 1
Traitement à la chaux au déblai avec un pulvimixeur

Lime treatment during cuttings with pulvimixer

Modalités de mise en œuvre et contrôles

L'objectif étant d'obtenir une plate-forme PST 4 - AR2 au niveau de l'arase et une couche de forme de classe PF4, il a été nécessaire au préalable de bien s'assurer par des planches d'essai de l'adéquation des moyens mis en œuvre.

Les planches d'essai de mise en œuvre d'arase et de couche de forme ont permis :

- ◆ de préciser le choix du liant et du dosage ;
- ◆ de définir les moyens à mettre en œuvre ;
- ◆ de définir les modalités de compactage et l'objectif Q/S à atteindre ;
- ◆ de vérifier que les performances exigées au CCTP pouvaient être atteintes.

Les planches d'essai ont donc abouti à la définition d'un mode opératoire des travaux à réaliser et d'un programme de contrôle en cours des travaux. Pour les arases (photo 1), l'ensemble des opérations de mise en œuvre et de contrôle est résumé dans le tableau IV.

Pour les couches de forme (photos 2 à 4), le principe des opérations de mise en œuvre et de contrôle est résumé dans le tableau V.

Problèmes rencontrés et adaptations du projet

Les aménagements du projet ont été minimes, ils ont consisté en :

- ◆ l'adaptation des épaisseurs des couches d'arase sur le tronçon nord, les planches d'essai ayant montré que l'épaisseur de 35 cm était surabondante, cette épaisseur a donc été ramenée à 25 cm en moyenne ;
- ◆ des modifications de formulation de la couche de forme du tronçon sud après planches d'essai ;

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

S.A.P.R.R. (Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône) - Direction de la Construction - Lyon

Maitre d'œuvre

Scetauroute - Direction de Projet A77 - Montargis-Amilly

Entreprises

- Pour le tronçon nord Souppes-sur-Loing/Vimory **groupement** : Guintoli/Dalla Vera/Colas Centre Ouest - Marcel Meunier

- Pour le tronçon centre Vimory/Briare **groupement** : Guintoli/Demathieu & Bard/Colas Centre Ouest - Marcel Meunier

- Pour le tronçon sud Briare/Cosnes-sur-Loire **groupement** : DTP Terrassements/GTM Construction/Screg Grands Travaux

Phase	Principe de mise en œuvre	Plan de contrôle
Réception du support		Réception en nivellement (± 5 cm) et en portance à la plaque (EV2 > 60 MPa)
Approvisionnement de la couche d'arase	Approvisionnement du matériau d'arase selon l'épaisseur désirée, pré chaulé si nécessaire	Préréglage en topo
Traitement à la chaux si nécessaire à l'emprunt ou au déblai	Epanchage de 1% de CaO et malaxage	Bâches pour contrôle du dosage en CaO.
Fermeture	2 à 3 passes de compacteur vibrant V5	Contrôle nivellement et ajustement à la niveleuse si nécessaire
Humidification	Après contrôle de la teneur en eau dans le matériau chaulé, ajustement hydrique pour se caler à W OPN+1	Contrôle de la teneur en eau en place.
Traitement au liant	Epanchage en 2 passes et malaxage au pulvimixeur	Contrôle de la teneur en eau en place Contrôle du dosage à la bêche Contrôle visuel de la mouture
Pré Compactage	Atelier de 2 compacteurs V5 + P2 4 passes au Nord 6 passes au Centre 6 passes au Sud	
Réglage fin	Recoupe obtenue à la niveleuse asservie laser.	Réception en nivellement
Fin de compactage	Compacteurs vibrants V5 4 passes au Nord 2 passes de lisse au Centre 2 passes au Sud	Q/S réalisé et comparaison avec Q/S objectif Déflexions [à 14j].
Réception de l'arase		Réception en nivellement (± 2 cm) Densités (>96% de l'OPN) pour chaque lot journalier Densités (>96% de l'OPN) pour chaque lot journalier Déflexions à la poutre Benkelman (50, 80 ou 100/100mm selon les cas)
Protection	Enduit gravillonné sur les parties circulées et enduit sablé sur le reste en fin de journée	Teneurs en émulsion et gravillon 1/semaine

Tableau IV
Mode opératoire et plan de contrôle des arases
Levelling course operating procedure and verification plan

Photo 2
Vue d'ensemble de l'aire de fabrication de la couche de forme sur le site des Grandes Pièces à La Bussière. Les stations de criblage sont au premier plan
Overall view of subgrade production area on Grandes Pièces site at La Bussière. Screening stations in foreground



les dosages en liant ont été réduits respectivement à 4,9 % et 4,4 %;

◆ le pourcentage de correcteur 0/60 a été porté à 45 % dans les sables homométriques de la couche de forme de la section sud.

Les tolérances de nivellement sur la couche de forme, fixées à $\pm 1,5$ cm ont été, en début de chantier, assez difficiles à obtenir. Il a fallu environ un mois de réglage de l'atelier de mise en œuvre avant de parvenir à atteindre cet objectif.

Les performances obtenues

Sur les arases

Des déflexions inférieures à 100/100^e, 80/100^e et 50/100^e de millimètre étaient demandées en fonction du niveau de circulation prévu sur l'arase. Ces performances ont été partout atteintes, les résultats correspondants étant respectivement :

- ◆ lot nord : inférieures à 50/100^e de millimètre ;
- ◆ lot centre : inférieures à 80/100^e ou 100/100^e de millimètre selon les zones ;
- ◆ lot sud : de l'ordre de 20 à 50/100^e de millimètre.

Sur les couches de forme

Conformément aux études, les performances des couches de forme doivent permettre de classer la plate-forme en PF4. Il était donc nécessaire d'obtenir :

- ◆ une déflexion inférieure à 20/100^e de millimètre ;
- ◆ un matériau après traitement classé 2 pour le tronçon nord, 3 pour le tronçon centre et 4 pour le tronçon sud dans le diagramme Rt/E.

Lot nord

Les résultats des essais obtenus sur les carottes prélevées sur la couche de forme permettent leur positionnement sur le diagramme d'iso qualité élastique.

Photo 3

Vue d'ensemble d'un atelier de mise en œuvre de la couche de forme sur le tronçon centre. Afin d'éviter le feuilleteage de surface, le compactage a dû être effectué au compacteur vibrant à pieds dameurs

Overall view of subgrade preparation plant on centre section. To prevent surface flaking, compacting was carried out with the vibrating sheep's foot compactor



La classe 2 est atteinte pour 90 % des valeurs. Compte tenu du caractère pénalisant des essais *in situ* (effets de parois sur génératrice, carottage en Φ 100), ces résultats confirment le classement de la couche de forme en PF4 (figure 2).

Les déflexions caractéristiques par lot de 500 ml, mesurées à 14 jours à l'aide d'un curvimètre, évoluent entre 8 et 20/100^e et attestent également d'une excellente PF4.

Lot centre

La classe mécanique 3 du graphique (Rt, E) – exigence du marché –, a été obtenue à 90 jours sur éprouvettes cylindriques 5 x 5, moulées en laboratoire et sur éprouvette 10 x 10 cm taillées dans les carottes (figure 3).

La couche de forme a été classée PF4 (95 % des mesures de déflexions inférieures à 20/100^e de millimètre par section unitaire de 500 ml).

Lot sud

Les déflexions sont en moyenne comprises entre 3/100^e et 6/100^e de millimètre avec un écart type de 2/100^e à 5/100^e de millimètre.

Les écrasements réalisés sur carottages dans la partie nord de ce tronçon donnent des résultats permettant de classer les matériaux de couche de forme en zone 3 - limite zone 2 du graphe Rt/E. Au sud les résultats se situent en limite zone 3 - zone 4 (figure 4).

Ils sont donc conformes dans les deux cas aux performances demandées et confirment par conséquent la classe PF4 pour la couche de forme.

CONCLUSION

Grâce à l'étude poussée de la valorisation par traitement à la chaux et aux liants routiers des matériaux rencontrés sur le tracé du projet, le maître d'ouvrage SAPRR a pu définir un complexe arase - couche de forme très performant, conforme à l'objectif visé AR2/PF4. Les modalités d'exécution pour arriver à cette fin ont été élaborées avec précision dans le cadre des marchés de travaux en étroite concertation entre le maître d'œuvre Scetauroute et les entreprises chargées de leur mise en œuvre. La réalisation des travaux s'est déroulée sans surprise majeure et peu d'adaptations du projet ont dû être engagées. La phase de conception amont s'est donc révélée être bien ajustée, tant pour le respect de l'objectif final à atteindre que pour la façon d'y parvenir.

Les arases et couches de forme ont donc pu être intégralement réalisées avec les matériaux des déblais ou d'emprunts contigus au tracé, sans apport extérieur en satisfaisant ainsi aux contraintes environnementales (gestion des matériaux locaux, incidence des transports...), et en réduisant de façon considérable les dépôts définitifs.



Photo 4
Découpe à l'autograde de la couche de forme. Les matériaux rabotés sont récupérés pour être réutilisés sur le TPC
Subgrade cutting with autograder. Planed materials are recovered for reuse on median

Phase	Principe de mise en œuvre	Plan de contrôle
Traitement à la chaux au déblai ou à l'emprunt si nécessaire	Epandage de 1% de CaO et malaxage au pulvimixeur	Bâches pour contrôle du dosage en CaO
Traitement au liant en centrale	1 centrales 1000 t/h tronçon Nord 2 centrales 500 et 800 t/h tronçon Centre 2 centrales 1000 t/h et une troisième de 800 t/h tronçon Sud	Etalonnage et réglage des centrales Réception des centrales Réglages
Approvisionnement et réglage du matériau	Approvisionnement par semis Réglage par bull ou grader Prérégulation à la niveleuse	Teneurs en eau, respect du délai de maniabilité (5 à 8h au maximum selon la température).
Compactage	Atelier de 2 compacteurs V5 ou compacteurs vibrants à pieds dameurs VP5 + P2 6 passes de V5 au Nord 8 passes de VP5* au Centre = 10 passes P2 8 passes au Sud + 10 passes P2	Un essai proctor par semaine Q/S et densités (98% OPN) pour chaque lot journalier
Découpe	Découpe à l'autograde guidé au laser	
Cure gravillonnée	Elle est réalisée en fin de journée après recomptage au cylindre lisse ou au compacteur à pneus et arrosage du support pour fixer les fines	Teneurs en émulsion et gravillon 1/semaine.
Réception de la CDF		Carottages – Mesures de RTb et E Vérification de la classe du matériau dans le diagramme RT/E Mesure des déflexions à la poutre Benkelman ou au curvimètre (>20/100e mm). Nivellement \pm 1,5 cm

* L'utilisation de compacteurs type pieds dameurs s'est avérée nécessaire suite aux planches d'essai

Tableau V
Mode opératoire et plan de contrôle des couches de forme

Subgrade operating procedure and verification plan

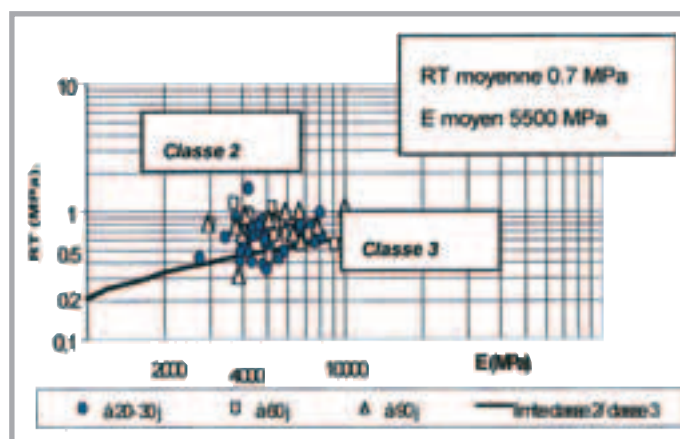


Figure 2
Tronçon nord - Classe des matériaux de couche de forme

North section - Subgrade material class

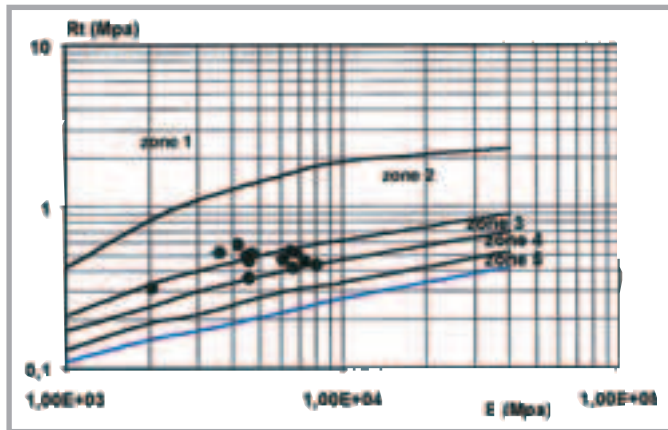


Figure 3
Tronçon centre - Classe des matériaux de couche de forme
Centre section - Subgrade material class

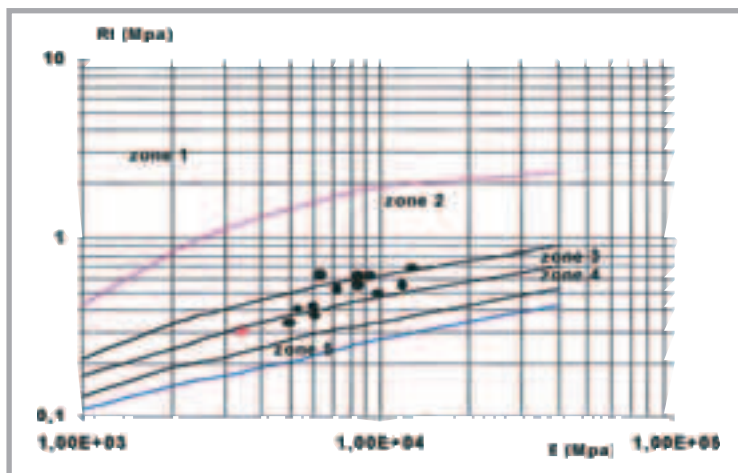


Figure 4
Tronçon sud - Classe des matériaux de couche de forme
South section - Subgrade material class

► Le choix du traitement des matériaux du tracé en tant que solution technique a eu une incidence économique notable sur le coût du projet, en évitant de recourir à des fournitures extérieures pour les couches concernées, mais aussi et surtout par rapport au gain obtenu sur la structure des chaussées du fait des performances mécaniques élevées de la plate-forme.

Le succès de cette opération a reposé non seulement sur une bonne anticipation au niveau de la conception du projet de la part de SAPRR et de Scetauroute, mais également sur un contrôle particulièrement soigné tout au long de la phase de réalisation, tant de la part des entrepreneurs que des opérations de contrôle extérieur.

ABSTRACT

100 km of PF4-type roadbed on A77 motorway

J.-Ph. Ehrhardt, J.-P. Maurice, J. Vautrain

To optimise the project both technically and economically while complying with environmental requirements, motorway operator SAPRR and its contracting agency Scetauroute made maximum use of all techniques allowing the reuse and improvement of soils found in the cuttings, in particular for the roadbed which falls within a high mechanical class supporting the pavements over the entire length of the A77 motorway between Dordives and Cosne-sur-Loire.

RESUMEN ESPAÑOL

100 km de plataforma PF4 en la autopista A77

J.- Ph. Ehrhardt, J.-P. Maurice, y J. Vautrain

Con el afán constante de una optimización técnica y económica del proyecto y de un mayor respeto del medio ambiente, la entidad contratante SAPRR y su director técnico Scetauroute han aprovechado de la forma más completa posible todos los procedimientos de reemplazo y de valorización de los suelos con que se ha tropezado en los desmontes, y fundamentalmente, para la ejecución de la plataforma de elevada categoría mecánica, que constituye el soporte de los pavimentos en la totalidad de la distancia desarrollada por la autopista A77, entre Dordives y Cosne-sur-Loire.

Le franchissement de la vallée de Saint-Loup par l'autoroute A77 : un remblai exceptionnel

A proximité de l'agglomération de Cosne-sur-Loire dans le département de la Nièvre, l'autoroute A77 franchit la vallée encaissée de Saint-Loup grâce à la réalisation audacieuse d'un remblai de grande hauteur assis et ancré sur des sols de qualité médiocre, réalisation décidée à l'issue d'une étude comparative multicritère avec une solution de franchissement par un viaduc.

■ PRÉSENTATION DU PROJET

L'autoroute A77 établit une liaison autoroutière entre l'autoroute A6 au sud de Nemours et la route nationale RN7 à l'est de Cosne-sur-Loire, l'élargissement à deux fois deux voies de la RN7 étant en cours de réalisation jusqu'à Nevers sous la maîtrise d'ouvrage de l'Etat. Cette nouvelle autoroute relie les régions Île de France, Centre, Bourgogne et au-delà Auvergne. Elle offre également un itinéraire alternatif vers le sud de la France.

Le tronçon concerné de l'autoroute A77, d'une longueur de 96 km, prend son origine sur la commune de Souppes-sur-Loing dans le département de Seine-et-Marne, traverse le département du Loiret en passant à l'ouest de Montargis et aboutit à proximité de l'agglomération de Cosne-sur-Loire dans le département de la Nièvre (figure 1).

Le contexte géologique général du projet s'inscrit dans celui du bassin parisien. Le tracé recoupe successivement les formations calcaires du plateau du Gâtinais, puis les formations sableuses des confins de la Sologne, enfin les formations sableuses et argileuses des coteaux de la Puisaye. La majeure partie des sols concernés par les terrassements sont des matériaux fins et sensibles à l'eau. Pour l'ensemble du projet (section courante et ouvrages annexes), le mouvement des terres représente un volume total des déblais de plus 12 Mm³ et un volume total des besoins de près de 11 Mm³, y compris arases et couches de forme.

La construction du tronçon autoroutier a démarré au début de l'année 1997 par des travaux préparatoires, suivis de l'été 1997 à l'automne 1998 des terrassements en grande masse et de la réalisation des ouvrages d'art courants. Les travaux propres aux chaussées, aux bâtiments et aux équipements se sont enchaînés ensuite de l'automne 1998 au printemps 2000. La mise en service de la nouvelle liaison est intervenue en deux temps, le 17 novembre 1999 pour une première section de 63 km de longueur entre Souppes-sur-Loing et Briare et le 19 juin 2000 pour la deuxième section

de 33 km de longueur entre Briare et Cosne-sur-Loire.

Le présent article décrit la réalisation, de la réflexion initiale à la construction, du haut remblai qui permet à l'autoroute de franchir la vallée de Saint-Loup à l'est du village de Myennes, situé à proximité de Cosne-sur-Loire.

■ SITUATION DE L'OUVRAGE

Le franchissement de la vallée de Saint-Loup s'inscrit dans la dernière section du tracé entre Briare et Cosne-sur-Loire. Sur cette partie, l'autoroute A77 longe la vallée de la Loire au travers des collines de la Puisaye, dont le relief vallonné s'accroît en allant vers le sud (figure 1).

A environ 3 km de son raccordement à la déviation de la RN7 de Cosne-sur-Loire, le tracé croise la vallée de Saint-Loup, avec un biais de l'ordre de 60 gr, en passant à l'est du village de Myennes dont les premières habitations sont distantes d'environ 200 m.

La vallée se caractérise par un profil relativement encaissé, avec une profondeur de près de 45 m et une largeur en fond d'une centaine de mètres. Outre le ruisseau de Saint-Loup, le fond est occupé par des prairies. Le versant nord présente le dénivelé le plus important avec une pente moyenne d'environ 10 %. Il est recouvert de prairies cloisonnées et dans sa partie inférieure, il est entaillé par la route départementale RD955. Avec une pente moyenne de l'ordre de 15 %, le versant sud entièrement boisé, est plus abrupt. Les deux flancs du vallon sont constitués de différentes couches d'argiles sur une épaisseur importante.

Surplombant la vallée d'une vingtaine de mètres, le franchissement autoroutier correspond à un point bas du profil en long avec un angle rentrant de 10 000 m de rayon et des déclivités de part et d'autre supérieures à 2 %. La plate-forme de l'autoroute d'une largeur de 33,50 m est prévue pour supporter à terme deux chaussées à trois voies.

Jean-Philippe Ehrhardt
CHEF DU DÉPARTEMENT
INFRASTRUCTURES
SAPRR

Alain Morbois

INGÉNIEUR EXPERT
GÉOTECHNIEN
Scetauroute



Bernard Chiesa

DIRECTEUR DE PROJET
Scetauroute

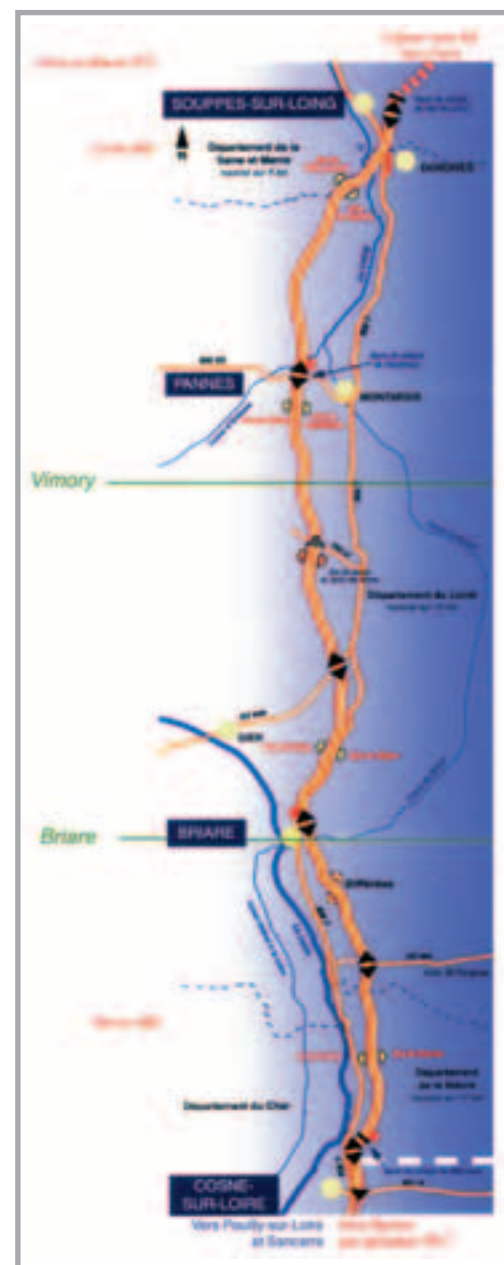


Figure 1
Plan de situation
Location

► L'avant-projet sommaire de l'autoroute A77 envisageait un remblai de 18 m de hauteur encadré de deux déblais de 10 à 13 m de profondeur. Les premières études géotechniques du franchissement n'ont pas révélé de difficulté particulière. Cependant, elles ont mis en évidence la présence de terrains médiocres, pour lesquels elles prévoyaient une réutilisation en faible quantité avec traitement à la chaux, et elles ont montré la nécessité de mettre en place des éperons et des masques drainants.

■ LA PROBLÉMATIQUE : REMBLAI EXCEPTIONNEL OU VIADUC

La campagne ultérieure des reconnaissances géotechniques réalisée lors des études de l'avant-projet autoroutier, notamment dans les zones en déblai, ont mis en évidence la très mauvaise qualité des argiles rencontrées, gonflantes et évolutives en majorité. Ces argiles posent des problèmes majeurs de réutilisation (quasi impossible) et de stabilité en déblai (malgré des dispositions constructives adaptées).

Par ailleurs, la mise au point du tracé définitif, en particulier le calage fin des caractéristiques géométriques en fonction des contraintes de visibilité sur la gare de péage en barrière de Myennes proche du site (environ 1500 m), des contraintes d'assainissement, a conduit à un relèvement notable du profil en long de l'autoroute.

Considérant ces éléments, le maître d'ouvrage a décidé :

- ◆ de compléter les reconnaissances géologiques et géotechniques par une campagne lourde ;
 - ◆ de mener une étude comparative entre la solution "remblai" et une solution "viaduc".
- L'étude comparative a donc porté sur deux solutions radicalement distinctes.

Remblai : hauteur maximale de 25 m ; talus à 2,5 H/1 V et banquettes intermédiaire de 5 m ; deux

ouvrages d'art pour rétablir en passage inférieur, la route RD955 et le ruisseau de Saint-Loup.

Viaduc : longueur : 660 m ; hauteur : 32 m ; structure de type bipoutre en ossature mixte.

Techniquement, les critères attachés à la géologie et à la géotechnique, avaient une forte incidence sur la solution. Force était de constater, au moment des études de conception, que le remblai et les déblais adjacents constituaient une solution plus délicate et impliquaient de réaliser dans un site difficile, un ouvrage de terrassement exceptionnel.

Sur le plan des critères environnementaux, la comparaison donnait un avantage global pour la solution "viaduc". Cependant, les impacts de la solution "remblai" apparaissaient raisonnablement acceptables, d'autant qu'ils pouvaient être réduits par des aménagements adéquats, notamment au regard de la perception dans le paysage.

Sous l'angle économique, les estimations des coûts prévisionnels des travaux dans le cas des deux solutions, établies de manière complète et détaillée, montraient un écart important, 87 millions de francs TTC valeur 1995, en faveur de la solution "remblai" :

- ◆ coût de la solution "remblai" : 120 millions TTC ;
 - ◆ coût de la solution "viaduc" : 207 millions TTC.
- L'enjeu financier entre les deux solutions justifiait le lancement d'études de faisabilité approfondies de la solution "remblai".

■ LE REMBLAI/PHASE ÉTUDE

Les données géotechniques

Considérant les difficultés révélées par les premières études et l'étude comparative, des études géotechniques complètes et détaillées ont été réalisées.

Elles ont abordé les différents volets suivants :

- ◆ la reconnaissance de la qualité des sols sup-

Tableau I
Principales caractéristiques des formations géotechniques reconnues

Main characteristics of explored geotechnical formations

Formations	Situation	Épaisseur	Teneur en eau	Classification	IP	Q'	C'	Cc	σ'p	Pénétr./Pressio
Alluvions argilo-sableuses	Fond de vallée	2 à 3 m								qd : 1.1 à 5 MPa ql : 0.5 à 2 MPa
Colluvions argilo-sableuses et caillouteuses	Versants	1 à 4 m	10 à 20 %							qd : 1.5 à 10 MPa ql : 1 à 4 MPa
Argile sableuse à silex	Versant et déblais	1 à 3 m	10 à 17 %	C1/C2 A1/A2	13 à 30					
Argile bariolée moyennement plastique, sableuse	Déblais	3 à 6 m	12 à 25 % 10 à 20 %	A2/A3 Passage B6	15 à 30	22 à 27° 33°	10 à 20 KP 0 à 10 KP	0.12	150 KP	
Argile de Myennes, noires, surconsolidées, plastiques, gonflantes	Déblais	Non reconnue intégralement, supérieure à 10 m	19 à 34%	A3/A4	27 à 44	24°	15 KP	0.16	150 à 200 KP	

ports du remblai (fond de vallée et versants), en particulier la précision des "zones de glissement endémiques" citées par les études préliminaires ;

- ◆ la reconnaissance détaillée (longitudinalement et transversalement) des sols constituant des déblais et leurs caractérisation, d'une part vis-à-vis de la réutilisation en remblai, et d'autre part en terme de stabilité (pente de talus, dispositifs de drainage) ;

- ◆ l'hydrogéologie du site : nappes superficielles, émergences sur les versants, nappes profondes, régime des pressions interstitielles dans les argiles ;

- ◆ les possibilités de traitement aux liants hydrauliques des sols argileux ainsi que leur caractérisation mécanique.

Les principales formations géotechniques reconnues et leurs caractéristiques sont exposées dans le tableau I.

Sur le plan hydrogéologie, on distingue :

- ◆ une nappe superficielle dans les argiles sableuses à silex ;

- ◆ une nappe plus profonde, drainée par les inclusions sablo-argileuses au sein des argiles de Myennes, les mesures de pression interstitielle réalisées au sein des argiles ont mis en évidence des pressions correspondant à une charge hydraulique généralement assez voisine de celle de la nappe superficielle, dont le sens d'écoulement est sensiblement orienté sud-est/nord-ouest ;

- ◆ de nombreuses sources sur les versants au contact sable/argile.

La problématique

Les conditions de stabilité précaires des sols argileux ou aquifères imposaient des pentes relativement faibles des déblais (2,5 H/1 V à 3 H/1 V), ce qui augmentait le volume de matériaux pour lesquels les conditions de réutilisation s'avéraient délicates, à fortiori pour réaliser des hauts remblais. L'optimisation du projet s'est donc faite dans différentes directions :

- ◆ **en géométrie** : trouver l'optimum entre un profil "haut" réduisant la hauteur, et donc le volume des déblais, et indirectement des dépôts potentiels, mais augmentant la hauteur de remblai, et donc des besoin en matériaux de qualité compatible avec un tel ouvrage, et un profil "plus bas" plus favorable au remblai, mais nécessitant des dispositions adaptées au niveau des déblais (tranchées drainantes, masques, risbermes) ;

- ◆ **en géotechnique** :

- étudier les possibilités d'amélioration des pourcentages de réutilisation des sols (aquifères et argileux) par traitement aux liants hydrauliques,

- définir les conditions de stabilité des talus de déblais (pente, dispositifs de drainage), mais aussi de remblai (en fond de vallée et sur les versants),

- étudier la meilleure structure envisageable pour

Argile bariolée peu plastique	IP 15 à 30	Traitée à 2 % de chaux et 4 % de liant routier
Argile de Myennes plastique	IP 25 à 40	Traitée à 4 % de chaux ou 2 % de chaux et 6 % de ciment

Tableau II

Table II

le remblai compte tenu des caractéristiques attendues des sols à réutiliser, des incertitudes qui pourraient subsister, et du souci d'avoir une plate-forme autoroutière stable à court et long terme.

Dispositions envisagées par le projet

La stabilité du sol support de remblai pouvant être qualifiée de bonne, moyennant la purge des sols superficiels (alluvions de faible épaisseur : 1,5 à 2 m), les conditions de stabilité des déblais restant délicates et imposant, comme attendu, des dispositifs contraignants et des pentes réduites, un profil relativement "haut" fut adopté.

Les études de traitement en laboratoire montrèrent que l'on pouvait escompter les caractéristiques satisfaisantes avec un traitement type, détaillé dans le tableau II.

Une planche d'essai était prévue pour préciser les conditions d'exécution (mouture, malaxage, épaisseur et compactage des couches, caractéristiques en place) et recalculer les dosages.

La structure envisagée pour le remblai comporte :

- ◆ un noyau constitué essentiellement des argiles "bariolées" traitées pour lesquelles les résultats et les performances attendues étaient mieux assurés ;
- ◆ deux remblais latéraux constitués d'argile de Myennes traitée, leur talus étant réglé avec une pente de 2 H/1 V et une risberme intermédiaire ;
- ◆ des redans sur les versants et des tranchées drainantes transversales pour capter les sources sur les versants et les arrivées d'eau potentielles à la jonction déblai/remblai complétaient les dispositions envisagées.

A noter que :

- ◆ noyau et remblais latéraux doivent être montés simultanément pour assurer le monolithisme de l'ouvrage ;

- ◆ même si les résultats en laboratoire étaient encourageants, la réutilisation avec traitement de l'argile de Myennes présentait des incertitudes, d'où le choix d'une mise en œuvre en dehors de la plate-forme supportant les chaussées et d'une pente de talus relativement douce.

LE REMBLAI/PHASE TRAVAUX

La géométrie de remblai à réaliser était la suivante :

- ◆ hauteur maximale 20 m ;
- ◆ longueur 500 m environ ;

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

SAPRR (Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône) - Direction de la Construction - Lyon

Maître d'œuvre

Scetauroute - Direction de Projet A77 - Montargis-Amilly

Entreprises

Groupement :

- DTP Terrassement
- GTM Construction
- Screg Grands Travaux

Photo 1
Remblaiement
des tranchées
drainantes
*Backfilling
of drainage
trenches*



Figure 2
Dispositions constructives
réalisées - Remblai R958

*Applied design approach -
Embankment R958*

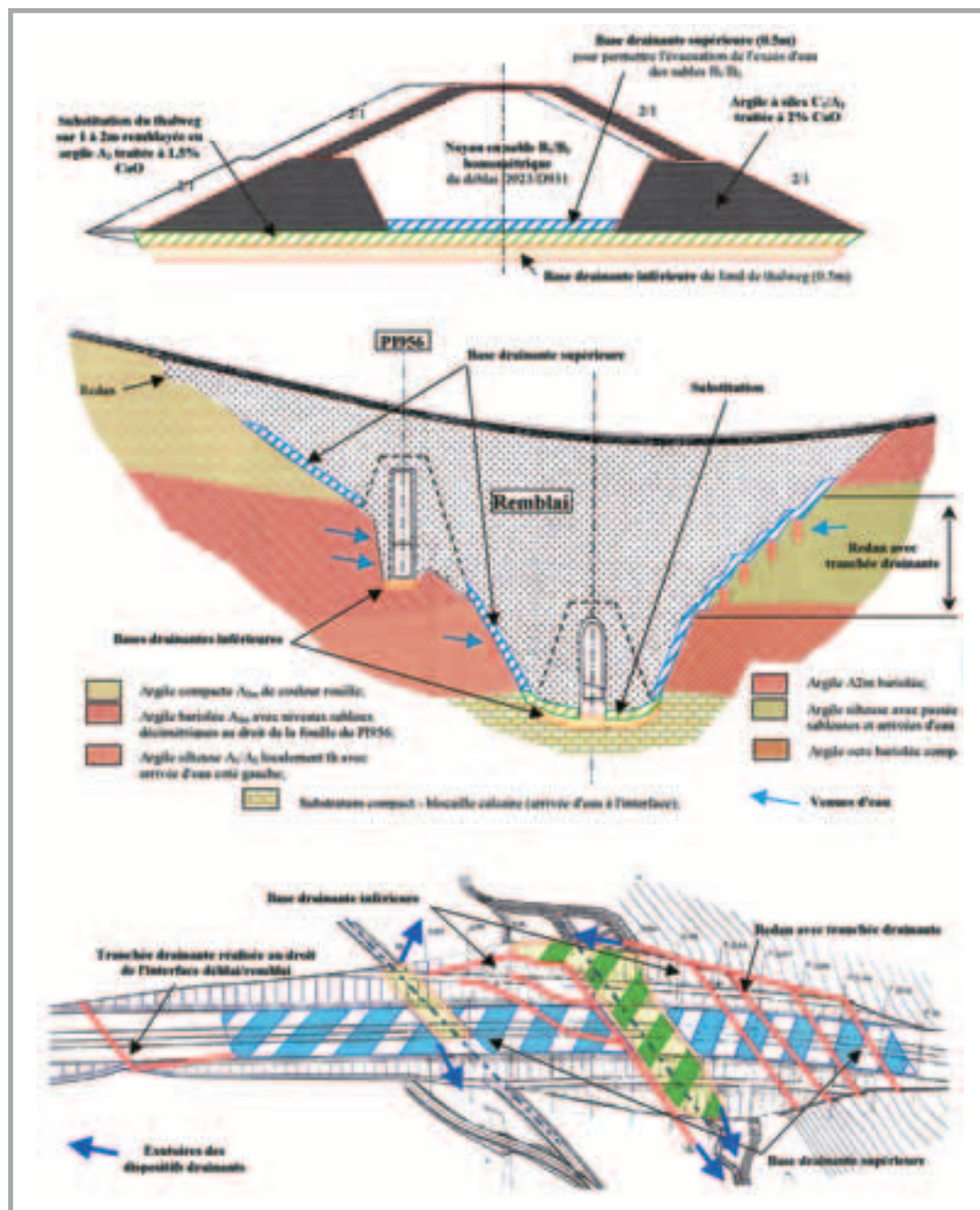


Photo 2
Noyau en sable homométrique - *Homometric sand core*



- ◆ volume total 400 000 m³;
- ◆ pente des talus 2H/1V;
- ◆ risberme à mi-hauteur.

Le dossier de consultation des entreprises préconisait pour les travaux les dispositions constructives suivantes :

◆ **en assise :**

- purge du fond de vallon sur 50 cm d'épaisseur et 200 m de long,
- substitution par matériaux insensibles à l'eau,
- base drainante de 50 cm au-dessus de la substitution,
- création de redans, avec tranchées drainantes en versant sud et nord;

◆ **en remblai :**

- constitution d'un noyau en argile bariolée A2 traitée à 2 % de chaux et 4 % de liant,
- constitution des recharges latérales en argiles de Myennes traitées à 2 % de chaux et 4 % de liant environ.

Les reconnaissances, les identifications, les planches d'essais complémentaires et préalables au démarrage des travaux, ont conduit à adapter les dispositions constructives décrites ci-avant. En effet, les argiles de Myennes réagissaient mal au traitement en masse, du moins pas tout à fait comme prévu au laboratoire. Elles faisaient craindre des risques de tenue à long terme. De plus l'état hydrique initial de ces argiles aurait conduit à des dosages très élevés avec beaucoup d'apport d'eau et des difficultés de réalisation et de maîtrise des travaux.

L'entreprise a donc proposé une solution variante, selon les dispositions suivantes et illustrées sur l'ensemble des trois schémas (figure 2);

◆ **en assise dans le fond du talweg :**

- la fondation de l'ouvrage hydraulique en fond de vallée a nécessité une substitution de 2,50 m par rapport au terrain naturel, l'ouvrage est ainsi fondé sur le substratum constitué d'éboulis calcaire

compact noyé dans une gangue argileuse A2;

◆ **en versant nord :**

- purge très localisée sur 2 m d'épaisseur au droit d'une mare, trois tranchées drainantes de 1 à 2,50 m de profondeur ont été réalisées sur l'assise gauche afin de couper les arrivées d'eau provenant côté nord du versant;

- remblaiement des tranchées en silex 60/150 avec géotextile, une base drainante est associée au dispositif en fond de talweg en sable de Loire (0/40) sur 0,50 m (photo 1);

- au nord du passage inférieur de la RD955 (PI 956), des arrivées d'eau subaffleurantes côté droit de l'assise, ont nécessité un tapis drainant avec purge localisée des matériaux argileux médiocres;

- quatre redans avec trois tranchées drainantes de 1,50 m de profondeur ont été réalisés transversalement au remblai afin de couper les arrivées d'eau provenant côté sud-ouest du versant et constituant un niveau hydraulique perché à flanc de versant dans des sables argileux B5;

- une base drainante parallèle à l'ouvrage hydraulique a été mise en œuvre en fond de talweg en sable de Loire sur une épaisseur de 5,50 m;

◆ **en corps de remblai :**

- constitution d'un noyau en sable homométrique B1/B2 (photo 2);

- réalisation d'un encadrement sur 5 m de large au fur et à mesure de l'élévation du remblai afin de protéger les sables fins contre l'érosion mécanique. Cet encadrement était constitué d'argile à silex C1/A2 traitée au déblai à 1,5 % de chaux (photo 3).

Toutefois et compte tenu de l'état hydrique constaté des sables (différent de l'étude), il a fallu adopter les dispositions particulières suivantes :

◆ les densités optimales sur les sables B1/B2 étant particulièrement faibles ($1,58 < O_{pn} < 1,66$), un compactage intense sur les 10 premiers mètres de remblai a été demandé afin d'obtenir 100 % de densité de référence;

◆ ces sables ont nécessité un arrosage important au déblai et à la mise en œuvre afin de les amener de l'état hydrique (2 à 5 % W % naturel) à l'état hydrique s/m (teneur en eau optimale comprise en 13 et 18 %);

◆ une planche d'essai a été réalisée afin de définir l'ensemble de ces modalités de mise en œuvre;

◆ cet apport important d'eau (au minimum 100 l/m³) risquait à moyen terme de se concentrer en base du noyau du fait d'un encadrement et d'une assise quasi étanche; afin de pallier ce problème, un tapis drainant de 0,50 m d'épaisseur en sable de Loire 0/40 a été mis en œuvre en base de ce noyau avec exutoire à travers les carapaces d'argile traitée;

◆ les matériaux du déblai adjacent nord ont été terrassés à la décapeuse afin de privilégier l'arrosage par couche au déblai. Ce mode d'extraction avait pour inconvénient de mélanger difficilement la for-

mation de tête B5 avec la formation B1/B2 et de créer des contrastes de perméabilité au sein du noyau, des antennes drainantes réalisées à travers la carapace d'argile à silex ont été positionnées dans le cas de niveau de sable argileux B5 trop marqué et constaté au fur et à mesure de la montée du remblai (photo 4);

◆ ce remblai a fait l'objet d'un suivi inclinométrique et tassométrique dans le cadre du contrôle extérieur, aucun mouvement anormal n'a été identifié sur les mesures d'inclinomètres, les tassements obtenus sont de l'ordre de 20 cm.

■ LE PAYSAGE

Le tracé de l'autoroute traverse la vallée de Saint-Loup à proximité du village de Myennes. L'ouvrage franchissant cette vallée, indépendamment de sa nature, devait pouvoir être perçu comme une porte. Il convenait donc de marquer sa présence et d'assurer une transition avec le paysage environnant.

Le remblai, aux pentes visuellement adoucies grâce aux risbermes, a tendance à se noyer dans les deux versants pentus qui l'encadrent. La mise en place de végétaux choisis parmi les espèces déjà présentes dans la vallée permettra d'atténuer à terme l'effet artificiel du remblai et de parfaire son intégration dans le vallonnement naturel. L'ensemble aura donc, dans quelques années, l'allure recherchée : un signal marquant mais s'inscrivant en dou-



Photo 3
Engagemment
en argile traitée
Treated clay
section



Photo 4
Vue d'ensemble
des terrassements
Overall view
of earthworks



Photo 5
Vue d'ensemble du remblai achevé côté est
Overall view of completed embankment on east side



Photo 6
Raccordement du remblai sur le versant sud, côté ouest
Connection of embankment on south slope, west side

► ceur dans le site, entre le village de Myennes et la campagne (photos 5 et 6).

En définitive, les dispositions constructives de l'ouvrage en remblai ont contribué à l'insertion de l'autoroute dans le paysage en maintenant le caractère végétal du site. Un viaduc aurait certes, apporté une transparence, mais également donné une forte note minérale correspondant à un parti paysager radicalement différent.

■ CONCLUSIONS

Le choix, principalement sur des critères techniques et économique, de franchir la vallée de Saint-Loup par l'intermédiaire d'un remblai important et de grande hauteur apparaît, après réalisation de l'ouvrage, comme un compromis très satisfaisant :

- ◆ travaux menés, grâce à des techniques adaptées et à des précautions adéquates, sans difficulté majeure ;
- ◆ coût initial respecté (de l'ordre de 120 millions de francs) ;
- ◆ ouvrage bien intégré et localement apprécié.

ABSTRACT

Crossing of Saint-Loup valley by A77 motorway : an exceptional embankment

J.-Ph. Ehrhardt, A. Morbois, B. Chiesa

Near the town of Cosne-sur-Loire in France's Nièvre region, the A77 motorway crosses the sunken Saint-Loup valley by means of a high embankment resting and anchored on poor quality soils. This technique was decided upon after a multi-criteria study including a solution by means of a viaduct.

RESUMEN ESPAÑOL

El franqueo del valle de Saint-Loup por la autopista A77 : un relleno excepcional

J. Ph. Ehrhardt, A. Morbois y B. Chiesa

En las cercanías de Cosne-sur-Loire – en el departamento del Nièvre – la autopista A77 salva el valle angosto de Saint-Loup como consecuencia de la audaz ejecución de un relleno de gran altura asentado y anclado en suelos de calidad mediocre, ejecución decidida al término de un estudio comparativo según criterios múltiples, con una solución de franqueo mediante un viaducto.

A89 – Section 1

Entre grands crus, les caprices de l'Isle et de la Dordogne et... les sols compressibles

Avec la mise en service de 73 km entre Libourne et Mussidan à l'été 2001, c'est la moitié du linéaire aquitain de l'autoroute A89 qui est désormais ouvert à la circulation.

Entamés à l'automne 1996 sur la section centrale Coutras-Montpon, les travaux ont ensuite été lancés en 1998 à l'extrémité ouest du tracé sur la difficile section Libourne-Coutras qui a nécessité deux années d'études hydrauliques complexes.

En 1999 s'enchaînaient ensuite les opérations sur la partie périgourdine entre Montpon et Mussidan.

L'année 2001 est également marquée par le démarrage de travaux d'une importante section à l'est de Périgueux, entre Saint-Laurent-sur-Manoire et La Bachellerie, 32 km, dont l'objectif d'ouverture est la fin de l'année 2003.

La section Libourne Ouest/Coutras constitue le point de départ à l'ouest de l'autoroute A89, liaison transversale ouest-est reliant Bordeaux à Clermont-Ferrand. Dans le Libournais, l'A89 se fraie un passage entre les appellations à faire rêver : Saint-Emilion, Fronsac, Lalande de Pomerol... mais pour épargner le vin... que d'eau ! Cette première section longue de 25 km traverse sur 15 km les plaines inondables de la Dordogne puis de l'Isle, qui comportent des zones de marais et des sols fortement compressibles. Ses principales particularités peuvent se résumer ainsi :

- ◆ traversée des zones inondables des vallées de l'Isle et de la Dordogne, ce qui a conduit à réaliser des études hydrauliques exceptionnelles et à construire un nombre important d'ouvrages hydrauliques (plus de 3000 ml de tabliers sur 15 km) ;
- ◆ construction sur des sols compressibles nécessitant des consolidations longues et des phasages successifs lors de la construction des remblais ;
- ◆ calage de la plate-forme à plusieurs mètres au-dessus du sol nécessitant 5 000 000 m³ de remblais alors que les rares déblais de l'extrémité est ne produisent que quelques centaines de milliers de mètres cubes de déblais réutilisables d'où une situation très fortement déficitaire compensée par la mobilisation de nombreux emprunts et de carrières extérieures au chantier ;
- ◆ des délais d'exécution des terrassements très longs (30 mois) dus aux difficultés d'accès à des secteurs enclavés par de nombreuses brèches et à la durée de consolidation des sols ;
- ◆ présence de sites remarquables sur le plan environnemental (ZNIEFF) nécessitant des précautions importantes durant les travaux (établissement de Plans de respect de l'environnement, collecte des eaux, maîtrise des lieux de dépôts, etc.) ;

◆ un coût de 2,5 milliards de francs soit un ratio de 100 millions de francs au kilomètre.

■ L'A89 SECTION 1 ET L'EAU

Des études hydrauliques exceptionnelles ont été menées sur cette section par les bureaux d'études Sogreah Ingénierie, Sogelerg Sogreah Sud Ouest, Laboratoire Hydraulique de France, sous le pilotage du maître d'œuvre général Scetauroute.

La complexité de l'environnement inhérent à la présence de deux vallées (l'Isle se déverse dans la Dordogne au cœur de Libourne) et à l'influence des marées (le phénomène de mascaret se fait ressentir jusqu'à Libourne) ont conduit le maître d'ouvrage ASF et les bureaux d'études à construire un modèle réduit des vallées afin de modéliser le comportement hydraulique avant et après l'autoroute.

Ce modèle de 70 m par 40 m a été construit à Grenoble. Il représentait très fidèlement la topographie des vallées ainsi que toutes les infrastructures existantes ou à venir.

En complément, un modèle mathématique a été bâti afin de pouvoir simuler rapidement différentes variantes d'aménagement et, également, de contrôler le fonctionnement hydraulique lors de la construction de l'autoroute (influence des pistes, des ouvrages provisoires, et des différentes phases de construction remblai/ouvrages d'art).

La sensibilité de ce site, renforcée par la présence de bâtis à proximité du tracé, a en effet nécessité de réaliser les travaux en intégrant en permanence la contrainte de transparence hydraulique (pistes inondables, méthodes de construction des ouvrages sans obstacles aux écoulements, etc.) afin que les travaux ne produisent pas d'ex-

Jean-Pierre Lacaze
DIRECTEUR D'OPÉRATIONS
Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Frédéric Pare



CHEF DE DIVISION
TRAVAUX
Scetauroute

François



de Saint Amand
INGÉNIEUR TRAVAUX
Scetauroute

Jean-Pierre Breton



INGÉNIEUR
GÉOTECHNICIEN ETUDES
CETE du Sud-Ouest - Laboratoire
de Bordeaux

Gilles Lacassy



INGÉNIEUR
GÉOTECHNICIEN ETUDES
CETE du Sud-Ouest - Laboratoire
de Bordeaux

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Autoroutes du Sud de la France (ASF)

Maître d'œuvre

Scetauroute

Entreprises

TOARC : groupement Valérian (mandataire) - Menard Soltraitement - Dodin - Maia Sonnier - Malet - Chantiers d'Aquitaine

Viaduc du Mascaret

Groupement Bouygues - Bisseuil - Chantiers Modernes - Balineau - Baudin Chateaufeuf

Viaduc des Barrails

Groupement Quillery - Campenon Bernard Ouest.

Franchissement de l'Isle : Groupement Dodin - Quintoli - GTS - Baudin Chateaufeuf - Fougerolle Ballot

Photo 1
La zone
du marais Brizard

*The Brizard
marsh zone*



© ASF / O. Blanchet

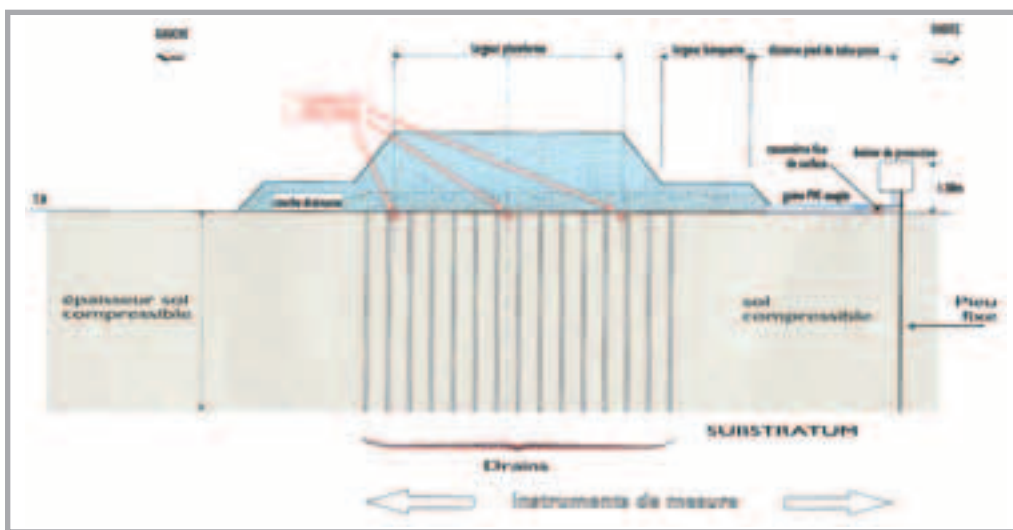


Figure 1
Schéma de principe
(avec instrumentation
de surface) - Profil TS
(tassomètre de surface)
Schematic diagram
(with surface instrumentation)



haussement des eaux en cas de crue (photo 1). Certaines zones du chantier, tel le marais Brizard, sont inondées 9 mois par an ce qui n'a pas facilité les travaux de construction des ouvrages et l'important transit des matériaux de remblai. Environ 20 km de pistes et trois ponts provisoires ont été nécessaires pour acheminer les matériaux de remblai à travers ces zones inondables.

■ LES SOLS COMPRESSIBLES

Dans les vallées de l'Isle et de la Dordogne, les remblais reposent sur un linéaire important de sols compressibles (environ 10 km).

La particularité de cette longue zone compressible réside plus dans la faiblesse des caractéristiques géotechniques des sols que dans leur épaisseur. En effet, l'épaisseur moyenne des sols compressibles n'est que de 6 m, avec une épaisseur maximale de 8 m.

Vers l'échangeur de Libourne Nord, le tracé a également recoupé quelques anciennes gravières comblées avec des dépôts récents, voire des boues de

lavage d'une installation de criblage voisine... Dans ces zones localisées, la purge des sols avec substitution était inévitable (environ 300 000 m³ de matériaux substitués).

En section courante, les sols compressibles sont constitués par deux types de matériaux :

- ◆ majoritairement des argiles plus ou moins varcades avec des zones à très faibles cohésions (Cu proche de 10 kPa) ainsi que des teneurs en eau localement très importantes pour des argiles (w_n jusqu'à 120 %) ;
- ◆ des tourbes avec des teneurs en eau atteignant 400 %.

Du fait des très faibles cohésions et de la compressibilité importante de ces sols, les problèmes de chantier concernent :

- ◆ des risques de rupture lors de la montée du remblai ;
- ◆ des tassements attendus très importants, jusqu'à 2,20 m, avec des déformations à long terme (par fluage) à limiter pour respecter les critères de confort fixés par le maître d'ouvrage ;
- ◆ des temps de consolidation relativement longs (de 3 à 9 mois) ;
- ◆ une planification des travaux particulièrement pointue pour consolider les zones d'appuis des ouvrages avant mise en place des fondations profondes tout en respectant les contraintes hydrauliques de transparence.

La longueur de la zone compressible ainsi que les très nombreux ouvrages hydrauliques à construire – après obtention d'une consolidation des sols admissible par les fondations profondes – ont nécessité des études géotechniques détaillées et la mise en place d'une instrumentation très dense pour le suivi des travaux.

■ MÉTHODOLOGIE DE CONSOLIDATION

La technique de consolidation est classique : préchargements avec drains verticaux et surcharges. Les drains sont de type plat (pour 80 %) ou circulaire (20 %). Ils sont mis en œuvre avec un maillage carré de 1 m x 1 m au droit des appuis d'ouvrages d'art et avec un maillage triangulaire 1,60 m x 1,60 m en section courante.

Au total 1 300 000 ml de drains ont été enfoncés dans le sol par les machines de Balineau, Menard Soltraitement et G.T.S jusqu'au substratum (marnes) à travers une base drainante préalablement mise en œuvre sur une épaisseur variable de 0,50 à 1,00 m et reposant sur un géotextile anti-contaminant.

Les remblais ont ensuite été édifiés avec :

- ◆ des banquettes de stabilité de largeur comprise entre 10 et 15 ml ;
- ◆ des surlargeurs pour compenser les tassements ;
- ◆ des surcharges au-dessus du niveau de la par-

tie supérieure des terrassements dont la hauteur minimale permet de compenser le poids de la chaussée future (la hauteur maximale pouvant atteindre 3 m).

Une zone particulièrement sensible a même nécessité d'édifier une banquette de stabilité pour la banquette de stabilité!...

Dans de nombreuses zones, pour des raisons de stabilité, le remblai a été édifié en plusieurs phases avec attente de consolidation de 15 jours à 3 mois entre les phases.

Les banquettes de stabilité ont ensuite été retaillées pour servir de banquettes d'assainissement permettant de recueillir les eaux de plate-forme au-dessus des niveaux de crue, pour les acheminer vers des bassins de traitement et de confinement. La hauteur des surcharges ainsi que leur temps d'application ont été dimensionnés pour répondre aux critères suivants :

- ◆ permettre la mise en œuvre la plus rapide possible des fondations profondes au droit des ouvrages d'art;

- ◆ garantir la stabilité du remblai;

- ◆ obtenir à long terme, c'est-à-dire à 30 ans, un tassement dû au fluage inférieur à 10 cm au droit des ouvrages d'art et à 30 cm en section courante, seuils fixés par le maître d'ouvrage ASF.

Lorsque le planning des travaux l'a permis, certaines surcharges ont été maintenues plus longtemps afin de réduire encore le fluage prévisionnel. C'est ainsi qu'au droit du viaduc des Barrails, les surcharges ont été maintenues 6 mois au-delà de la fin des terrassements généraux pour être démontées in extremis avant de réaliser les chaussées quelques semaines avant la mise en service. Les remblais ont été édifiés en couches minces avec quatre mesures par jour des surpressions et des tassements afin de pouvoir, le cas échéant, interrompre la montée du remblai si les risques d'instabilité se révélaient importants. Cette fréquence a pu être augmentée en cas de nécessité. Elle a pu être réduite dans les zones peu sensibles (une mesure par jour) et en phase consolidation (une mesure par semaine).

Une instrumentation innovante a été utilisée par le CETE du Sud-Ouest (LRPC de Bordeaux), intervenant en tant que contrôle extérieur géotechnique, afin de garantir ce suivi des consolidations.

■ L'INSTRUMENTATION ET SES DIFFICULTÉS

Ce contrôle extérieur prévoyait un système de suivi en continu des déformations du massif argileux (tant en surface qu'en profondeur) et des pressions (interstitielle et totale en surface).

La technique fréquemment utilisée pour suivre les tassements en zone compressible est le suivi par cellule tassométrique type LCPC. La mesure est

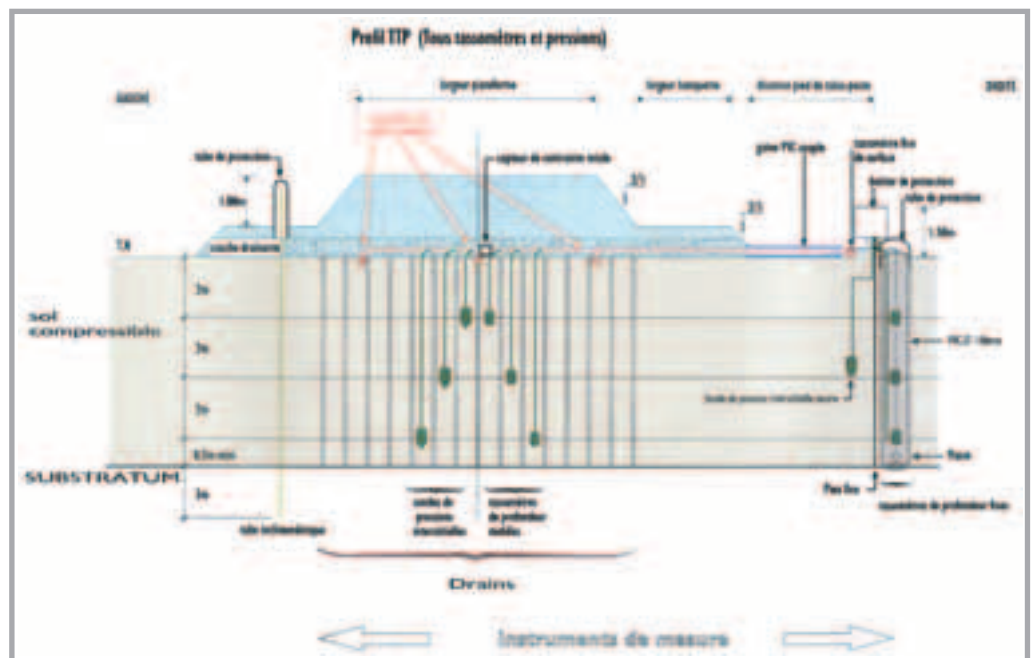


Figure 2
Schéma de principe
(avec instrumentation générale)
Schematic diagram
(with general instrumentation)

manuelle et la version électrique est peu répandue. Pour les tassomètres de profondeur, il n'existe que des versions à mesure manuelle.

Sur cette section particulière, il a fallu développer des outils spécifiques pour ce chantier et améliorer les mesures des tassomètres de surface et de profondeur, tout en prenant en compte les contraintes d'un chantier en milieu marécageux.

Ces appareils devaient être fiables et durer (le maître d'ouvrage ASF souhaite poursuivre les relevés bien au-delà de la mise en service de la section) or la repose d'appareils est particulièrement délicate et même souvent purement et simplement impossible. Ce contexte très humide est particulièrement contraignant pour les appareils électriques et électroniques. L'autre difficulté réside dans les grandes déformations du sous-sol (tassements atteignant 2,00 m).

Enfin, la fréquence rapide des mesures oblige à disposer d'une centrale d'acquisition pour enregistrer les mesures mais aussi d'un système d'exploitation permettant de les utiliser en temps réel. Le système mis en place est un système totalement automatisé depuis la mesure des tassements et des pressions interstitielles jusqu'à l'exploitation des résultats. Il comprend :

- ◆ un système de mesure;
- ◆ un système d'acquisition de données;
- ◆ un système de transmission;
- ◆ un système d'exploitation des données;

Soixante-cinq appareillages ont été mis en place.

Le système de mesure est pour partie "classique" :

- ◆ mesure des tassements de surface et de profondeur par tassomètres LCPC (figure 1);
- ◆ mesure des pressions interstitielles par l'intermédiaire de sondes de pressions "électriques" qui fournissent un signal de type 4-20 mA (figure 2).

Des capteurs de pressions électriques sont mis en

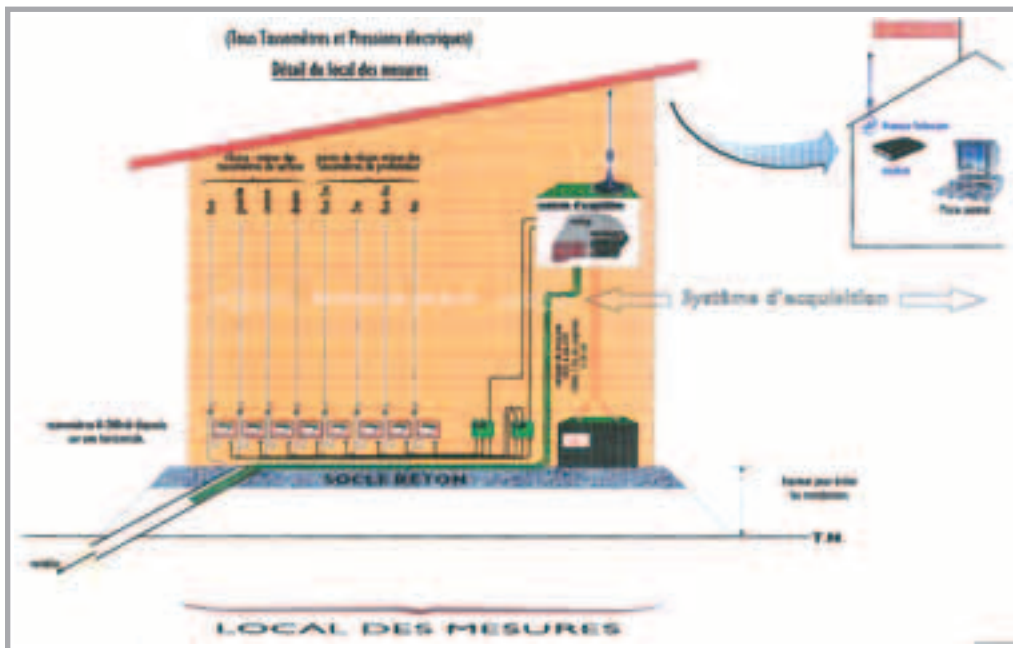


Figure 3
Schéma du local des mesures

Diagram
of a measurement site

Photo 2
Cabines de mesures sur chantier
Measurement cabin on site



© Scetauroute



place au niveau des colonnes de rilsan en pontant ces colonnes par l'intermédiaire d'un "Y". La pression d'eau dans le rilsan est ainsi mesurée avec une grande précision. La technologie de ces capteurs permet d'obtenir un affichage digital des valeurs mesurées et une transmission des données par voie numérique.

Le système d'acquisition est constitué par une centrale automatique habituellement dédiée à des contrôles de distribution d'eau (château d'eau, station de pompage, etc.). Cette centrale, éprouvée dans des milieux humides, permet de gérer différents types de capteurs, de stocker les informations suivant différents critères paramétrables et de les exporter par voie téléphonique RTC ou modem GSM (figure 3).

Une centrale permet de gérer :

- ◆ 10 capteurs électriques de tassements ;
- ◆ 6 à 8 capteurs de pressions (analogiques 4-20 mA).

Cet appareillage est disposé sur le chantier, au droit des profils instrumentés (plots d'ouvrages d'art). Il est installé dans un petit abri (type abri de jardin), situé à une dizaine de mètre du pied de talus et légèrement surélevé pour être maintenu hors d'eau en cas d'inondation (photos 2 et 3).

Une horloge permet d'alimenter le système 4 fois par jour pendant quelques minutes. L'acquisition

des données et leur transmission au PC s'effectuent à 7 h, 12 h, 19 h et 24 h tous les jours en phase de chargement et de consolidation.

Compte tenu des avantages procurés par la transmission de type GSM (pas de ligne Telecom à passer sur le chantier), la transmission s'est entièrement déroulée avec ce procédé (modem GSM relié à une antenne type téléphone portable avec un abonnement DATA spécialement dédié aux transmissions de données).

Le système d'exploitation est le progiciel PcWIN capable de gérer dix centrales d'acquisition automatique. Il était installé dans les locaux de la division Travaux de Scetauroute à Libourne. Ce progiciel permet de manière automatique et quotidienne :

- ◆ d'interroger par transmission GSM chaque centrale ;
- ◆ de rapatrier les données et les archiver ;
- ◆ d'afficher et de consulter les résultats sous forme de synoptiques graphiques ou de base de données ;
- ◆ de remplir des feuilles de calcul EXCEL et d'imprimer les graphes et tableaux d'exploitation.

L'aspect le plus frappant de ce système réside dans l'automatisation de toute la chaîne de la mesure sur le chantier à l'exploitation au bureau le tout sans rupture ni ressaisie des données. Avec son alimentation propre (batteries) et la transmission par GSM, ce système est totalement amovible et peut être déplacé d'un endroit à un autre très aisément. En outre, les capteurs sont toujours mesurables "manuellement" au niveau des postes de présence, ce qui offre une grande souplesse d'utilisation.

A titre indicatif, le coût de fourniture et mise en œuvre de l'appareillage est d'environ, pour dix profils :

- ◆ équipement d'un profil instrumenté pour 6 m de sols mous hors pose, comprenant :
 - quatre cellules tassométriques,
 - des sondes de pression interstitielle sous le remblai et en dehors,
 - un pieu fixe de référence,
 - un capteur de contrainte totale,
 soit environ 10 000 F par profil (10 profils instrumentés) ;

◆ appareillage terrain de saisie de donnée et de transmission, soit environ 20 000 F ;

◆ équipement bureau (modem, PC, progiciel), soit environ 30 000 F.

L'exploitation des résultats des consolidations et des pressions interstitielles est donc automatique. Ces éléments sont fournis au maître d'œuvre au fur et à mesure afin qu'il intervienne sans attendre auprès des entreprises pour interrompre un chargement si les pressions deviennent critiques, pour autoriser la poursuite d'une phase de chargement ou pour donner le feu vert de dernière phase des travaux (enlèvement des surcharges), malgré tous les aléas de chantier (photo 4).



© Scetauroute

Photo 3
Système de mesures à l'intérieur des cabines

Measurement system
inside the cabins

■ EXIGENCES ATTENDUES

La consolidation immédiate ou primaire est accélérée en mettant en place des drains verticaux et en augmentant les hauteurs de surcharges, mais ces paramètres ont des limites à ne pas dépasser : maillage 1 m x 1 m au maximum et surcharge souvent limitée par les problèmes de stabilité. L'exploitation des courbes de consolidation permet de vérifier la cohérence des paramètres de calcul pris en étude.

En phase travaux, le suivi permanent des consolidations a permis d'envisager différents résultats selon la durée de maintien des surcharges et le recours éventuel à des allègements.

La concertation permanente entre les différents intervenants appuyée sur l'exploitation des résultats mesurés sur le chantier a finalement permis de réduire encore les tassements admissibles à 5 cm au droit des O.A et 10 cm en section courante pour la satisfaction des futurs usagers de l'A89 (figures 4 et 5).

■ QUELQUES CAS PARTICULIERS

Franchissement de l'Isle Trois ouvrages

L'Isle est franchie à trois reprises par l'A89 par des ouvrages à ossature mixte. Tant la dimension de la brèche que les contraintes d'accès ont conduit l'entreprise à lancer les poutres depuis une rive. Les poutres devaient être assemblées sur un remblai préalablement stabilisé (un tassement résiduel de 2 à 3 cm seulement était admissible en phase d'assemblage et poussage des poutres).

Un remblai de 200 m de long a été édifié en première phase avec une surcharge de 1 m maintenue 4 mois. Ce remblai a été ramené à une hauteur compatible avec les contraintes d'assemblage et de poussage dès que la consolidation admissible était atteinte.

Le remblai a ensuite été à nouveau rechargé après poussage afin d'atteindre le degré de consolidation final recherché.

Au total, ces plots ont nécessité huit phases successives étalées sur 22 mois.

Viaduc des Barrails Culée Clermont-Ferrand

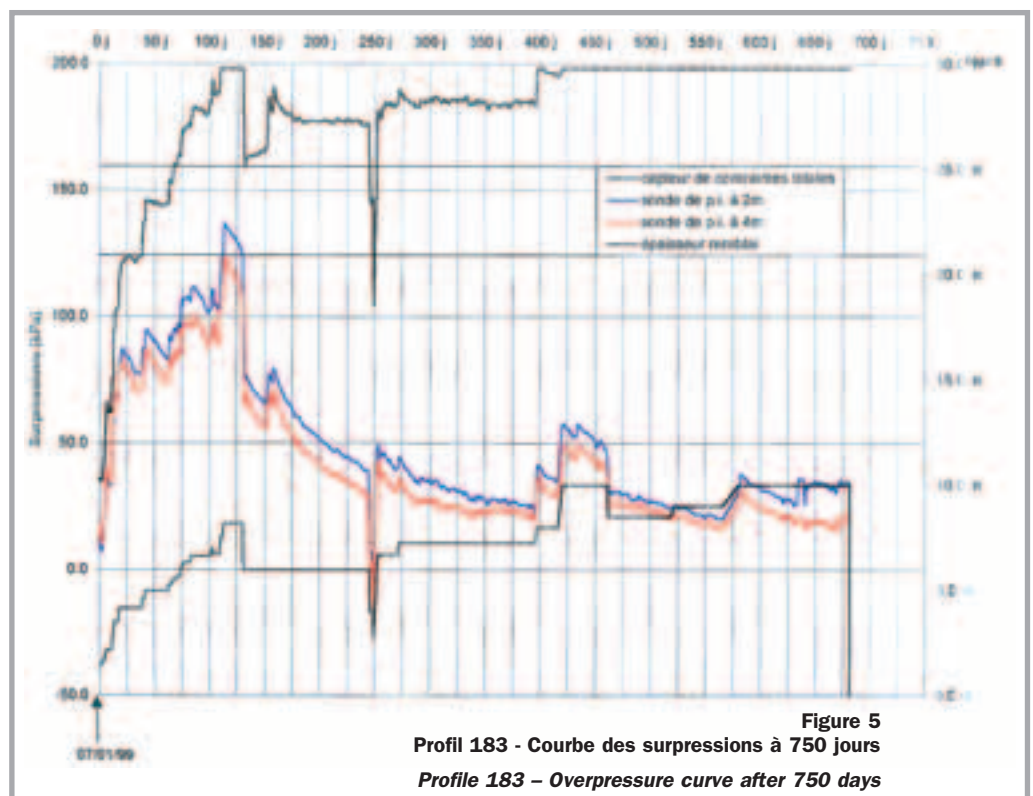
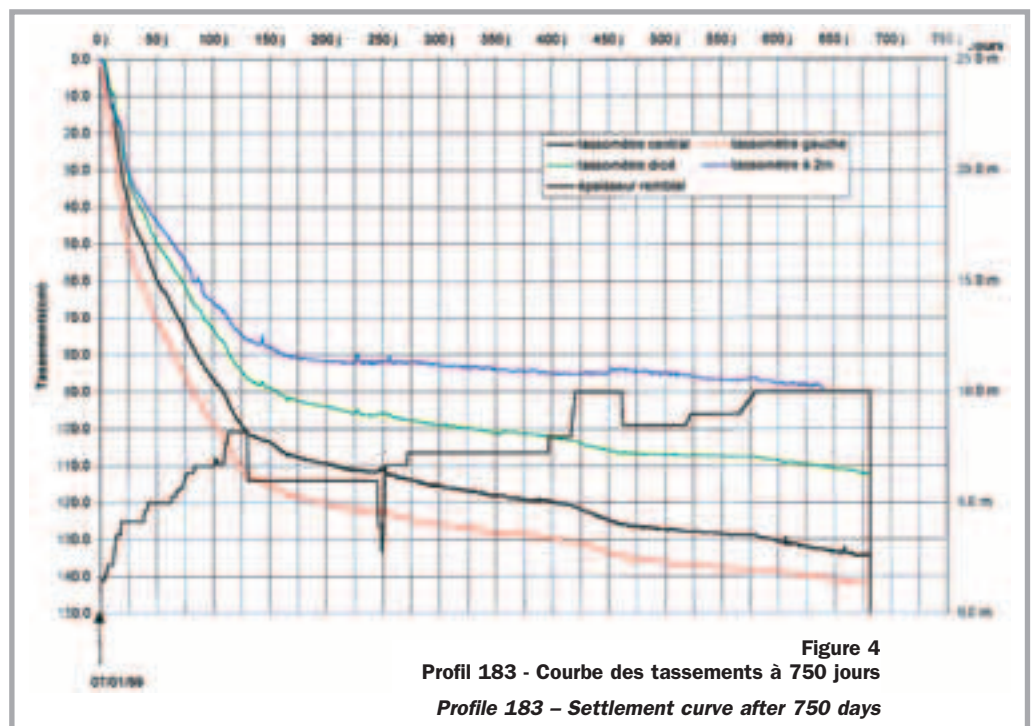
Les reconnaissances géotechniques menées au droit de cette culée ont mis en évidence des sols à très faibles caractéristiques avec un risque très important de rupture du remblai en cas d'édification trop rapide.

La construction du viaduc des Barrails (longueur 1460 m) a été engagé côté Bordeaux. La fabrication et la pose des voussoirs étaient très indus-



Photo 4
Poste de mesures
inondé
pendant les travaux
*Measurement station
flooded during the works*

© Secteuroute



trialisées et ne pouvaient donc souffrir d'un risque d'attente à l'autre extrémité du viaduc.

L'exploitation des études préliminaires recoupées par les résultats obtenus *in situ* lors de la mise en œuvre du remblai ont confirmé que le temps nécessaire à l'obtention de la consolidation était incompatible avec le planning du viaduc. La consolidation du remblai devait donc être poursuivie sur une longue période au-delà de la construction de la culée.

La méthodologie de construction fut donc :

- ◆ construction d'un plot de géométrie juste nécessaire à la construction de la culée avec des banquettes de stabilité, elles-mêmes sécurisées par d'autres banquettes et attente compatible avec le planning du viaduc ;
- ◆ réalisation des fondations profondes dans des viroles de grande section afin que les déplacements ultérieurs des sols ne provoquent aucun effort parasite sur les pieux ;
- ◆ mise en œuvre d'un mur en terre armé (type Terratrel) à l'arrière de la culée afin d'empêcher toute poussée du remblai sur l'ouvrage ;
- ◆ poursuite de la consolidation du plot avec mise en œuvre d'une surcharge de 3,00 m après construction de la culée et maintien de la surcharge sur une très longue période (1 an) ;
- ◆ décalottage du remblai et mise en œuvre de 1,50 m de remblais légers (polystyrène) afin de stopper les tassements parasites.

ABSTRACT

A89 – Section 1 Between flooding, the whims of the Isle and Dordogne and... compressible soils

*J.-P. Lacaze, Fr. Pare, Fr. de Saint Amand,
J.-P. Breton, G. Lacassy*

Section 1 of the A89 motorway, 25 km long, crosses the compressible flood valleys of the Isle and the Dordogne along 15 km. Exceptional hydraulic surveys led to the construction of more than 3000 ml of bridge structures along 15 km. The project consists mostly of embankment-fills (5 million cu. m) with materials from the outside (15 borrow areas). Access difficulties (frequently flooded marshlands) and the compressible soil consolidation times involved called for particularly careful coordination of project players. This aspect, combined with the risk of failure during the build-up of embankments (rise in pore pressure), justified the set-up of particularly extensive, sophisticated instrumentation. The Bordeaux CETE (infrastructure technical research centre) installed innovative instruments with data transmission via GSM for real-time operation so that the contracting agency Scetauroute could work closely with contractors. This made it possible to react quickly and to provide motorway operator ASF with reports on available options for risk minimisation during construction and in preparation for future operation by ASF.

riores (procedentes a su vez de 15 zonas de empréstitos). Las dificultades de acceso (zonas pantanosas frecuentemente inundadas) y los tiempos de consolidación de las zonas comprensibles han precisado una coordinación de los participantes particularmente espinosa. Este aspecto, combinado con el riesgo de ruptura de los terraplenes en el momento de su construcción (ascenso de las presiones intersticiales) justifica la implantación de una instrumentación particularmente importante y sofisticada. El CETE de Burdeos ha instalado una instrumentación innovadora con transmisión de datos por canal GSP para una operación en tiempo real con objeto de que el director técnico Scetauroute pudiese intervenir respecto a la actividad de las empresas con la mayor reactividad posible y dar cuenta a la entidad contratante ASF de las opciones a aplicar para reducir al mínimo los riesgos sobre la estructura en construcción siempre con miras a su funcionamiento futuro.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A89 - Sección 1 Entre grandes vinos, los caprichos de l'Isle y de la Dordogne y... los suelos comprensibles

*J.-P. Lacaze, Fr. Pare, Fr. de Saint-Amand,
J.-P. Breton y G. Lacassy*

La sección 1 de la autopista A89, de una longitud de 25 km, atraviesa sobre una distancia de 15 km los valles inundables y comprensibles de los ríos Isle y Dordogne. Los estudios hidráulicos excepcionales han dado lugar a la ejecución de más de 3000 metros lineales en una distancia de 15 km. En su mayor parte, el proyecto corresponde a terraplenados (5000000 de metros cúbicos) procedentes de aportaciones exte-

Delta 3

La plate-forme multimodale de Dourges

Un beau jour de l'année 1841, l'ingénieur sondeur Mulot fut sollicité par M^{me} Henriette De Clercq, riche propriétaire, pour forer un puits artésien dans sa propriété de Oignies, près de Dourges. Lors du forage, il découvre la présence de houille, vers 170 m de profondeur. Cette découverte fut gardée secrète jusqu'en 1852, date où fut créée la Compagnie des mines de Dourges. Aussi ce n'est que le 5 août 1852 qu'est signé le décret de concession attribuant une parcelle de 3787 hectares à M^{me} De Clercq et M. Mulot.

Après l'échec du creusement de la fosse n° 1 de Dourges, dont le cuvelage avait cédé, ce n'est qu'en 1856 qu'est mise en production la fosse n° 2. Au fil des années, les travaux de fonçage des puits se succèdent. L'effectif de mineurs de fond passe de 522 en 1869 à 2 300 en 1910, pour une production passant de 232 000 t en 1880 à 606 000 t en 1910. Au début du siècle, la société possède une douzaine de fosses, un lavoir à charbon, 60 fours à coke, 7,5 km de chemin de fer et un quai d'embarquement. Durant la Grande Guerre, pendant l'occupation allemande, tous les cuvelages de puits sont minés, les galeries inondées, et la production réduite à néant. A la veille de la Seconde Guerre mondiale, la compagnie compte 6 677 mineurs et 2 129 ouvriers au jour. Elle produit alors près de 1 750 000 t de charbon par an.

Soixante ans après, les chevalements des fosses ont cessé de charrier hommes et charbon. Oignies a été le dernier site d'extraction du Nord - Pas-de-Calais à fermer, en décembre 1990. L'usine Agglonord d'agglomération de boulets de charbon, située sur le carreau de la fosse 10, à Dourges, qui avait pris le relais de l'activité minière, a suspendu son activité en décembre 2000, et ses bâtiments ont été foudroyés en avril 2001. De tout ce dynamisme industriel, centré autour de l'exploitation houillère, subsiste la fabuleuse aventure des Gueules noires, ancrée dans la mémoire collective.

Les grandes plaines du Nord - Pas-de-Calais conservent l'empreinte de cette mémoire, par les terrils qui percent l'horizon de place en place, par un réseau dense de voies de transport, par la nécessaire requalification des friches industrielles, dans un vivier humain où l'emploi – avec un taux de chômage de 16 % – fait cruellement défaut. Ce sont là les quatre ingrédients, qui, savamment mélangés, permettront en 2003 de donner naissance à la plus grande plate-forme d'échange multimodale du Nord - Pas-de-Calais, la plate-forme Delta 3, située entre Dourges et Oignies.

■ LA PLATE-FORME MULTIMODALE DE DOURGES

L'accroissement du trafic lourd routier, la saturation du réseau autoroutier dans un environnement dense, rend nécessaire le rééquilibrage des échanges

avec les autres modes de transport tels que le transport fluvial et le transport ferroviaire.

Les plates-formes multimodales facilitent les échanges de produits entre ces trois modes de transport et contribuent au développement des modes alternatifs à la route.

Le Nord - Pas de Calais est la deuxième région exportatrice de France et l'un des endroits d'Europe où la densité humaine est la plus forte. C'est une région industrielle, marchande, active... qui génère un flux de marchandises de plus de 230 millions de tonnes par an transportées par route, rail ou voie d'eau. Ce trafic présente une double caractéristique : la forte croissance du transport des marchandises conteneurisées et aussi celle du trafic multimodal.

Face à cette progression et pour répondre au souhait de favoriser le transport fluvial et ferroviaire, un investissement public de 130 millions d'euros a été décidé pour réaliser une plate-forme multimodale, combinaison rationnelle de l'utilisation de plusieurs moyens de transport complémentaires et d'espaces réservés aux activités logistiques.

Après la création en 1999 du syndicat mixte pour la construction de la plate-forme multimodale de niveau européen de Dourges – dont Michel Delebarre, ancien ministre d'Etat, est l'actuel président – réunissant les partenaires publics du projet, et la création en novembre 2000 de la société anonyme d'économie mixte, Delta 3 – sous la direction de Charles Masse –, l'ouvrage entre dans sa phase de réalisation : son ouverture est prévue au printemps 2003.

Alain Ofcard



DIRECTEUR TECHNIQUE
SAEM Delta3

Jacques Avenel



DIRECTEUR DE PROJET
Scetauroute

Daniel Heraly



DIRECTEUR DE PROJET
GRANDS TRAVAUX
TERRASSEMENT
Razel

Olivier Guerin



DIRECTEUR DE CHANTIER
GRANDS TRAVAUX
TERRASSEMENT
Razel

Louis-Robert Borrel



INGÉNIEUR
GÉOTECHNICIEN
GRANDS TRAVAUX
TERRASSEMENT
Razel

FINANCEMENT DE LA PLATE-FORME

Les membres du Syndicat Mixte :

- La région Nord - Pas-de-Calais
- Le département du Nord
- Le département du Pas-de-Calais
- Lille Métropole Communauté Urbaine
- La communauté d'agglomération Hénin-Carvin
- La commune d'Ostricourt

La Région Nord - Pas-de-Calais

L'Etat et ses établissements publics :

- Voies Navigables de France
- Le ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
- Réseau Ferré de France

Cofinancement :

L'Union européenne, via le Fonds européen de développement régional

Cette nouvelle infrastructure représente un pôle de développement essentiel pour la région Nord - Pas-de-Calais, dans un enjeu de compétition économique entre les régions d'Europe.

Cette plate-forme d'échange trimodal (voie ferrée, voie navigable, route), constituera un prolongement important des infrastructures régionales de transport, bien développées par ailleurs, telles que les autoroutes, voies ferrées, canaux à gabarit européen, lien fixe Transmanche.

DESCRIPTION DU PROJET

Entre Arras et Lille, la plate-forme de Dourges - Delta 3 - est située au plus près des principaux lieux de concentration des flux de transport de fret, l'agglomération lilloise et le bassin minier. Elle aura pour vocation de recevoir des trains complets à origine et destination de plus de 500 km et les péniches à destination des ports de la façade maritime.

La plate-forme multimodale Delta 3 est idéalement implantée au centre d'un triangle formé de trois voies de communication majeures : l'autoroute A1 Paris-Lille à l'ouest, le canal de la haute Deûle au sud, les voies ferrées Paris-Lille et Lens-Ostricourt au nord-est. Elle s'étend sur une superficie globale de 337 ha, dont une partie reprise sur les friches industrielles de la fosse 10 et l'usine Agglonord. La plate-forme vient s'enrouler autour des terrils 116/117, dominant la plaine d'une soixantaine de mètres.

La plate-forme s'articule autour de plusieurs zones interconnectées :

◆ le centre de transport combiné regroupe quatre secteurs :

- la zone d'accueil terminal assure le contrôle des accès des camions et le traitement des formalités administratives,

- la zone fluviale permet les échanges de containers entre la voie d'eau, la route et la voie ferrée. Cette zone est équipée de portiques à bec sur rail. Sa capacité d'accueil est de 1 000 EVP (Equivalents vingt pieds),

- la zone trimodale sur laquelle sont stockés les containers en attente de chargement. Les containers sont repris au moyen de grues mobiles et chargés sur camions. Sa capacité d'accueil est de 2 400 EVP,

- la zone d'échange rail-route, pouvant recevoir des trains de 750 m de long, équipée de quatre portiques sur rail, avec une capacité de 500 UTI (Unités de transport intermodal);

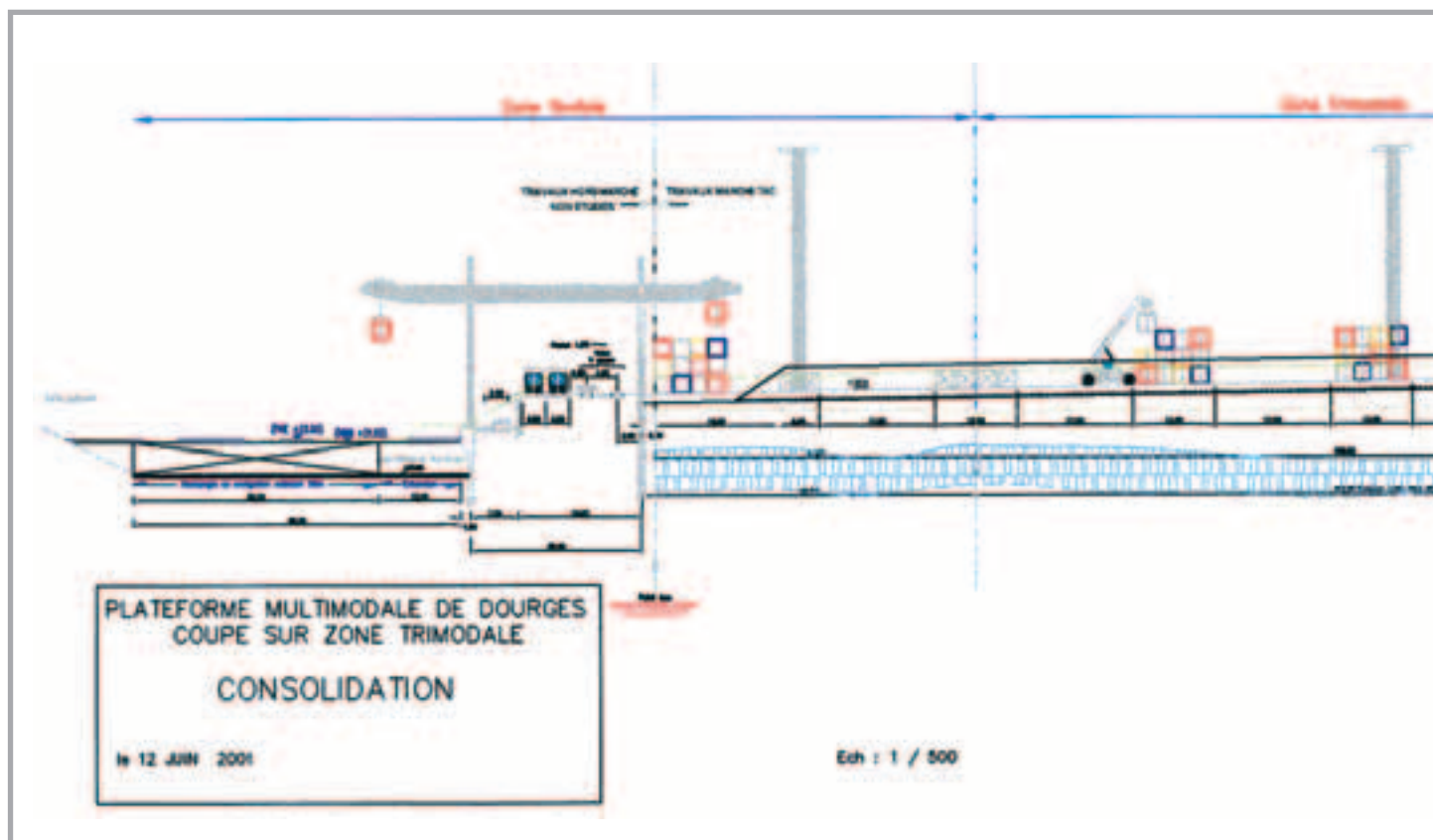
◆ la zone de voies ferroviaires directement raccordée sur les lignes Paris-Lille et Lens-Ostricourt permet aux trains d'accéder et de sortir de la plate-forme. Le faisceau ferroviaire de 10 ha accueille les trains en stationnement entre le centre de transport combiné, et les voies publiques de Réseau Ferré de France;

◆ le centre des services aux transporteurs routiers (carburant, restauration, hôtellerie);

◆ la zone logistique Ouest, sur 64 ha, sur la rive

Coupe type de la zone multimodale

Typical cross-section of multi-modal zone



sud de la Deûle, près du bourg de Dourges, proposera 270 000 m² d'entrepôts;

◆ la zone logistique Est, embranchée fer, disposera de 66 000 m² d'entrepôts sur 12 ha, à l'est du terri 116/117;

◆ la darse de retournement est, un élargissement du canal de 150 m sur 200 m, permettant aux péniches de faire demi-tour.

Les échanges routiers se feront directement à partir de l'autoroute A1, par le biais d'un nouveau diffuseur uniquement dédié à la plate-forme. Par ailleurs, la création de Delta 3 induit le déplacement et le réaménagement sur plus de 4 km, avec création de quatre giratoires et de deux ouvrages d'art, de la route départementale RD 160 reliant Dourges et Oignies.

■ LES TRAVAUX

La première phase des travaux d'aménagements généraux est lancée. Elle consiste en la création des infrastructures de la plate-forme, et notamment la réalisation des terrassements, de l'assainissement, des ouvrages de génie civil, des portiques et des chaussées. Après l'été 2001 débiteront les travaux d'équipement, à savoir les superstructures ferroviaires, les bâtiments, l'éclairage et les réseaux divers.

L'entreprise Razel réalise les travaux de terrassement, assainissement, et chaussées du lot princi-



Vue aérienne du site et zonage

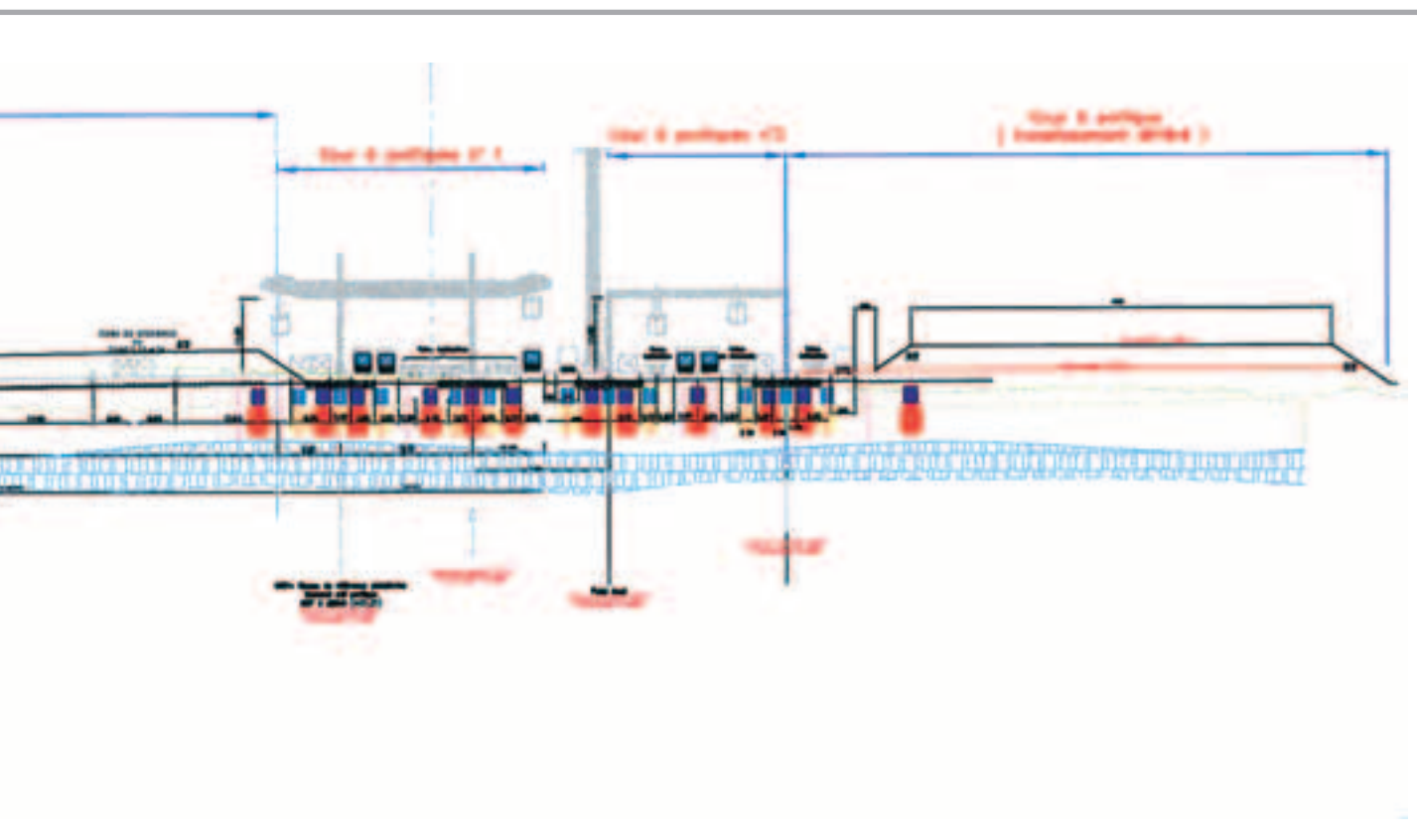
Aerial view of site and zoning

En trait orange = voies ferroviaires, en trait jaune = voiries, en trait bleu = RD160

• CV = centre de vie • A = zone d'accueil • RR = zone rail route • T = zone trimodale • F = zone fluviale
• LA = zone logistique Ouest • LB = zone logistique Est • RS = faisceau ferroviaire • BR 1/2/3 = bassins de rétention

Red lines = railway tracks; yellow lines = roadways, blue lines = highway RD160

• CV = construction village • A = welcome zone • RR = rail/road zone • T = trimodal zone • F = fluvial zone
• LA = west logistic zone • LB = east logistic zone • RS = railway system • BR 1/2/3 = retention basins



► pal et du rétablissement de la RD 160 en cotraitance avec l'entreprise Siorat, chargée de la fabrication et de l'application des produits bitumineux des chaussées.

Compte tenu d'un fort état hydrique des matériaux issus des zones de déblais rasants, qui implique leur mise en dépôt définitif, le mouvement de terre des terrassements est très déficitaire en matériaux réutilisables en remblais. La quasi-totalité des matériaux de remblais, soit environ deux millions de mètres cubes pour l'ensemble de la plate-forme, provient d'un emprunt autorisé sur le flanc est du terril 116/117. Cette zone tabulaire, de 10 à 15 m de hauteur, a été constituée jadis par apport de schistes houillers provenant de différentes fosses d'extraction, charriés sur le lavoir du site de la fosse 10, puis repris au tombereau et mis en dépôt. Il s'agit de matériaux gris à noir, de granulométrie 0/300, à faible teneur en charbon résiduel (moins de 3 %).

Avant d'entrer dans les particularités techniques du terrassement de la plate-forme de Dourges, il convient de rappeler l'historique du réemploi des schistes houillers dans l'industrie routière.

charbon résiduel. Du fait des fortes pressions en leur cœur, certains terrils recelant des teneurs élevées en matériaux combustibles (carbone, hydrogène, soufre) se consomment d'eux-mêmes, sans possibilité d'extinction. Ce phénomène est aléatoire, certains terrils à teneur élevée en charbon ne brûlant pas.

La granulométrie moyenne, fonction des techniques d'exploitation de la mine, est en général incluse dans un fuseau 0/300 mm.

Du point de vue pétrographique, les schistes miniers noirs se composent d'environ 20 à 40 % de grès, 50 à 80 % de schistes provenant d'argiles métamorphiques, 0 à 20 % d'éléments carbonneux.

La recherche d'économies dans l'exploitation des ressources minérales pour les travaux routiers a conduit, dès les années 1960, et sous l'impulsion du ministère de l'Équipement à envisager des solutions de valorisation de certains terrils miniers, en remblais et couche de forme routière. Un potentiel exploitable de 230 terrils, soit 700 millions de tonnes, était évalué en 1985 dans la région Nord - Pas-de-Calais.

Utilisation en remblais courant et couche de forme

L'usage des schistes noirs, en remblais, est courant dans les anciennes régions minières. Le G.T.R. (*Guide technique pour la réalisation des remblais et couches de formes*) classe ces matériaux en F3 (F31 pour les schistes totalement brûlés et F32 pour les schistes incomplètement ou non brûlés). Les propriétés géotechniques des schistes brûlés "rouges" s'apparentent à celles des sols insensibles à l'eau. Ils sont réservés à des usages nobles en couche de chaussée, après concassage et criblage, mais le nombre de sites exploitables se raréfie.

Les schistes non brûlés s'apparentent assez généralement aux sols sensibles à l'eau. A ce titre, les critères d'état et de conditions atmosphériques d'utilisation sont prépondérants.

La volonté d'utiliser les schistes noirs pour compléter les schistes rouges en structure couche de forme, plus noble que l'utilisation en remblais courant, a conduit à l'élaboration industrielle de schistes noirs calibrés sous l'appellation "formoschiste".

Le formoschiste

L'élaboration de schistes noir houillers par criblage et suppression de la fraction fine crée une amélioration des propriétés mécaniques du matériau. Cette valorisation a conduit à l'appellation "formoschiste", marque déposée, de caractéristiques suivantes :

◆ critères granulaires : d/D = 16/160 mm, refus nul à 250 mm, refus à D et tamisât à d compris

Vue aérienne : l'usine Agglonord en cours de démantèlement, l'installation de chantier, le terril 116/117

Aerial view : Agglonord factory during dismantling, worksite installation, and heap 116/117



© Phot'R

■ RÉUTILISATION DES SCHISTES HOUILLERS

Les terrils

Les terrils constituent les principaux accidents de relief du bassin minier Nord - Pas-de-Calais. Ils ont été formés au fil de l'extraction du charbon en veines souterraines, parfois à grande profondeur, certains puits dépassant 700 m. Ils sont constitués des sous-produits de l'industrie minière, et notamment de schistes houillers. Les terrils recèlent également des résidus de charbon, en teneur plus ou moins forte, selon que les matériaux ont – ou non – été retraités en lavoir, lors du premier choc pétrolier, dans les années 1974 à 1985, pour y prélever le

entre 1 et 20 %, tamisât à 80 µm inférieur à 5 % ;
 ♦ critères intrinsèques : coefficient Los Angeles sur 25/50 inférieur à 55, coefficient Deval moyen sur la fraction 25/50 de 1.2 ; aucune valeur inférieure à 1 n'étant acceptable.

L'utilisation de formoschiste est courante en couches de forme des chaussées à faible trafic, et plus exceptionnelle en chaussées à fort trafic.

La fabrication de formoschiste sur un terril où le matériau satisfait aux critères requis pour l'appellation formoschiste, engendre des sous-produits :

♦ pour une faible part, des éléments supérieurs à 160 mm ;

♦ pour 40 à 70 % de la fraction initiale, de la grave 0/20 mm, dont la valorisation à ce jour ne semblait pas nécessaire, compte tenu du potentiel en grave 16/160. Les prélèvements importants effectués dans de nombreux terrils, dans le cadre des chantiers d'équipement du Nord - Pas-de-Calais, remettent à l'ordre du jour la valorisation de cette fraction 0/20, par traitement au liant routier ou au ciment de ces matériaux. Par ailleurs, le besoin constant en matériaux pour l'usage en travaux publics et, en parallèle, l'appauvrissement des gisements en matériaux sains, donnent un intérêt croissant aux pistes de valorisation des schistes par traitement.

Le traitement des schistes au ciment ou au liant routier

Le traitement aux cendres volantes, au laitier ou au liant routier des graves issues par criblage et concassage de schistes rouges est une pratique courante dans les bassins houillers. Les mélanges se font en centrale de malaxage, généralement installée sur les sites de production des graves.

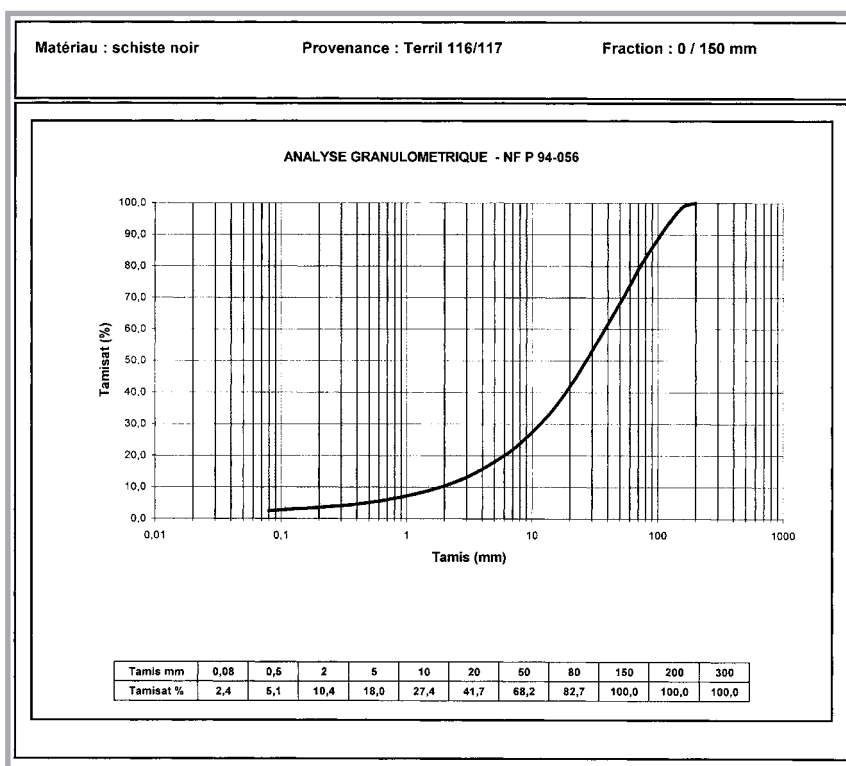
La valorisation des schistes noirs par traitement au liant routier ou au ciment peut se heurter à la réaction du liant en présence de sulfures dans les schistes, avec gonflement par dégagement gazeux à plus ou moins long terme. Cette réaction est absente dans les schistes rouges, car les sulfures ont été détruits par la combustion. Avant d'envisager tout traitement, il convient donc de connaître de façon précise la composition chimique du schiste noir et sa réaction à long terme en présence de liant.

TERRASSEMENTS DANS LES SCHISTES HOUILLERS SUR LA PLATE-FORME DE DOURGES

Les matériaux exploités pour le chantier de la plate-forme multimodale de Dourges proviennent d'un secteur du terril 116/117, constitués de schistes noirs de différents terrils, lavés sur le site



Foudroyage de l'usine Aggлонord
 Demolition of Aggлонord factory



Courbe granulaire des schistes d'emprunt
 Grading curve of borrow shale

de Dourges. Les études de faisabilité préalables au démarrage des travaux ont conduit aux constatations suivantes, établies à partir d'un échantillon représentatif de sondages effectués dans le terril :

- ♦ une courbe granulométrique 0/150, avec 45 % de passant à 20 mm ;
 - ♦ une teneur en eau variant entre 5 et 8,5 %.
- Des caractéristiques intrinsèques :
- ♦ coefficient Los Angeles compris entre 38 et 70, moyenne 55 ;
 - ♦ coefficient Micro Deval compris entre 38 et 63, moyenne 46 ;
 - ♦ dégradabilité DG supérieure à 20 ;
 - ♦ fragmentabilité inférieure à 7.

Une pétrographie moyenne :

- ♦ taux de pélite (argile compacte) compris entre 75 et 80 % ;

La zone d'emprunt
dans le terril
116/117

The borrow zone
in heap 116/117



Bouleur Caterpillar D10N
sur l'emprunt de schistes

Caterpillar D10N dozer
in shale borrow zone



- ◆ taux de grès compris entre 15 et 22 %;
- ◆ taux de charbon inférieur à 3 %.

La classification GTR fait classer ce schiste en F32. Les critères d'utilisation qui en découlent les classent en C2B3/C2D3.

Les essais de traitement au ciment à un an mettent en évidence l'absence de gonflement.

L'analyse chimique montre un taux de soufre total inférieur à 2 %.

En conclusion de cette étude :

- ◆ les schistes noir du terril 116/117 sont évolutifs, du fait de leur dégradabilité en présence d'eau, et donc doivent être classés R31/R32;
- ◆ ils ne peuvent être utilisés tels quels en remblai courant en présence d'eau (zones humides, substitution de purges...);
- ◆ leur utilisation en remblai courant doit se faire dans des conditions atmosphériques favorables;
- ◆ leurs caractéristiques intrinsèques ne permettraient d'obtenir un formoschiste qu'après diminution importante du taux de pélites de la fraction 20/160. Pour les volumes importants de couche

de forme et de matériaux drainant requis par l'opération Delta 3, aucune solution économique de ce type n'est envisageable dans les délais de réalisation de la plate-forme;

- ◆ leur aptitude au traitement au ciment est reconnue, du fait d'essais effectués par le CETE de Lille sur la fraction 0/20, avec un recul d'un an, et du faible taux de soufre total à l'analyse chimique;
- ◆ les propriétés mécaniques du mélange schiste/liant routier sont bonnes et compatibles avec un usage en couche de forme de voirie lourde à très lourde.

Les critères retenus pour la réutilisation de ces schistes sont les suivants :

- ◆ utilisation de schiste brut en remblai courant au-delà de 1,50 m de hauteur, dans des conditions atmosphériques favorables;
- ◆ traitement au liant routier à 3 % des schistes pour utilisation en remblai rasant, en substitution de purges et en zones humides;
- ◆ traitement des arases à 3 % de liant routier, permettant l'obtention d'une arase AR2;
- ◆ traitement des couches de forme à 5 ou 6 % de liant routier, pour obtention d'une plate-forme PF3.

Compte tenu de la courbe granulaire des schistes, de la configuration tabulaire de l'emprunt, et des faibles distances de transport – inférieures à 1500 m – la majeure partie des terrassements est exécutée à l'aide de deux échelons de décapeuses Caterpillar 631E. Deux à trois échelons de pelles, type Liebherr 964 ou Caterpillar 350, associés à des tombereaux Volvo A35, complètent l'échelon de production.

Du fait des grandes surfaces à régler, le chantier utilise trois niveleuses Caterpillar 14H asservies D & PS (*Driving And Positioning System*).

Un essai *in situ* effectué à l'aide d'un malaxeur Wirtgen WR2500 ayant permis de vérifier l'aptitude au malaxage de la fraction 0/D du schiste, avec obtention d'une mouture 0/80, l'entreprise Razel a pris le parti d'un traitement en place des schistes, à l'emprunt ou au remblai, selon le cas. Trois échelons de traitement par pulvimixage au malaxeur type Wirtgen WR2500 sont utilisés.

Des études complémentaires de traitement permettront d'affiner les dosages et le type de liant idéal pour ce matériau (classes mécaniques 3 et 2 obtenues pour la couche de forme avec des dosages compris entre 5 et 6 % de liant spécial routier ou du ciment).

Le parc mobilisé comprend environ 60 engins pour le terrassement seul.

Il convient de rappeler qu'aucun traitement en grande masse de schistes au ciment ou au liant routier n'a été entrepris à ce jour dans le Nord de la France. Le retour d'expérience de ce chantier devrait ainsi permettre une nouvelle avancée dans les méthodes de valorisation des sous-produits de l'industrie minière.

■ CONSOLIDATION DES TERRAINS COMPRESSIBLES SOUS LA ZONE TRIMODALE DE LA PLATE-FORME DE DOURGES

Les critères d'utilisation de la plate-forme d'échange trimodal engendrent des efforts mécaniques considérables. L'empilement de trois containers impose un taux de travail de 60 KPa au sol des zones de stockage, les grues de manutention entraînent une descente de charge de 120 t sur leurs essieux avant, et implique une planéité parfaite du support avec une pente maximale de 1,5 %, les portiques de manutention engendrent des efforts verticaux de 120 t par pied de portiques, avec de faibles tolérances de déformation.

La zone d'échange trimodal est construite sur une formation constituée de limons et alluvions modernes reposant sur une assise crayeuse du sénonien.

Les formations limono-sablo argileuses de surface ont une épaisseur de l'ordre de 6 à 8 m et sont compressibles.

Les modules pressiométriques E moyens sont de 4,5 MPa avec une pression limite de 0,4 MPa.

Les tassements attendus sont de l'ordre de 27 cm pour une charge de 80 KPa, correspondant aux efforts des charges de service et à la pression d'un mètre de chaussées. Sous ces contraintes, le temps de consolidation calculé par la méthode œdométrique pour atteindre une consolidation de 95 %, sans recourir à des travaux de consolidation préalable, serait de 78 mois.

Pour accélérer la consolidation de ces terrains dans des délais et des coûts compatibles avec le programme d'opération, l'entreprise Razel a proposé :

◆ pour la zone de stockage des containers, un préchargement des terrains sous arase. La hauteur minimale de préchargement sera déterminée par la contrainte maximale en service (80 KPa), soit 4,50 m de remblai en schiste. Les hauteurs de tassement et la libération des pressions internes dans le terrain sont suivies à intervalles réguliers à l'aide de cellules tassométriques placées sous les remblais et de cellules de mesure de pression interstitielle mises en place par forage dans les terrains compressibles. Le déchargement interviendra lorsque 95 % de la consolidation sera acquise ;

◆ pour la zone de portiques, la réalisation de plots pilonnés. Cette technique consiste à inclure des matériaux sains dans les sols meubles et compressibles par compactage dynamique à l'aide de masses poinçonnantes ou de plaques de 10 à 15 t, lâchées en chute libre d'une hauteur allant jusqu'à 20 m à partir de grues à flèche treillis type Liebherr 873. Le maillage des plots et les paramètres de pilonnage sont affinés au préalable lors des plots d'essai. Ce procédé de pilonnage permet de den-



Essai de traitement au malaxeur Wirtgen WR2500

Treatment test with Wirtgen WR2500 mixer

sifier les terrains et d'obtenir ainsi à terme des tassements différentiels inférieurs au centimètre. La densification du sol est suivie par réalisation d'essais pressiométriques par forage avant et après pilonnage. Les performances obtenues par le pilonnage sous portiques dans le cas de la plate-forme de Dourges permettront de fonder superficiellement les longrines support de portiques, et ainsi d'éviter la réalisation de 600 pieux Ø 800.

■ MISE EN SÉCURITÉ DES TERRILS ET DES BASSINS À SCHLAMMS

En même temps que démarrent les premiers échelons de terrassement sur la plate-forme multimodale, les bouteurs des entreprises cotraitantes Razel - Guintoli - SGTN ont investi les terrils 116-117 et 110, proches de la plate-forme Delta 3, afin de réaliser pour le compte de Charbonnages de France les travaux de mise en sécurité de ces terrils et des bacs à schlamms qui les entourent. Les schlamms représentent les fractions les plus fines, sous forme de boues, issues des opérations de traitement de la houille.

Ces travaux s'intègrent dans le cadre de la sortie d'installation classée du site minier concédé à Charbonnages de France, pour la fosse n° 10 de Dourges. Sur les terrils, les travaux consistent en des modelés de talus, afin d'en adoucir les pentes, et en la création de "bassins" en déclivité sur les zones sommitales. Ces bassins ont pour objectif de canaliser l'eau de pluie vers les zones centrales, pour les infiltrer dans le terril, et d'éviter ainsi les ravines qui se forment inévitablement à partir de crêtes non protégées. Le terrassement est réalisé principalement au bouteur, de façon à obtenir les profils issus des plans en 3D établis par Charbonnages de France, avec une tolérance de ± 15 cm. Compte tenu des difficultés de suivi topographique sur

PRINCIPALES QUANTITÉS DU MARCHÉ RAZEL-SIORAT (TAC)

- Déblais : 650 000 m³
- Emprunt en terril : 1 200 000 m³
- Fourniture de liant routier : 53 000 t
- Traitement au liant : 680 000 m³
- Consolidation par plots pilonnés : 84 000 m²
- Canalisations Ø 200 à Ø 2 000 : 24 km
- Béton pour génie civil : 6 000 m³
- Linéaire de tranchées pour fourreaux : 24 km
- Matériaux enrobés : 25 000 m³
- Bassins de traitement : 3 u
- Station d'épuration : 1 pour 1 000 équivalent/habitants

ces grandes pentes, l'implantation est réalisée à l'aide d'une station GPS portable. En fin de travaux, le plan de récolement sera établi à partir d'une photogrammétrie aérienne. L'aménagement comporte également l'implantation de fascines et de l'engazonnement. Ces travaux de terrassement seront suivis d'un aménagement paysager par plantations. Les bassins à schlamms sont quant à eux recouverts de schiste de terril, afin d'éviter les envols de poussières. Des digues filtrantes permettent de retenir les fines entraînées par le lessivage des pluies, avant rejet des eaux dans le milieu naturel.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS DE LA PLATE-FORME

Maitre d'ouvrage

SAEM Delta 3

Contrôle technique

Afitest

Coordonnateur SPS

Euro Techni Contrôle

Maitre d'œuvre

Groupement Scetauroute (mandataire), Tractebel, Berim, Trace Architectes, Paysages

Entreprises (principaux marchés attribués)

- Razel - Siorat : terrassements, assainissement, chaussées
- Razel - Siorat : rétablissement RD160
- Colas : chaussées lourdes zone trimodale
- Rabot Dutilleul - Buyck : pont sur la Deûle
- Norpac-Quillery : quai zone fluviale
- Chantiers Modernes : diffuseur A1
- Peiner : portiques
- Saniez : clôtures
- Bernard : fourniture de ballast

ABSTRACT

Delta-3 - The Dourges multi-modal platform

A. Ofcard, J. Avenel, D. Heraly, O. Guerin, L.-R. Borrel

Multi-modal platforms facilitate exchanges between different containerised freight transport modes and meet the growing demand for piggybacking and the wish to promote this lorry/rail transport mode. In the heart of the Nord - Pas-de-Calais region and at the crossroads of three major routes (motorway, waterway and railway), the Delta 3 multi-modal platform in Dourges will be a major asset for regional economic development when it goes into service in the spring of 2003, constituting a main exchange node on the European level.

Construction of the multi-technique platform will be handled by SAEM Delta 3, also acting on behalf of a joint Syndicate for the construction of public infrastructures. The investment represents 130 million euros.

Earthworks borrow 2 million cu. m from a carbonaceous shale heap near the worksite. These materials, by-products of the mining industry, require improvement by sizing or by treatment with a road binder for applications in wet zones, levelling courses and subgrades for roads and rail.

The lands supporting the container exchange and storage zones are compressible down to a depth of about 10 m, and call for prior consolidation by preloading and dynamic tamping.

The Razel-Siorat group is handling most of the earthworks, drainage and pavement construction.

RESUMEN ESPAÑOL

Delta 3 - Plataforma multimodal de Dourges

A. Ofcard, J. Avenel, D. Heraly, O. Guerin y, L.-R. Borrel

Las plataformas multimodales facilitan los intercambios entre los diversos métodos de transporte de bienes en contenedores y responden a la demanda cada vez mayor y a la voluntad de promover el transporte combinado ferrocarril-carretera.

En pleno centro de la región Norte - Paso de Calais y en la encrucijada de tres importantes ejes de comunicaciones (autopista, canal y vía férrea),

la plataforma multimodal Delta 3 de Dourges habrá de constituir, una vez que entre en servicio durante la primavera de 2003, una ventaja destacada para el desarrollo económico regional y constituirá así un nudo de intercambios de importancia europea. La plataforma multitécnica y el haz ferroviario dependen del futuro propietario, la SAEM Delta 3, la cual actúa también en nombre y por cuenta de la Agrupación mixta para la construcción de estructuras públicas. La inversión financiera representa 130 millones de euros.

Los movimientos de tierras suponen el empréstito de dos millones de metros cúbicos, procedentes de un escombrero minero de esquistos carboneros cercano de las obras. Estos materiales, subproducto de la industria minera, precisan una mejora por calibrado o por un tratamiento mediante aglomerante viario para las aplicaciones en zona húmeda, los enrasos y las capas de coronación de terraplenes viarios y ferroviarios. Los terrenos que soportan las zonas de intercambio y de almacenamiento de los contenedores son compresibles sobre unos 10 m de espesor, aproximadamente, lo cual presupone una consolidación por precarga y apisonado dinámico de los bloques de apoyo.

El grupo de empresas constructoras Razel-Siorat lleva a cabo la mayor parte de los movimientos de tierras, saneamiento y pavimentación.

Talus Royal® sur l'autoroute A83

L'entreprise Deschiron a réalisé les travaux de terrassement du chantier autoroutier de la section Oulmes/A10 (Niort) d'une longueur de 34,4 km, dernier maillon de l'autoroute A83 - Nantes/Niort concédée aux Autoroutes du Sud de la France (ASF).

Les travaux ont été effectués, après une période de préparation de 3 mois, entre avril 1999 et février 2001.

Le maître d'ouvrage voulant une intégration de cette autoroute dans son environnement naturel a décidé de réaliser tout au long du tracé des modelés paysagers ainsi qu'un traitement particulier : le talus Royal® d'un déblai calcaire situé entre les viaducs du Musson (303 m) et de la Sèvre Niortaise (480 m).

La direction d'ASF a choisi d'appliquer une méthode maintenant éprouvée sur d'importants chantiers de terrassements routiers depuis une dizaine d'années : le talus Royal®. Méthode* qui permet à la fois d'assurer une stabilité optimum et une résultat harmonieux, utilisant les potentialités paysagères de la géologie en place. Un des objectifs était de raidir les talus pour réduire les emprises et profiter des matériaux de meilleure qualité, le plus souvent situés en profondeur. Cette méthode a été précédemment appliquée sur l'autoroute A20 (Souillac) où il s'agissait, en plus de reconstruire un paysage remarquable à proximité de la vallée de la Dordogne, de réduire les volumes de déblais en excédent de 200 000 m³ en appliquant les pentes les plus raides que permettait la géologie.

■ LES OBJECTIFS

En cherchant à s'appuyer sur la fracturation structurale naturelle cette méthode d'extraction poursuit plusieurs objectifs :

- ◆ en imposant au talus les lignes et plans de glissement naturel on assure aux futurs talus une stabilité d'ensemble garantie ;
- ◆ les formes dégagées sont directement conduites par un système de discontinuités, comme la nature l'utilise dans son travail d'érosion. Les paysages ainsi créés retrouvent la logique des paysages environnants, eux-mêmes régis par la géologie. La greffe de l'aménagement est optimisée dans la géomorphologie du site ;
- ◆ dans le détail les faces découvertes constituaient les parois de fissures, sièges de circulations souterraines. Ces circulations ont déposé pendant des

millions d'années divers oxydes métalliques et pellicules argileuses qui constituent, après leur dégagement, une prépatine. Cette prépatine redonne très rapidement, sous l'effet des agents atmosphériques, un aspect en continuité avec celui des reliefs rocheux environnants ;

- ◆ enfin les reliefs dégagés dans les talus s'intè-

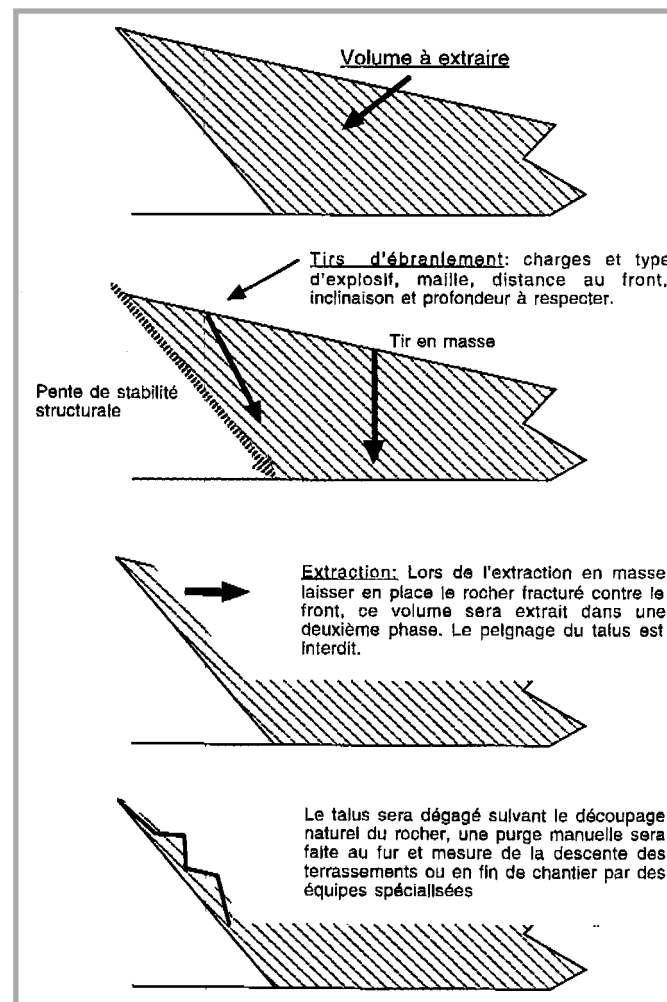


Schéma de principe de la méthode d'extraction en rocher cohérent, talus Royal®

Schematic diagram of extraction method used in coherent rock, Talus Royal®

* Méthodologie déposée à l'INPI le 29/03/95 sous le n° 30038

Vue d'ensemble.
Les terrassements
ont préservé l'ossature
géologique, l'âme
du paysage est respectée

**Overall view. The earthworks
preserved the geological
skeleton; the soul
of the landscape
was complied with**



Talus Royal®
Vue rapprochée
des bancs et reliefs

Talus Royal® method;
close-up view of benches
and relief



grent dans un réseau de fractures dont les circulations internes permettent un développement harmonieux du végétal sur ces supports minéraux.

■ L'ÉTUDE

La conception des géométries du déblai et de la méthode d'extraction doivent être menées conjointement, dès la prise de contact avec le terrain.

Il ne s'agit pas d'appliquer des pentes arbitraires (3/2, 1/1...), en fonction d'une dureté ou d'un degré de fracturation supposé ou extrapolé, mais d'identifier à partir de tous les indices de surface accessibles, naturellement ou dans le cadre de travaux préparatoires, tous les traits géologiques et structuraux qui agencent les volumes à terrasser.

Un peu de géologie

Tout substrat géologique en roche cohérente est parcouru par au moins trois directions de fractures. La compréhension de l'agencement de ces discontinuités structurales permettra la définition des géométries de stabilité structurale.

Il s'agit donc d'identifier au cours de ces levés de terrain les unités structurales présentant un minimum d'homogénéité pour pouvoir ensuite y appliquer des principes d'extractions sur un linéaire suffisant, indispensable à une industrialisation du

mode d'extraction avec les moyens classiques de terrassement.

Le milieu naturel que représente le substrat géologique rend difficile une définition trop précise des talus définitifs qu'il nous imposera. C'est pourquoi les profils théoriques, si on veut utiliser cette géologie en place, doivent être conçus non pas comme des lignes intangibles mais comme un fuseau dans lequel devra se situer le profil définitif. Cette différence fondamentale avec les conceptions classiques de déblais permettra une adaptation aux variations structurales à l'intérieur du fuseau prédéfini, dans le respect de la stabilité.

■ LE CHANTIER

Le document intitulé "Méthode d'extraction" dans lequel sont définis les types d'adaptation à la géologie, le mode de minage et la façon de traiter les fronts rocheux à la pelle mécanique et éventuellement manuellement, constitue la base des relations établies sur le chantier.

Il n'est plus question d'appliquer un plan continu et régulier sur un linéaire important. Au contraire, les hommes de chantier doivent s'approprier l'objet géologique pour le suivre et le mettre en valeur. Les talus de déblais doivent être structurés avec la géologie en place, il ne s'agit pas que d'une destruction pour servir un ouvrage, mais d'une construction à part entière.

Il est donc indispensable d'établir une connexion intime entre le milieu naturel et les hommes qui donnera à l'acte du terrassement une dimension nouvelle.

La qualité et la satisfaction données par la réussite du résultat sont toujours proportionnelles à la qualité de la relation, presque complice, qui doit s'établir sur le chantier.

Techniquement

Le principe consiste comme on l'a décrit à utiliser le prédécoupage naturel du rocher. Contrairement aux usages qui cherchent à limiter ou interdire "l'effet arrière" des tirs, on cherche dans cette méthode à l'utiliser et à en contrôler l'impact pour "ouvrir" le rocher, suivant ses discontinuités structurales. La ligne de tir contre le front de taille sera forcée suivant une pente particulière et en fonction de la nature du rocher, de son degré de fracturation ou d'altération; les paramètres du minage sont précisément définis : étagement des charges, charges spécifiques, type d'explosif, maillage, distance par rapport au front théorique, mode d'amorçage...

Ces paramètres doivent être strictement respectés, car en cours de chantier, la réaction du rocher peut varier en fonction de conditions et d'aléas naturels. Il conviendra alors de modifier tel ou tel paramètre en collaboration avec le mineur et les

conducteurs d'engins qui ont leur propre perception du milieu qu'ils travaillent.

La précision du minage est indispensable, c'est par celui-ci que le traitement à la pelle mécanique sera facilité. Le traitement mécanique doit se faire sur des fronts dégagés sur des hauteurs minimales permettant au conducteur de la pelle d'avoir une vision des structures géologiques. Les fronts seront alors débarrassés des volumes affectés par l'impact des tirs de mine ; c'est à ce stade que le nouveau paysage sort de terre. Il est parfois nécessaire d'adjoindre à la pelle l'utilisation du BRH pour terminer un effet incomplet du minage.

Cet atelier de traitement des talus doit être distinct de l'extraction en masse et exempt de contrainte de production volumétrique.

La validation d'un front doit être réalisée avant d'extraire les tranches inférieures, évidemment pour des questions d'accessibilité, mais aussi pour définir les adaptations à la géologie ou ajuster les paramètres des tirs à la réaction constatée du rocher. Une purge manuelle donnera la touche finale et sécurisera définitivement les fronts.

Il est évident que cette méthodologie diffère sur plusieurs points des méthodes classiques de terrassement. Tout d'abord elle nécessite une connaissance précise des structures géologiques apportées par une observation et une analyse traditionnelle de la géologie. Cette analyse ne peut être remplacée par aucune investigation sophistiquée. Les sondages, la géophysique ou autres apporteront des renseignements d'une nature différente.

Le point le plus important dans la réussite de ce type d'ouvrage réside dans la communication et la sensibilité que s'autorisent chacun des acteurs du terrassement. Ces réalisations ont une dimension humaine, inhérente aux travaux publics en général, mais dans ce cas particulièrement intense et génératrice de fierté et de satisfaction.

ABSTRACT

Talus Royal® on A83 motorway

J.-M. Dessert, P. Royal

The company Deschiron carried out the earthworks for the motorway project on the Oulmes/A10 (Niort) section, 34.4 km long, representing the last link of the Nantes/Niort A83 motorway operated by Autoroutes du Sud de la France (ASF).

After a preparation period of 3 months, the works were completed between April 1999 and February 2001.

As the client wanted this motorway to be integrated in its natural environment, the decision was made to provide landscape models and special treatment along the entire route : The Talus Royal® rock-cutting method was used on limestone between the Musson (303 m) and Sèvre Niortaise (480 m) viaducts.

RESUMEN ESPAÑOL

Talus Royal® en la autopista A83

J.-M. Dessert y P. Royal

La empresa constructora Deschiron ha ejecutado las obras de movimiento de tierras de las obras de la sección/A10 (Niort) de una longitud de 34,4 km, último eslabón de la autopista A83 - Nantes/Niort concedida a la empresa operadora Autoroutes du Sud de la Francia (ASF).

Las obras correspondientes se han llevado a cabo entre abril de 1999 y febrero de 2001, tras un período preparatorio de tres meses.

Dado que la entidad propietaria deseaba una integración de esta autopista en su entorno natural, ha decidido ejecutar en toda la longitud del trazado diversos modelos del paisaje, así como un tratamiento particular : el talud Royal® procedente de un desmante calizo situado entre los viaductos del Musson (303 m) y de la Sèvre Niortaise (480 m).

Matériels et matériaux

■ BENNE À ÉJECTEUR BELL

Bell Equipment a développé un nouveau modèle de benne à éjecteur pour son tombereau articulé B40C. Ce concept permet la vidange de tous les matériaux sans avoir à basculer la benne.

Le concept de la benne à éjecteur existe depuis plusieurs années sur les véhicules de transport utilisés en sous-sol dans les applications minières, lorsque la hauteur sous plafond est insuffisante, et dans la manutention de matériaux visqueux tels que l'argile.

Tombereau articulé éjecteur Bell



Cette méthode de déchargement peut également se révéler avantageuse lorsque l'on doit binner sur des matériaux instables ou de faible portance. Cette méthode améliore la rapidité des cycles, puisque le matériau peut être éjecté lorsque le véhicule est en mouvement, supprimant ainsi la nécessité d'une marche arrière. Il réduit également l'obligation d'utiliser une niveleuse ou un buteur lorsqu'un nivelage est nécessaire et se révélera particulièrement efficace dans les opérations de réhabilitation lors de l'épandage de la couche arable.

Le nouveau concept de benne à éjecteur, qui possède une capacité en dôme de 22,5 m³ (identique à celle de la version basculante conventionnelle), sera disponible en tant qu'option sur le modèle B40C, dès le milieu de cette année. Ce système a été présenté lors de l'exposition de matériel de travaux publics de Munich, la BAUMA en avril 2001. Bien que cette option ne soit, pour le moment, offerte que sur le B40C, modèle haut de gamme des tombereaux articulés de Bell Equipment, il

constituera plus tard une option disponible sur les autres modèles de la gamme. La benne à éjecteur Bell est en cours de protection par un brevet mondial. Différents autres concepts existent, avec des méthodes classiques comprenant une plaque d'éjection se déplaçant vers l'arrière pour éjecter les matériaux au travers d'un hayon arrière ouvrant, ceci étant souvent réalisé par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique multistades à double effet.

Cependant cette méthode présente certains inconvénients. Les fabricants qui utilisent par exemple des vérins multistades double-effet ont été obligés d'utiliser des rouleaux guides montés sur la plaque d'éjection, afin d'éviter qu'elle ne se mette en travers de la benne. Dans ce cas les rails-guides rouleaux nécessaires doivent demeurer propres et ne subir aucune déformation durant toute la durée de vie du véhicule. En outre, si la caisse subit quelque déformation ceci aura pour effet de coincer le plateau éjecteur. Il faudra donc avoir recours à une structure très solide et très lourde.

Le modèle de Bell est réalisé selon un tout nouveau concept, développé en fonction de la connaissance des points faibles des autres systèmes existants. La caisse Bell procurera des améliorations de productivité et de coût à la tonne transportée dans pratiquement toutes les opérations de bennage. Le système Bell permet au plateau éjecteur d'être déplacé par quatre chaînes sans fin, situées à chacun des quatre coins du plateau. Ce concept permet aux chaînes d'opérer toujours en traction, quelle que soit la position que puissent exercer les forces de résistance, éliminant ainsi la possibilité pour le plateau éjecteur, de se mettre en biais dans la benne.

Dans ce contexte, aucun rail-guide ni rouleau ne sont plus nécessaires, en conséquence la rigidité requise de la caisse sur le plan dimensionnel n'est plus impérative, et la construction peut en être plus légère. Deux des chaînes cheminent le long du plancher de la caisse et les deux autres de chaque côté en haut de la caisse.

Les chaînes à l'intérieur de la caisse sont très bien protégées, puisqu'elles fonctionnent dans des rainures profondes, ce qui fournit une protection efficace même contre de très grosses et très lourdes roches. La caisse à éjecteur Bell peut supporter n'importe quel matériau manutentionné dans une benne basculante classique.

La commande du hayon arrière est manuelle, et l'opération complète s'effectue au moyen d'un simple levier. Des témoins lumineux informent l'opérateur si :

pour le terrassement

- ◆ le plateau éjecteur n'est pas en position initiale;
- ◆ le plateau éjecteur est en fin de course;
- ◆ le hayon arrière est non fermé.

Une sécurité supplémentaire consiste en une alarme auditive qui alerte l'opérateur lorsque :

- ◆ le plateau éjecteur n'est pas revenu en position et s'arrête de fonctionner;
- ◆ le plateau éjecteur est en position initiale, mais le hayon n'est pas fermé;
- ◆ le plateau éjecteur arrive en fin de course.

La benne à éjecteur Bell a été conçue pour un entretien minimum absolu, et aucun graissage n'est nécessaire, à l'exception des six joints qui doivent être graissés toutes les 1000 heures. Les chaînes utilisées pour ce montage sont solides et durables et sont identiques aux chaînes utilisées pour les travaux de halage profonds dans les mines sud-africaines. L'usure de la caisse doit être similaire à celle d'une benne basculante.

→ Contact : J. Vivero - **Bell Equipment**

Tél. : + 33 (0) 5 55 89 23 56

Fax : + 33 (0) 5 55 89 23 24

■ BOMAG : COMPACTEURS DE TERRASSEMENT AVEC CYLINDRES SPÉCIFIQUES POUR SOLS COHÉRENTS ET REMBLAIS AVEC ENROCHEMENTS

A la suite d'études approfondies, trois cylindres spécialement conçus pour le compactage des sols cohérents et des remblais constitués des pierres de formes variées s'avèrent répondre aux exigences des entreprises en relation avec l'augmentation du rendement de compactage exigé et ont déjà fait leurs preuves sur chantiers.

En principe, les pieds de mouton additionnés à la vibration ont un effet de malaxage et de chocs qui réduit les espaces libres et broie les mottes de terre et les blocs de pierre tendres de manière significative, c'est-à-dire que la surface de contact s'agrandit avec l'augmentation de la profondeur de pénétration et l'effet de compactage est adapté à la portance du sol.

Leur très large champ d'application et leur excellent rendement de compactage ont fait des compacteurs à pieds de mouton des machines éprouvées qui sont maintenant proposées dans la catégorie des rouleaux monocylindres de 6 à 25 tonnes.

Rouleaux à crampons pyramidaux tronqués

Les cylindres à crampons de forme pyramidale se distinguent par rapport aux cylindres à pieds de mouton traditionnels par des crampons plus hauts, des surfaces de contact au sol nettement plus petites et des flancs plus inclinés.

En raison de leur pression spécifique plus élevée, les pyramides pénètrent plus profondément dans le sol et l'on obtient un malaxage et donc un compactage plus intense.

Rouleaux à crampons triangulaires

Pour le concassage des roches très dures et friables, Bomag a équipé un compacteur de 25 t d'un cylindre à crampons triangulaires. Lors de la mise en œuvre sur des roches fragmentées et fermes, les pointes triangulaires génèrent de tels efforts et de telles pressions de clivage en liaison avec la vibration que les roches sont éclatées et les arêtes rompues générant, comme il était souhaité, du grain grossier. Un compactage du remblai présentant très peu de cavités est donc ainsi obtenu.

Etant donné qu'ils sont soumis à des contraintes extrêmes, les crampons triangulaires sont fabriqués avec un matériau hautement résistant à l'usure.

Rouleaux à crampons triangulaires et lames

Un effet spectaculaire peut être également obtenu avec le rouleau de 25 t à cylindre équipé de crampons triangulaires et de lames : ce cylindre spécial est avant tout prévu pour le broyage de remblais avec enrochements.

En effet, le grain grossier est broyé par les crampons triangulaires pour ensuite être fragmenté par les lames. De plus, les lames empêchent les fragments de se coincer entre les crampons. Globalement, cette combinaison représente un système intermédiaire approprié aussi bien pour le broyage que pour le précompactage. Les rouleaux équipés avec crampons triangulaires et lames ont été testés pour la première fois sur la section A du chantier de la voie ferrée à grande vitesse ICE de Köln - Rhein/Main ainsi que lors de la construction de digues de 70 m de haut sur le chantier de l'autoroute A71 (Erfurt - Suhl) pour le broyage et le compactage de fragments d'argile, de sable et de pierres calcaires.

→ Contact : Muriel Bataillé - **Bomag**

Tél. : + 33 (0) 1 69 88 39 14

Fax : + 33 (0) 1 60 84 18 66

e-mail : bataille@bomag.fr



Pelle Robex Hyundai.
Vue de la cabine intérieure



Pelle Robex Hyundai

ROBEX 210LC-7 ET ROBEX 290LC-7 : LA NOUVELLE GÉNÉRATION DE PELLES HYDRAULIQUES HYUNDAI

Hyundai Heavy Industries annonce les nouvelles versions des pelles Robex 210LC-3 (de 21 t) et Robex 290LC-3 (de 29 t). Ces versions améliorées sont libellées Robex 210 LC-7 et Robex 290 LC-7, ou en abrégé la Série 7.

Un plus grand confort pour l'opérateur

La cabine de la Série 7 est plus spacieuse avec un accès à la cabine plus commode et une visibilité améliorée.

L'ordinateur de bord contrôle et vérifie un grand nombre de fonctions et de conditions de travail. Il offre à l'opérateur un contrôle total de la machine au démarrage. Au service de l'opérateur :

- ◆ 2 modes de puissance ;
- ◆ 3 modes de travail ;
- ◆ 2 modes utilisateur.

Ces nouvelles pelles Hyundai fonctionnent en souplesse grâce à l'harmonisation du joystick et du M.C.V, ce qui améliore également les qualités de roulage.

L'opérateur appréciera également le niveau sonore à l'intérieur de la cabine inférieur à 70 dB.

L'équipement de cabine est très complet : siège plus confortable, rangement à boissons et à aliments avec compartiments chaud ou froid. Une griffe de maintien pour boisson et une poche à documents sont également disponibles.

Chauffage et climatisation permettent aux opérateurs de bénéficier d'un niveau de confort maximal pendant le travail. La climatisation plus moderne, est dotée d'un nouveau système de ventilation.

Plus performantes

Grâce aux améliorations de la puissance du moteur, de la force de traction maximale, du débit hy-

draulique et de la contenance supérieure du réservoir de carburant, les deux nouveaux modèles sont en mesure d'effectuer les tâches les plus variées dans les conditions les plus éprouvantes.

Ces machines offrent la précision pour les travaux les plus délicats en plus de la force et de la robustesse exigées dans les conditions de travail les plus difficiles.

Plus faciles à entretenir

Les nouvelles pelles R210LC-7 et R280LC-7 sont faciles à entretenir, l'accessibilité plus aisée grâce au capot à dégagement total et à la hauteur sous capot supérieure. La disposition des éléments du compartiment moteur a été optimisée de manière à fournir une accessibilité exemplaire à tous les composants. Elle permet également un montage facile et rapide.

De plus, le nettoyage du radiateur et du refroidisseur d'huile est désormais plus commode. La dissipation de chaleur a également été améliorée.

Plus respectueuses de l'environnement

Les moteurs de cette nouvelle génération de pelles hydrauliques sont peu polluants et tournent à bas régime. Leur consommation est économique. Leur niveau sonore a également été réduit.

➔ **Contact** : Sébastien Stabel - **Hyundai Heavy Industries**

Tél. : + (32) 14 56 22 36

Fax : + (32) 14 59 34 05

e-mail : sebastien.stabel@hyundai.be

TGV MÉDITERRANÉE RÉALISATION DE PROTECTIONS CONTRE LES VENTS LATÉRAUX À AVIGNON

Présentation du projet

Ce projet est situé entre la nouvelle gare de la Courtine et les viaducs d'Avignon.

Dans le cadre de la protection de la ligne TGV Méditerranée contre les vents latéraux, très violents sur la région d'Avignon, il était prévu de réaliser un merlon de 14 m de hauteur sur 780 m de long en épaulement du remblai existant; ce dernier a une hauteur moyenne de 8 à 9 m.

La solution retenue pour cette protection est un merlon en terre réalisé avec du limon mélangé à de la chaux afin de lui donner la cohésion nécessaire à sa bonne tenue.

Il fallait trouver une solution technique efficace afin de raccorder ce merlon aux ouvrages existants. Cette solution devait en plus, offrir une qualité environnementale et une intégration paysagère à l'ensemble.

Le cahier des charges précisait un raidissement quasi vertical du talus à l'extrémité du merlon, pour

Pelles Hyundai. Caractéristiques générales

Elément		R210LC-3		R290LC-3	
		R210LC-3	R210LC-7	R290LC-3	R290LC-7
Poids en ordre de marche	kg	21 020	21 300	28 600	28 700
Moteur Cummins		B5.9-C	B5.9-C	C8.3-C	C8.3-C
Puissance régulée	CV / t/min	137/2200	145/2100	185/1900	185/1900
Force de traction maxi.	tonnes	19.9	21.0	26.7	28.0
Contenance du réservoir de carburant	litres	300	350	450	470
Portée maximale	mm	9 920	9 940	10 800	10 820
Portée maximale au niveau du sol		9 720	9 780	10 600	10 620
Profondeur de fouille maximale		6 740	6 740	7 300	7 500
Hauteur de fouille maximale		9 400	9 490	10 160	10 160
Force d'arrachement (amplificateur de puissance)	tonnes				
	au godet	13.2 (14.4)	15.5 (16.9)	16.7 (18.2)	19.6 (21.4)
	au balancier	9.8(10.7)	10.3 (11.2)	12.2 (13.3)	13.1 (14.3)

faire la jonction avec un écran de 3,5 m de hauteur situé le long de la plate-forme ferroviaire.

La solution retenue par la SNCF est un mur en remblai renforcé de type Terramesh® System, avec parement minéral et renforts arrière grillagés pour les grandes hauteurs et murs poids en gabion pour les murs parallèles à la voie ferrée. L'ouvrage à réaliser se situant sur une zone compressible, le sol de fondation a été purgé sur une hauteur moyenne de 4 m et remplacé par un remblai frottant et compacté.

Le Terramesh® System

Le Terramesh® System est une structure pour la réalisation d'ouvrages en remblai renforcé à parement minéral. Il s'agit d'un ensemble monolithique sans aucune discontinuité structurelle composé en parement d'un parallélépipède de type gabion dont la base se prolonge à l'arrière par une nappe d'ancrage.

Ce type de structure est réalisé en grillage double torsion à maille hexagonale type 80 x 100.

Le fil employé est à galvanisation très riche (ou revêtement de type Galfan®), revêtu d'un PVC gris clair extrudé à chaud d'une épaisseur nominale de 0,50 mm, spécialement étudié pour cette application. Ce revêtement est un gage de sécurité contre la corrosion.

La nappe d'ancrage a une valeur de résistance élevée de l'ordre de 50 kN/m.

Le Terramesh® System doit sa propre capacité d'ancrage à un double effet :

- ◆ frottement : entre le grillage et les particules du sol ;
- ◆ Interblocage : des matériaux dans l'épaisseur de la maille.

L'utilisation de cette technique offre de nombreux avantages :

- ◆ monolithisme : les modules formant l'ouvrage sont ligaturés côte à côte et d'un rang sur l'autre ;
- ◆ grande souplesse : permet à la structure de suivre d'éventuels tassements différentiels sans dommage pour la stabilité ;
- ◆ bonne intégration dans l'environnement : par le choix des pierres utilisées qui sont le plus souvent locales ;
- ◆ drainant : évite tout problème relatif aux poussées hydrostatiques ;
- ◆ pas d'entretien : difficulté de faire des tags ou coller des affiches ;
- ◆ simplicité de mise en œuvre qui nécessite une procédure précise définie au préalable ;
- ◆ bonne capacité d'absorption acoustique.

Réalisation du chantier

Délai de réalisation impératif : 9 semaines.

Dès l'ouverture du chantier, l'entreprise Valérian s'est trouvée confrontée à des problèmes d'intempéries ne facilitant pas l'avancement des travaux. De plus, le sol de fondation gorgé d'eau, a



Principe de mise œuvre du Terramesh® System



Structure réalisée en grillage double torsion à maille hexagonale



Ouvrage en cours de finition

Mise en œuvre du Terramesh® System

nécessité de purger le terrain par zones de 5 m afin de ne pas déstabiliser le talus existant.

Deux équipes ont travaillé en parallèle afin de respecter le planning.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Maître d'ouvrage : Réseau Ferré de France (RFF)
- Maître d'œuvre : SNCF
- Entreprise : Valérian
- Fournisseur : France Gabion

➔ Contact : René Noël Trouilhas - France Gabion

Tél. : + 33 (0) 4 75 86 19 99

Fax : + 33 (0) 4 75 86 09 19,

e-mail : info@francegabion.fr

internet : www.francegabion.com



Le défi : résultat centimétrique à partir de mesures GPS



Thales Navigation. Principe de fonctionnement

THALES NAVIGATION UN ACTEUR CLÉ SUR LES MARCHÉS DU GPS PROFESSIONNEL ET DU GUIDAGE D'ENGINS

Thales Navigation issu du département radionavigation de la société Sercel, a créé un département guidage d'engins. Thales Navigation bénéficie du capital industriel et des processus qualité qui font la réputation du groupe Thales sur les marchés les plus exigeants.

De plus, Thales Navigation joue un rôle important dans le projet européen GNSS-2¹ pour le développement des modules "cœur" des récepteurs de l'actuel (Egnos) et futur (Galileo) système GNSS.

L'utilisation du Rotograde 6000 par la société GTM construction a amené à appréhender une technique de guidage différente des méthodes conventionnelles (laser, palpeurs, etc.). Le défi a consisté à obtenir un résultat centimétrique à partir uniquement de mesures GPS. Pour ce faire, Thales Navigation et GTM Construction ont développé en partenariat la gamme Centaur (Civil ENgineering Technology for AUTomatic Roadmaking). Dédié aux utilisateurs, Centaur est avant tout un outil adapté aux besoins réels et aux impératifs de chantier. Centaur se présente en trois modules distincts :

- ◆ le **module Project** est un logiciel qui fonctionne sur micro-ordinateur compatible Windows 95/98/NT. Il permet la saisie ou l'importation du projet à réaliser (route, autoroute, chemin de fer, aéroport, plate-forme...) à partir des données fournies par la maîtrise d'œuvre. Cette saisie est conviviale et rapide. Project génère un fichier de travail au format Centaur nécessaire au fonctionnement de Driver ;
- ◆ le **module Walker** est un logiciel qui a d'abord été conçu pour fournir aux équipes de topographes la visualisation de leurs positions sur l'axe en plan, le profil en long et le profil en travers calculés à la

verticale de l'antenne GPS. Cette fonctionnalité permet de suivre au quotidien l'évolution des travaux et, couplée à un module de calcul de cubature, d'en estimer précisément les rendements. Elle permet également d'effectuer des levés de points, qu'ils soient situés sur le chantier ou à proximité, pour vérifier par exemple une polygonale existante.

Le projet théorique étant chargé à partir du module Project, l'implantation de points caractéristiques, le calcul des entrées en terre et des données géométriques qui en découlent sont réalisables en temps réel sur le terrain. Une option permet même l'implantation de points sur un maillage en trois dimensions comme dans les applications de minage par exemple.

Outre les fonctions purement topographiques offertes par le module Walker, le pilotage des unités GPS est également assuré : contrôle de la qualité des coordonnées calculées, affichage du nombre de satellites reçus, vérification des niveaux de réception sont accessibles à l'opérateur à tout moment ;

- ◆ le **module Driver**, associé à un capteur GPS de position en trois dimensions permet le respect des tolérances altimétriques et planimétriques en déblais et remblais, sans intervention d'équipes de topographes. Grâce au récepteur embarqué sur l'engin, ce contrôle s'effectue avec une précision centimétrique, de jour comme de nuit, dans les environnements les plus délicats (poussière, brouillard, pluie...).

Plusieurs types d'engins peuvent être équipés de tels systèmes : les décapeuses peuvent ainsi être contrôlées ou, alternativement, pour des raisons économiques, seulement le pousseur sur lequel on vérifiera que l'altitude correspond bien à la cote théorique recherchée. Il est également envisageable d'équiper des niveleuses qui permettront d'approcher au plus près la cote de plate-forme support de terrassement, ces machines se déplaçant au sein des échelons de terrassement. Grâce au module Driver et à l'écran embarqué le conducteur reçoit en permanence la visualisation de la position de son engin sur l'axe en plan, le profil en long et le profil en travers calculés à la verticale de l'antenne GPS. Au-delà de la visualisation de la position de l'engin, qui permet une aide à la conduite que l'opérateur maîtrise alors manuellement, il est aussi possible, par comparaison avec la géométrie du projet théorique, d'asservir totalement l'outil de terrassement. La précision devient alors centimétrique, quelle que soit la position de l'engin dans l'espace. Aujourd'hui, une dizaine de machine équipée de ce système évolue sur l'ensemble du territoire.

A ce jour, deux Rotograde, six niveleuses et trois boteurs sont, au sein de GTM Construction, en production sur différents sites répartis sur le territoire national. Une entreprise routière et une entreprise anglaise pour un chantier de construction

Thales navigation. Construction d'un profil en travers type



1. Etudes GNSS-2 : réalisées dans le cadre du projet "GNSS-2 Signal Validation"

de voies ferrées utilisent également ce système sur niveleuse. La souplesse du système utilisant une station fixe pour un chantier de 30 km linéaire permet de faire évoluer un nombre illimité de machines sous une seule et unique référence.

Par ailleurs, Thales Navigation étudie actuellement des solutions pour d'autres domaines d'applications et se place donc en leader incontournable dans le monde des guidages d'engins par GPS. Le projet d'acquisition de Magellan et de Navigation Solution (Nav Sol) annoncé fin mai est de nature à conforter la position de Thales Navigation sur le marché porteur du GPS.

→ **Contact : Gilles Desprez - Thales Navigation**

Tél. : + 33 (0) 2 28 09 39 42

Fax : + 33 (0) 2 28 09 39 39

E-mail : gilles.desprez@dsnp-mlr.com

internet : www.thales-navigation.com

■ LES NOUVEAUX COMPRESSEURS DE CHANTIER MOBILAIR 42 ET 25 DE KAESER

Le Mobilair 42 offre une diversité de possibilités d'utilisation

Les entreprises du BTP exigent pour leurs compresseurs beaucoup plus qu'une grande fiabilité et longévité, elles demandent aussi des machines pouvant s'adapter à des multiples travaux avec le maximum de flexibilité. Pour répondre à ces besoins, Kaeser a développé un nouveau compresseur de chantier, le Mobilair 42. Avec un débit réel de 4,2 m³/min à 0,7 MPa, le Mobilair 42 peut actionner jusqu'à trois marteaux de démolition ou marteaux-piqueurs et convient aussi bien pour des fusées souterraines que pour des travaux de sablage. Le nouveau compresseur peut être pourvu d'équipements supplémentaires et répondre ainsi exactement aux besoins individuels de l'entreprise. Un graisseur de ligne intégré rend possible une utilisation économique des outils. Alternativement, le compresseur peut également être équipée d'un réfrigérant d'air comprimé et d'un séparateur centrifuge des condensats. De plus, un équipement avec un distributeur d'air spécial permet de sortir simultanément de l'air comprimé de différentes qualités. Au besoin, un modèle de compresseur pour une pression de service de 1 MPa (10 bars) est également disponible.

Comme pour tous les modèles du programme Mobilair, le cœur de la machine se compose d'un bloc de compresseur à vis d'une extrême longévité avec des rotors Sigma-Profil économiques en énergie. Le compresseur est entraîné par un moteur diesel Deutz performant et non polluant qui, grâce à un couplage direct, travaille sans perte de puissance de transmission.

Cette construction garantie également, à côté de

hautes caractéristiques de puissance, une consommation économique de carburant. Le Mobilair 42 est équipé d'un nouveau régulateur qui adapte la capacité du compresseur exactement à la consommation d'air comprimé. Ainsi, la consommation en carburant est encore plus réduite.

Grâce à la vanne thermostatique, le compresseur atteint très vite la température de service optimale. Ce qui signifie pour l'utilisateur une durée de vie rallongée de l'huile du compresseur et de la cartouche séparatrice d'huile.

Au concept de facilité d'utilisation de ce compresseur moderne de chantier se joignent une disposition claire et une bonne accessibilité aux composants de même que la possibilité de mettre en sûreté les outils et accessoires dans un compartiment spacieux. Un enrouleur de tuyau peut être livré en plus comme équipement spécial pratique. Ainsi, le tuyau flexible d'air comprimé peut être rangé à tout moment pour le protéger et éviter de faire trébucher les personnes. La carrosserie entièrement zinguée et les protections d'angle en plastique du Mobilair 42 garantissent la longévité du compresseur.

Le Mobilair 25 : faible encombrement et économique en énergie

Le mérite d'une production d'air comprimé économique sur les chantiers ne revient plus seulement aux compresseurs à rendement moyen ou élevé. Les appareils de petite taille peuvent, de nos jours, offrir tous les avantages d'une technique de compresseur orientée vers l'avenir. La toute dernière preuve en est le compresseur mobile de chantier, Mobilair 25. Grande fiabilité, facilité d'utilisation, minimum d'entretien, tenue en service ne nuisant pas à l'environnement, excellente rentabilité, telles sont ses caractéristiques. Sa construction compacte le rend particulièrement approprié pour les interventions où une alimentation en air comprimé rapide, fiable et adaptée aux circonstances est requise. Avec un débit de 2400 l/mn à 0,7 MPa (7 bars), le Mobilair 25 peut par exemple alimenter un marteau de démolition ou un marteau-piqueur de taille moyenne.

Le bloc de compression à vis de grande longévité, équipé de rotors avec profil Sigma économique en énergie constitue le cœur de l'appareil. Le compresseur est entraîné par un moteur diesel Kubota performant, silencieux et non polluant, à refroidissement liquide et dont l'accouplement direct exclut toute perte de puissance de transmission. Cette construction permet d'obtenir un haut rendement d'air avec une consommation économique de carburant.

Le Mobilair 25 est de plus équipé d'un régulateur qui adapte le débit du compresseur aux besoins réels d'air comprimé, permettant ainsi de limiter la consommation de carburant au minimum. Une vanne thermostatique intégrée permet au compresseur



**Légende : le nouveau Mobilair 25
de la série de compresseurs de chantier
Kaeser**



Compresseur de chantier Mobilair 42



d'atteindre rapidement la température de service optimale et de la maintenir. La durée de vie de l'huile du compresseur et de la cartouche séparatrice s'en trouve prolongée, ce qui signifie une réduction des coûts d'entretien. La disposition rationnelle des composants et leur facilité d'accès contribuent au confort de l'emploi du Mobilair 25. Un enrouleur de tuyau très pratique, pour le rangement sûr et peu encombrant du tuyau d'air comprimé, est proposé en option. La carrosserie entièrement électro-zinguée préserve de la corrosion. Avec un débit de 2400 l/mn à 0,7 MPa (7 bars), il peut par exemple alimenter sans peine un marteau-piqueur de taille moyenne.

→ Contact : **Kaeser Compresseurs**

Tél. : + 33 (0) 4 72 37 44 10

Fax : + 33 (0) 4 78 26 49 15

■ LIEBHERR : DES CHARGEUSES TOUTES PUISSANTES

Liebherr complète sa gamme de chargeuses sur pneus avec deux modèles équipés de moteurs PowerTech de 4,5 l.

Liebherr a présenté pour la première fois ses chargeuses stéréo L 512 et L 514 à moteur PowerTech de 4,5 l au salon BAUMA 1998. Trois ans plus tard, à ce même salon, le constructeur de matériels de travaux publics lance deux nouvelles chargeuses sur pneus entraînées par un moteur PowerTech : les chargeuses L 524 et L 534.

Ces deux nouveaux engins viennent compléter la gamme de chargeuses sur pneus Liebherr, dans la catégorie taille moyenne et travaux lourds.

La nouvelle chargeuse sur pneus Liebherr L 524 comporte un moteur PowerTech suralimenté de 4,5 l, développant une puissance de 81 kW à 2400 tr/min. Sa grande sœur, la L 534, est également dotée d'un moteur suralimenté de 4,5 l, à air d'admission refroidi par échangeur air/air, qui fournit quant à lui une puissance de 100 kW à 2400 tr/min. Les moteurs PowerTech sont robustes et, grâce à leur configuration bien étudiée, ils sont d'un entretien facile. Comme sur les chargeuses stéréo,



La chargeuse stéréo L 514 de Liebherr est utilisée pour l'enlèvement des déchets sur le parc des expositions de Munich

Avec la nouvelle chargeuse sur pneus L 524 de Liebherr, l'industrie du BTP dispose d'une technologie de pointe ainsi que des performances confirmées du moteur PowerTech suralimenté de 4,5 l



→ Contact : **Liebherr** - Service Marketing
Tél. : + 33 (0) 3 89 21 65 10
Fax : + 33 (0) 3 89 23 81 58

le moteur des nouvelles chargeuses sur pneus est monté transversalement à l'arrière – d'où un accès aisé pour son entretien quotidien par ouverture du seul capot moteur.

A ce jour, plus de 300 chargeuses stéréo Liebherr ont été vendues rien qu'en Europe. Ces machines sont dotées d'une direction stéréo, d'un dispositif d'oscillation d'essieu et de nombreux accessoires de chargement.

La société Rethmann Entsorgungswirtschaft GmbH + CO. KG vient de grossir les rangs des clients de Liebherr. Cette entreprise dont le siège est à Dortmund, en Allemagne, est responsable de l'enlèvement des déchets sur le parc des expositions de Munich. Outre une L 538, elle utilise également une chargeuse stéréo L 514 entraînée par un moteur PowerTech. Ces deux machines, totalement peintes en blanc, sont utilisées pour trier les déchets et les amener jusqu'aux bâtiments de la compagnie qui sont implantés à côté des halls d'exposition.

Motorisation : PowerTech 4045T - Diesel 4 cylindres suralimenté, de 4,5 l et 81 kW (110 ch).

PowerTech 4045H - Diesel 4 cylindres suralimenté, de 4,5 l et 100 kW (135 ch), à air d'admission refroidi par échangeur air/air.

■ MANILOADER : MANIABILITÉ ET EFFICACITÉ

Manitou est, aujourd'hui, le seul constructeur à proposer une gamme complète comprenant trois types de chargeuses : les chargeuses articulées série AL, les chargeuses à bras pivotant série AS et les chargeuses frontales série AF. Cette gamme, allant de 40 à 171 CV pour une capacité de godet de 500 à 2000 l, est parfaitement adaptée aux métiers de la construction, aux travaux urbains et aux travaux de VRD.

Maniabilité, visibilité, faible encombrement et maintenance minimum... la gamme Maniloader offre des atouts adaptés aux nouvelles exigences des chantiers. Véritable "machine à tout faire" la Maniloader est sans cesse sollicitée : manutention de vrac, de palettes, remblayage, aplanissement, chargement et déchargement.

La plus performante des chargeuses compactes : l'AF 60E

Manitou présente pour la première fois au public la plus performante des chargeuses compactes : l'AF 60E.

Avec un moteur de 40 CV et une capacité de charge de 1,8 t sur fourches, cette chargeuse est, à la fois, la plus maniable et la plus puissante de sa catégorie. Modèle d'entrée de gamme de la classe compacte, elle se distingue par les caractéristiques suivantes :

◆ quatre roues motrices et directrices : pour une

très bonne maniabilité et un rayon de giration de 2,77 m ;

◆ cinématique parallèle performante : pour une visibilité parfaite et un placement précis de la charge jusqu'à une hauteur de pose et de chargement de plus de 3 m ;

◆ charge utile sur fourches de 1,8 t : pour de plus larges applications dans un encombrement minimum (1,65 m de large seulement).

L'AF 60E possède également tous les atouts technologiques de la gamme Maniloader avec une cabine spacieuse pour une conduite confortable et sans fatigue, une grande robustesse et une grande simplicité d'entretien.

Grâce à son joystick assisté hydrauliquement cette machine gagne en souplesse d'utilisation.

Très compacte, l'AF 60E est destinée aux applications les plus variées sur les chantiers exigus, dans les parcs de location, l'horticulture et l'agriculture, mais surtout chez les marchands de matériaux.

La nouvelle chargeuse à bras pivotant : AS 150

Le nouveau modèle AS 150, destiné à remplacer les modèles AS 11/AS 14, offre une capacité de godet supérieure (1,5 m³) et un encombrement identique. Cette machine alliant puissance et technologie complète la gamme Maniloader AS allant de 500 à 2000 l.

Très maniable et compacte, l'AS 150 se distingue par :

- ◆ un châssis rigide ;
- ◆ quatre roues motrices et directrices ;
- ◆ une rotation du bras de 180° ;
- ◆ un système de stabilité actif (blocage proportionnel et automatique de l'oscillation du pont arrière) pour une excellente stabilité au déversement ;
- ◆ une transmission hydrostatique couplée à une boîte trois vitesses commutables sous charge permettant une adaptation optimale des vitesses de travail et de déplacement ;
- ◆ un moteur KHD nouvelle génération de 130 CV. Disponible au milieu de l'année 2001, l'AS 150, grâce au pivotement du bras à 180°, conserve les avantages de la gamme Maniloader AS : travail parallèle à la tranchée permettant de conserver une voie libre à la circulation, bonne visibilité, remblaiement en dehors de la voie de la machine, réduction des mouvements au sol, mise en œuvre rapide sur les chantiers. L'AS150, grâce à la technologie AS permet des applications inégalées dans les secteurs du bâtiment, des travaux publics, des services communaux, dans les entreprises de recyclage, etc.

➔ **Contact : Michaël Gandrieau - Groupe Manitou**
Tél. : + 33 (0) 2 40.09.17.56
Fax : + 33 (0) 2.40.09.21.90
e-mail : m.gandrieau@manitou.fr

MERLO PANORAMIC P 26.6 SPT ET P 28.7 EVT : COMPACTITÉ ET POLYVALENCE

Avec les élévateurs télescopiques à déport de charge Merlo P.26.6 SPT et P. 28.7 EVT, Merlo apporte une alternative efficace aux exigences spécifiques des travaux de terrassement en milieu urbain. Maniables et puissants, ces machines permettent de réaliser une diversité de travaux avec une productivité élevée.



Grâce à une largeur hors tout de 2 m et une hauteur de 2,15 (2 m en version LP à cabine surbaissée), le P 26.6 SPT présente une très bonne manœuvrabilité, qualité déterminante dans le cadre de chantiers en sites exigus ou encombrés.

La compacité ne pénalise pas les performances de la machine capable de lever 2600 kg à 6 m. A portée maximale (3,21 m), la charge maximum admissible atteint 1300 kg. La force de cavage avec godet de 800 l atteint 3500 kg, l'effort au crochet étant mesuré à 7200 kg. La puissante motorisation turbo-chargée (80,4 kW à 2400 tr/min) associée à une transmission hydrostatique, assurant le réglage automatique et continu de la vitesse maximum, optimise les déplacements de la machine. La vitesse de translation de la machine peut atteindre 40 km/h.

A côté du modèle d'entrée de gamme P 26.6 SPT, le P 28.7 EVT offre des performances supérieures en manutention (2800 kg à 7 m) comme en cavage (4300 kg avec un godet de 800 l). L'effort au crochet est mesuré à 5330 kg. A portée maximale (3,58 m), la charge maximum atteint 1100 kg. La polyvalence des machines est assurée par l'attache rapide hydraulique "tac lock" montée en série, qui permet depuis la cabine de changer d'accessoires : fourches, godet multifonctions, pinces pour tubes, marteau hydraulique, godet malaxeurs pour béton, benne à béton, pinces pour blocs, godet 4x1.

Des dispositifs de sécurité active et passive

A l'instar de l'ensemble des gammes Merlo, les P 26.6 SPT et P 28.7 EVT sont équipés de dispositifs de sécurité exhaustifs. Ces deux modèles disposent ainsi du contrôle de stabilité longitudinale



Elévateur télescopique Merlo

avec alarme visuelle et sonore qui condamne tous les mouvements aggravants dès que le seuil de tolérance est atteint. La position latérale du moteur et l'ancrage abaissé de la flèche contribue à une visibilité optimale notamment sur les côtés et sur l'équipement. Conformément à la réglementation, tous les vérins sont munis de clapet de sécurité.

Merlo DBM 3500 EV

Peu utilisées en France, les auto-bétonnières présentent pourtant plusieurs avantages : mobilité, autonomie, productivité. Elles sont incontournables pour la fabrication et la livraison de béton en zones difficiles d'accès et éloignées de centres de production. Véritable petite centrale à béton mobile, le modèle DBM 3500 EV offre une capacité de production de 3,5 m³. Une hélice à double spirale assure un malaxage homogène du béton. La vitesse de rotation est réglable en continu, un dispositif de pesage hydraulique étant proposé en option. Pour faciliter le déchargement, la cuve peut tourner sur 180° et être inclinée de 22°. Pour augmenter la portée de la goulotte orientable à levage hydraulique, deux rallonges de 1,5 m chacune sont fournies en standard. Parmi les principales caractéristiques de ce modèle, citons la motorisation Perkins (80 kW à 2400 tr/min), la transmission hydrostatique à circuit fermé et le freinage à disque sur les quatre roues, commande hydraulique sur les arbres de sortie des différentiels.

→ Contact : Jean-Noël Onfield - Merlo

Tél. : + 33 (0) 1 30 49 43 63

e-mail : onfieldjn@merlo.fr



Auto-bétonnière Merlo DBM 3500 EV

DES BRISE-ROCHE NPK HEAVY DUTY AU TRAVAIL CHEZ S.L.T.P

La société S.L.T.P., domiciliée à Alès dans le Gard, a fait l'acquisition en décembre 2000, d'un brise-roche NPK E 240A, monté sur Liebherr 954 Litronic.

Ce marteau hydraulique, d'un poids de 6 t, demande

Brise-roche NPK Heavy duty monté sur Litronic 954



un débit de 280 à 350 l/min et utilise une pression 160/180 bars. Il travaille à 390 coups/min avec une énergie constante.

Cet achat a été effectué pour répondre à la demande d'aménagement d'un lotissement de Montpellier, "les terrasses du Pic Saint Loup", sur lequel les travaux sont particulièrement ardues.

Ce chantier avait été commencé avec un autre modèle, le NPK E 220, d'un poids de 3 t, monté sur Liebherr 942 et travaillant actuellement sur l'autoroute A89 entre Bordeaux et Clermont-Ferrand. L'investissement, réalisé par S.L.T.P., dans ce marteau hydraulique NPK type E 240A, a permis à cette société de multiplier par trois son rendement, et surtout en terrain extrêmement dur et abrasif. Ce B.R.H. muni de *silentblocs* permet également d'éviter la répercussion des vibrations mécaniques sur le porteur.

Depuis 3 ans, NPK développe aussi un ensemble de grappins de démolition, matériels complémentaires au reste de la gamme.

→ Contact : NPK

Tél. : + 33 (5) 55 37 30 25

Fax : + 33 (0) 5 55 37 24 40

RABAUD : ÉPANDEURS À CHAUX ET À CIMENT ET NIVELEUSE RABOTEUSE GRANDE LARGEUR

Rabaud SA, constructeur de matériels de travaux publics, est une société indépendante depuis plus de 20 ans. Outre sa gamme de balayeuses de chantiers, tarières hydrauliques, godets malaxeurs..., la société Rabaud a su développer depuis bientôt 15 ans, la conception et la fabrication des matériels de traitements de sols.

Fabricant de la fameuse Raco 250, Rabaud a mis au point dans le même temps une gamme d'épandeurs de liants automoteurs (ELDE 15), et adaptables sur tous types de porteurs (ELH 14, ELH 17, ETS 215).

Issu du principe d'épandage de l'ELDE 15 (le seul épandeur à avoir été agréé par le CETE de Rouen), les ELH 14 et ELH 17 sont des épandeurs à chaux qui présentent des avantages spécifiques pour les travaux routiers :

- ◆ une capacité de cuve de 14 ou 17 m³;
- ◆ une précision longitudinale et transversale inégalée : inférieure à 5 %;
- ◆ une forte capacité de dosage (maxi 60 kg/m²) possible grâce au groupe auxiliaire hydraulique permettant d'effectuer une seule passe lors de gros dosages ;
- ◆ une largeur d'épandage variable de 30 cm à 2,30 m évitant ainsi les surdosages ;
- ◆ un système antipollution Events qui limitent les émissions de poussières au chargement ;

- ◆ quatre sondes capacitatives de trémie pour permettre un épandage régulier ;

- ◆ une section rotor alvéolaire tout inox.

Les ELH 14 et 17 sont des épandeurs proportionnels à la vitesse d'avancement du porteur.

Plusieurs dispositifs de contrôle électronique du poids épandu avec imprimante sont proposés en option. L'édition des tickets assure un suivi précis des chantiers pour les entreprises routières, et permet également aux laboratoires et maîtres d'ouvrage de vérifier le taux de liant réellement épandu par rapport aux spécifications techniques demandées.



Epandeur Rabaud ELH 14 monté sur Volvo A25C

A partir du même ensemble moteur, le Rotograde dispose donc de deux rotors différents, assurant soit des travaux de réglage fin, soit des travaux de chargement en continu.

→ **Contact : Cyril Brémaud - Rabaud**

Tél. : + 33 (0) 2 51 48 51 51

Fax : + 33 (0) 2 51 40 22 96

e-mail : cyril.bremaud@rabaud.com

internet : www.rabaud.com

La précision exceptionnelle de la gamme ELH permet également aux routiers, et aux terrassiers, d'optimiser la qualité de leur épandage tout en réduisant les coûts habituellement dus à l'achat de liants.

L'engagement de la société Rabaud dans l'innovation des matériels de traitement de sols se poursuit cette année, avec la sortie à venir (fin 2001) du nouvel épandeur automoteur 6x6 Akera 17 E.

Niveleuse raboteuse grande largeur

Le Rotograde 6000 Rabaud, niveleuse raboteuse grande largeur pour les fins réglages, a été conçu à partir d'un cahier des charges d'un grand terrassier français afin de répondre aux besoins et aux difficultés rencontrées sur le terrain.

Monté sur six roues pneumatiques à entraînement hydrostatique, doté d'un moteur de 400 CV, offrant une largeur de travail de 6 m de large avec chargement en continu et guidé par GPS ou par laser, le Rotograde 6000 règle les couches de forme et les plates-formes industrielles en assurant des résultats remarquables : une précision en altimétrie de ± 1 cm, des rendements instantanés d'environ 3600 m³/h, avec une très grande qualité d'uni de couche de forme, une rapidité de mise en œuvre (1 heure) et de déplacement (14 km/h).

Afin d'augmenter sa polyvalence et puisque la partie motrice est indépendante de la partie rotor, Rabaud a conçu un nouvel outil pour le chargement en continu de matériaux foisonnés ou de terre végétale : le Rotograde 4000.

Avec un rotor de 4 m de large et de 1,40 m de diamètre, le Rotograde 4000 est idéal pour les chantiers de reprise de matériaux traités ou naturels.

■ RADIODÉTECTION : SÉCURITÉ EN SOUS-SOL, SÉRÉNITÉ EN SURFACE

Connaître le sous-sol pour travailler en respectant la sécurité des personnes et des biens c'est la réponse apportée par la gamme des produits Radiodétection pour maîtriser les réseaux enterrés en eau, gaz et électricité.

Les travaux souterrains de toute nature exigent un niveau de sécurité intense. Tout le monde y gagne : le maître d'ouvrage rassuré sur la bonne fin des chantiers engagés ; l'entrepreneur tranquilisé sur la sécurité de son personnel et la programmation efficace des interventions ; et bien sûr le person-



Maîtriser les réseaux enterrés en eau, gaz et électricité



nel et les riverains, rassérénés par le principe de précaution mis en œuvre avant le démarrage des travaux.

Les matériels de Radiodétection sont conçus pour maîtriser la topographie des réseaux souterrains, aussi bien en organisation qu'en profondeur avec un choix approprié dans le domaine de la distribution d'eau, de gaz, de télécommunications, d'énergie.

CAT + allie la simplicité d'utilisation à la clarté de l'information recueillie dès qu'il s'agit de traçage et de détection. Ils peuvent être utilisés sans nécessiter de formation approfondie préalable, et font preuve des qualités indispensables de robustesse, d'étanchéité et de précision.

Les réponses d'indication de profondeur sont fournies sous forme sonore et visuelle et sont immédiatement exploitables. Au gain de temps et de sécurité s'ajoutent ainsi, des gains importants en méthodologie et organisation du travail à effectuer en détection et localisation des réseaux enterrés.

Les collaborateurs de Radiodétection sont prêts pour des conseils, démonstrations sur site, assistance à la formation, information spécifique, éventuellement prêt d'un appareil en cas de panne et répondre aux demandes et interrogations, sur simple appel au numéro indigo : + 33 (0) 825 041 641.

→ **Contact** : Valérie Gaurat - **Radiodétection**

Tél. : + 33 (0) 2 32 89 93 66

Fax : + 33 (0) 2 35 90 95 58

e-mail : valerie.gaurat@radiodetection.com

internet : www.radiodetection.fr

Cabines

Les cabines P, R ou T (à capot) sont disponibles dans la gamme Chantier. La cabine T possède de nombreux avantages : le confort de conduite en raison de la position du conducteur à l'arrière de l'essieu avant et de l'empattement plus important. Avec son plancher entièrement plat, il est facile de se mouvoir à l'intérieur de la cabine. Toutes les cabines sont équipées d'un système de suspension pneumatique à l'arrière avec possibilité d'opter pour une suspension quatre points. Le système de chauffage et de ventilation est prévu pour faire face aux écarts importants de température. Il peut être complété par la climatisation ou des systèmes de chauffage auxiliaires.

Chaîne cinématique

Les moteurs disponibles vont de 9 à 16 l, développant des puissances de 260 à 580 ch. Développant une puissance maximale à bas régime, ils possèdent une courbe de couple pratiquement plate à partir de 1100 tours/minute qui permet une montée en puissance régulière sans changement constant de vitesse. Tous les moteurs Scania sont disponibles en conformité avec la norme Euro 3.

Boîtes de vitesse

Cinq boîtes différentes sont susceptibles d'équiper la gamme chantier de Scania, certaines pouvant être équipées du ralentisseur hydraulique intégré Scania.

Les prises de force

Les applications proposées par Scania sont nombreuses, les prises de force pouvant tirer leur énergie du moteur, du volant moteur, de la boîte de vitesses ou de plusieurs de ces éléments à la fois. Elles peuvent être connectées à l'équipement qu'elle fait fonctionner via une pompe hydraulique ou un cardan.

Le châssis, les essieux, les suspensions

Primordial dans l'activité du bâtiment et des travaux publics, le châssis et ses composants constituent la pièce maîtresse du véhicule.

Le châssis : léger et résistant pour un maximum de charge utile. Grâce à l'emploi d'acier à haute limite d'élasticité, le poids à vide du châssis se trouve diminué et la charge augmentée. Les longerons sont disponibles en deux épaisseurs différentes, des longerons simples de 9,5 mm ou des longerons doubles de 9,5 mm et 8 mm. Tous ces composants ont été optimisés pour atteindre l'équilibre idéal entre la résistance et le poids.

Une garde au sol maximale : tous les véhicules Scania de type chantier peuvent être spécifiés pour une garde au sol très élevée. Les éléments fragiles du châssis comme les réservoirs d'air et de carburant, les cylindres de freinage et les silencieux sont aussi protégés.

Les matériels de Radiodétection sont conçus pour maîtriser la topographie des réseaux souterrains



GAMME CHANTIER SCANIA : DES RÉPONSES À TOUS LES BESOINS

Scania offre avec la Série 4 une gamme adaptée à tous les besoins, aussi bien en véhicules d'approche chantiers qu'en véhicules de chantier proprement dit.

Scania Série 4 : une gamme adaptée à de nombreux besoins



Les essieux : Du 4x2 au 8x6/4, toutes les configurations d'essieux sont possibles sur les véhicules chantiers, quel que soit le type de cabine adaptée.

Suspension parabolique ou trapézoïdale ou combinaison des deux.

→ **Contact :** Gilles Baustert - **Scania France**

Tél. : + 33 (0) 2 41 41 33 33

Fax : + 33 (0) 2 41 41 32 71

E-mail : france.scania@scania.com

internet : www.scania.fr

■ SULLAIR : COMPRESSEURS MOBILES, BRISE-BÉTON

Les compresseurs à vis Sullair sont dotés d'un moteur Kubota refroidi par eau, et ont été conçus pour une grande mobilité – le S85 (5 m³/mn), par exemple, ne pèse que 802 kg.

Capot composite

Le nouveau capot composite, introduit sur le marché européen en 2000 a remplacé avec succès les capots traditionnels métallisés et plastiques. En effet, il possède les avantages de ces deux types de capots, sans les inconvénients. Les matériels ultra-résistants (ABS-ASA et polyéthylène) ne rouillent pas ni ne fissurent dans les mauvaises conditions météorologiques, et supportent même des chocs violents.

La conception du capot en cinq panneaux permet, en cas de détérioration majeure de l'un d'entre eux, un reconditionnement à neuf simple et peu onéreux, par échange du panneau affecté.

Options

Sullair propose un nombre d'options sur sa gamme de compresseurs mobiles ; les deux premières ont été conçues pour offrir un moyen de protection contre le vol :

- ◆ le capot composite Sullair peut être personnalisé avec une peinture non vernie ;
- ◆ chaîne antivol fixée au châssis du compresseur facile à mettre en œuvre. Disponible sur les machines neuves uniquement, cette option posée inclut la chaîne de 2,5 m, la préparation du châssis et du système d'accrochage, la serrure de sécurité et ses deux clés ;
- ◆ transformateur 12/24 volts : permet d'alimenter la signalisation en bitension, soit 12 ou 24 volts, selon le véhicule tracteur, sans modification du compresseur ;
- ◆ génératrice intégrée : disponible sur certains modèles sur demande ;
- ◆ graisseur de ligne : positionné à la sortie du compresseur, il permet la lubrification des équipements nécessitant un graissage (les brise-béton et les piqueurs Sullair ne nécessitent pas cette lubrification) ;

Compresseur*		35	45	55	65	85
Débit réel à la pression de service	litre/sec.	33	40	50	63	83
Débit réel à la pression de service	m ³ /mn.	2	2,4	3	3,7	5
Pression nominale de service	kPa (bar)	700 (7)	700 (7)	700 (7)	700 (7)	700 (7)
Huile compresseur	litre	7,2	7,2	8,6	8,6	12

* Standard ISO 1217 (débit réel ±5 %)

Groupe**		35	45	55	65	85
		NF/F	NF/F	NF/F	NF/F	F
Poids total en ordre de marche	kg	510/534	510/534	675/707	709/740	802
Longueur totale	m	2,45	2,45	2,9	2,9	3,2
Largeur totale	m	1,21	1,21	1,45	1,45	1,45
Hauteur	m	1,2	1,2	1,39	1,39	1,39
Capacité réservoir	litre	30	30	60	60	60
Sorties d'air *		2 x ^{3/4"}	2 x ^{3/4"}	3 x ^{3/4"}	3 x ^{3/4"}	3 x ^{3/4"}

** Poids et dimensions modèles : NF = non-freiné, F = freiné continental

* Possibilité d'installer une sortie 1^{1/4"} sur 55, 65, 85.

MOTEUR KUBOTA***		35	45	55	65	85
		D 1105 E	D1105 E	D 1703 E	V 2203 E	V 2003 TE
Nombre de cylindres	nombre	3	3	3	4	4
Cylindrée	cm ³	1123	1123	1647	2187	1999
Vitesse nominale	tr/mn.	2150	2550	2300	2250	2400
Puissance nominale	cv (kW)	21 (15,5)	24 (18)	32,7 (24)	40,8 (30)	50 (37)

*** Moteur turbo-diesel pour le S85

Tous les modèles sont conformes à la norme acoustique CE



Compresseur mobile Sullair

- ◆ décanteur : positionné à la sortie du compresseur, ce système mécanique permet d'éliminer la majorité de l'eau contenue dans l'air comprimé. Version timon droit disponible pour le Royaume-Uni uniquement.

Brise-béton MK210 et MK250, avec poignées flexibles protections intégrées

Ces nouveaux outils ont les caractéristiques suivantes :

- ◆ le MK210 et le MK250 ont été étudiés en repartant du système réputé de frappe de la Série 2000 ;



Brise-béton Sullair



- ◆ poignée ergonomique protège l'utilisateur et facilite la commande du marteau grâce au positionnement unique de la gâchette et le système de protection "couvre-main intégral". Commande conforme à la directive Machine;
- ◆ cylindre monobloc intégrant l'articulation des poignées, ce qui permet un poids inférieur à 25 kg, tout en conservant la fiabilité des MK (essais d'endurance supérieure à 1 000 heures);
- ◆ conforme à la nouvelle réglementation sur le bruit. Puissance sonore inférieure à 107 dBA;
- ◆ maintenance simplifiée : le seul outil actuellement sur le marché qui peut être démonté, nettoyé, réparé et remonté sans outillage spécialisé;
- ◆ le nouveau silencieux a été optimisé dans son volume afin d'offrir la plus grande visibilité à l'utilisateur de l'aire de travail. Il est facile à démonter, il est robuste et "ambidextre";
- ◆ anti-givre;
- ◆ consommation réduite inférieure à 1 250 l/min, mais avec une puissance égale aux outils plus lourds;
- ◆ anti-vibration. Niveau de vibrations encore plus faible;
- ◆ seulement trois pièces en mouvement. Aucun joint ne peut causer des fuites ou casser grâce au cylindre monobloc;
- ◆ puissance de frappe optimisée grâce à la frappe directe piston-outil;
- ◆ pas de lubrification interne;
- ◆ branchement direct grâce à un raccord tournant. Le MK250 possède un emplacement spécialement réservé pour l'inscription par gravure d'un numéro propre à l'acheteur qui permettra un meilleur suivi interne de l'outil et évitera les problèmes posés par des plaques soudées qui se perdent souvent. Ce système sera repris sur tous les outils Sullair par la suite.

→ **Contact** : Suzanne Bourgin - **Sullair**
e-mail : suzanne.hammond@sullaireurope.com

■ VOLVO CONSTRUCTION



La gamme Volvo en niveleuses se voit complétée par deux modèles de niveleuses compactes : la G 80 6x4 et la G 86 6x6 d'une puissance, précision et maniabilité sans égales (lame de 3 m). Les niveleuses compactes Volvo sont munies d'un entraînement hydrostatique à rendement élevé qui assure un contrôle souple et précis de la vitesse. Leur versatilité convient particulièrement aux travaux urbains, aménagements de plates-formes commerciales et industrielles, VRD, parking, etc. avec une gamme étendue d'équipements dont lame avant et *ripper* et scarificateur.

Cette gamme compacte complète la gamme des niveleuses de production avec trois modèles :

- ◆ Volvo G 710 - 14 275 kg - 119 kW - 160 ch - lame 3,66 m;
- ◆ Volvo G 720 - 15 242 kg - 145 kW - 145 ch - lame 3,66 m;
- ◆ Volvo G 780 - 19 820 kg - 175 kW - 175 ch - lame 4,27 m, disponibles pour les travaux routiers et le terrassement.

Outre les niveleuses, la gamme se compose de :

- ◆ 14 modèles de pelles compactes de 1,4 à 7 t;
- ◆ 19 modèles de chargeuses sur pneus avec des godets de 0,3 m³ à 14 m³;
- ◆ 6 modèles de pelles hydrauliques sur chenilles de 14 à 46 t;
- ◆ 3 modèles de pelles sur pneumatiques de 14 à 17 t;
- ◆ 6 modèles de tombereaux articulés de 20 à 37 t.

→ **Contact** : Christiane Pardon - **Volvo CE Europe SA**
Tél. : + 33 (0) 1 30 69 28 01
Fax : + 33 (0) 1 30 69 83 39
internet : www.construction.volvo.fr

Niveleuse Volvo



L'activité de la construction hors métropole aux 3^e et 4^e trimestres 2000

■ TRAVAUX PUBLICS

2^e semestre 2000

Selon les enquêtes des 3^e et 4^e trimestres 2000, les facturations du 2^e semestre 2000 ont atteint un montant de 44 milliards de francs, soit une évolution par rapport au 2^e semestre 1999 de 5,5 %.

TP : bilan 2000

A partir des enquêtes trimestrielles, le chiffre d'affaires provisoire Travaux Publics en 2000 sur les marchés extérieurs par les entreprises françaises et leurs filiales étrangères atteint 85,1 milliards de francs en augmentation de 9 % en valeur par rapport à l'année 1999.

Marchés conclus TP

Les marchés conclus pendant le deuxième semestre, avec un montant de 41 milliards de francs, sont en hausse de 16 %. L'Europe conforte sa première place comme zone de destination des contrats (pour moitié, l'Europe de l'Est et l'autre moitié, l'Union Européenne), tandis que l'Afrique reprend sa deuxième place.

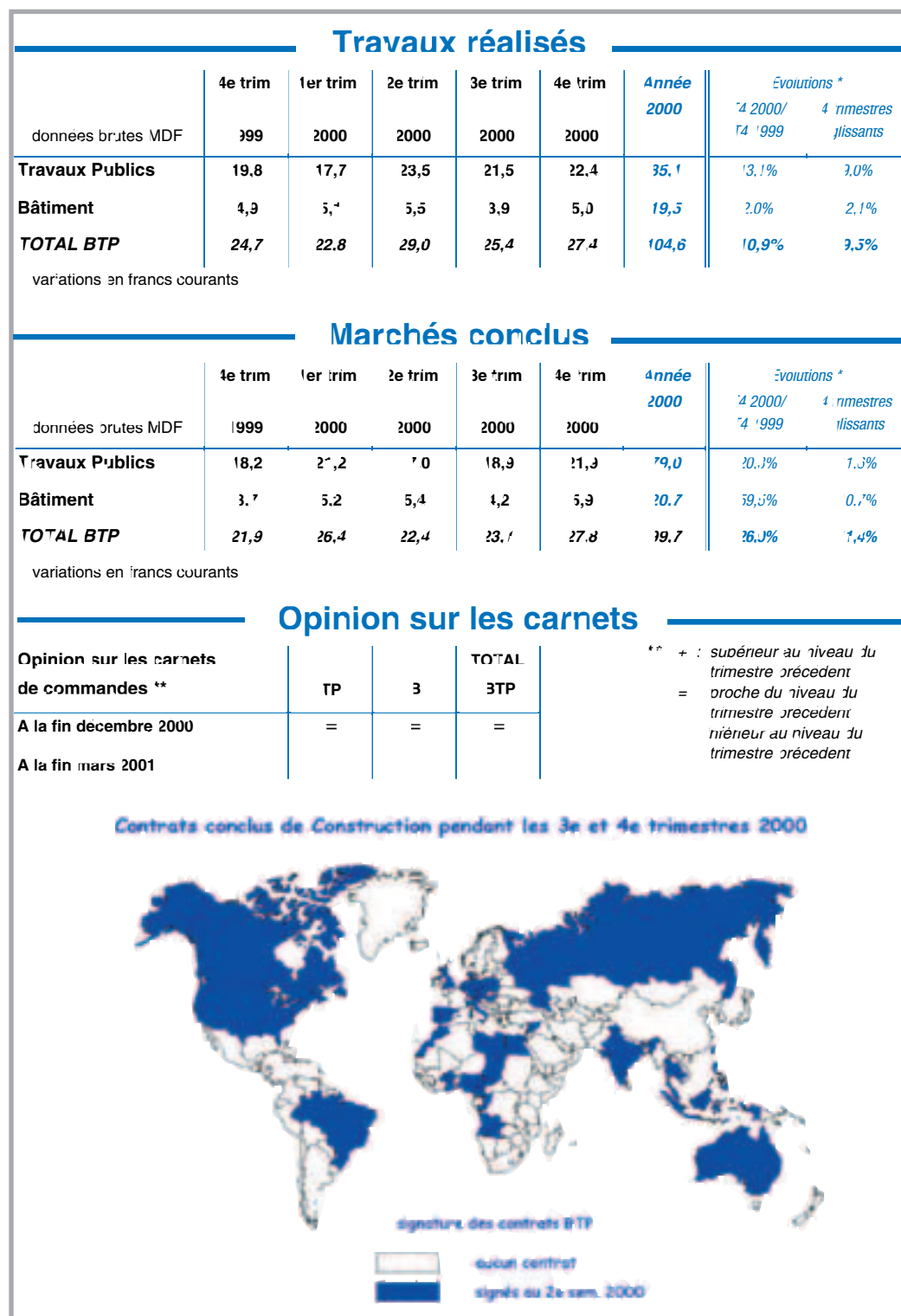
■ BÂTIMENT

Bâtiment : bilan 2000

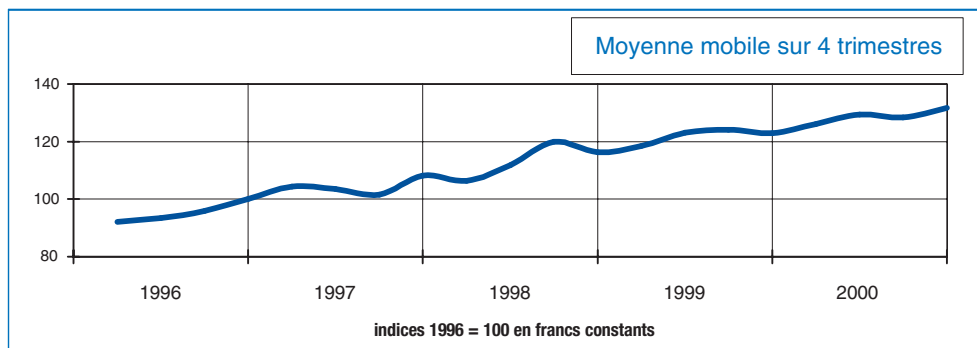
Le bilan provisoire de l'année 2000 dans le Bâtiment est largement positif (+ 12,1 %). Les facturations ont atteint 19,5 milliards de francs.

Contrats conclus : la hausse

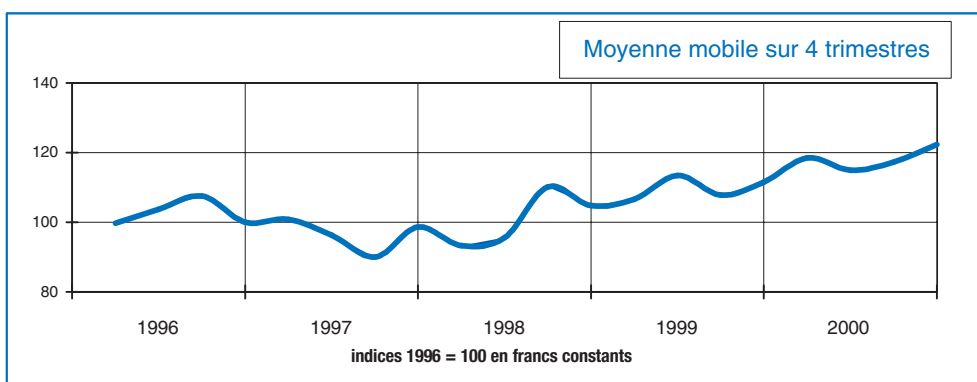
Les entrées en carnets de commandes de Bâtiment sont elles aussi bien orientées : avec 21 milliards de francs en 2000, la progression des marchés conclus atteint 11 % en valeur. La principale zone géographique est l'Europe, mais contrairement aux travaux Publics, le Bâtiment est plus présent en Union Européenne que dans les Pays de l'Est.



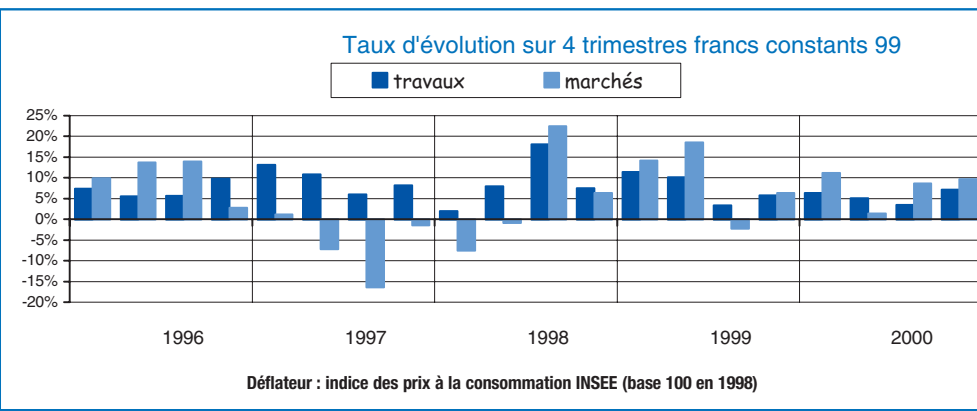
Travaux Publics réalisés



Marchés conclus de TP



Evolution des Travaux Publics



OPINION DES ENTREPRENEURS

BTP stable au 1^{er} trimestre 2001

Pour le 1^{er} trimestre 2001, les entrepreneurs prévoient un niveau légèrement plus faible pour les entrées en carnets de commande de Travaux Publics, tandis que pour le Bâtiment ils espèrent une stabilité.

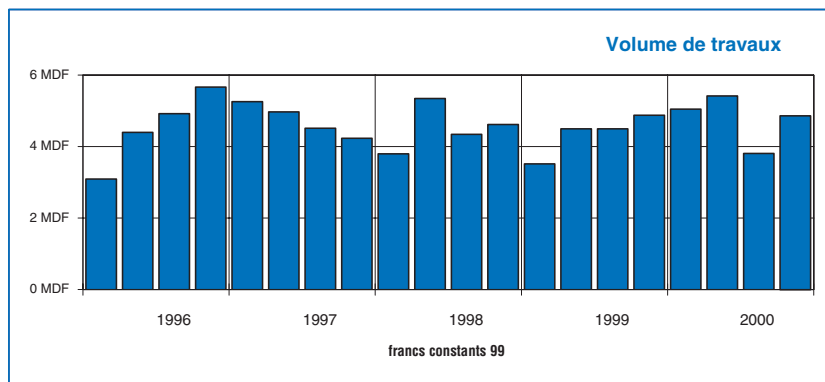
Pour comprendre ces résultats

Indices francs constants : base 100 en 1996.
Moyenne mobile sur 4 trimestres : moyenne arithmétique sur 4 trimestres en décalant d'une observation pour chaque nouveau point.

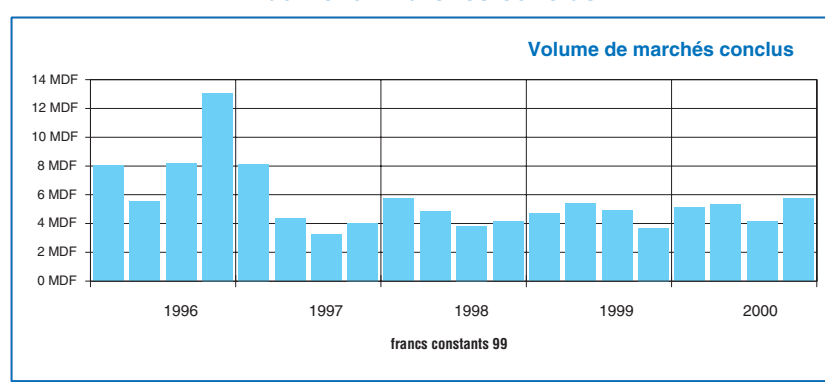
Taux d'évolution des données sur 4 trimestres francs constants : variation en pourcentage en francs constants des 4 derniers trimestres par rapport à la même période de l'année précédente.

Résultats de l'enquête trimestrielle FNTP
 (Source FNTP)

Bâtiment - travaux réalisés



Bâtiment - marchés conclus



Equipement

Infos chantiers: 4^e trimestre 2000

■ MISES EN SERVICE

Lyon: deux premières lignes de tramway

Le nouveau tramway de Lyon a été inauguré le 18 décembre dernier et mis en service commercial le 2 janvier 2001.

- ◆ Investissement: 2 600 MF dont 430 MF matériel roulant (39 rames), 1 050 MF infrastructures et 290 MF réseaux;
- ◆ Financement: Sytral (77 %), Communauté urbaine (8 %), Etat (15 %);
- ◆ Caractéristiques ligne 1: Perrache/La Doua, 8,7 km et 19 stations, en cours d'extension (5 km, 9 stations supplémentaires);
- ◆ Caractéristiques ligne 2: Perrache/Bron/Saint-Priest, 10 km et 20 stations;
- ◆ Durée des travaux: 2 ans et demi.

Nancy: 1^{re} ligne du tramway sur pneu

Le 8 décembre dernier le tramway sur pneu de Nancy a été inauguré. Sa mise en service devait intervenir début janvier 2001 mais a été reportée en raison de défauts du système de contrôle d'isolation à l'origine de coupures de courant.

- ◆ Investissement: 990 MF dont 205 MF pour les 25 rames;
 - ◆ Caractéristiques: 11 km de long dont 6 km en guidé;
 - ◆ Durée des travaux: 18 mois;
 - ◆ Financement: subvention de l'Etat (18 %), emprunt (56 %), autofinancement (26 %) avec une augmentation du versement transport de 1,05 % à 1,4 %.
- Une deuxième ligne est prévue pour 2003 et une troisième pour 2006.

Orléans: 1^{re} ligne de tramway

La première ligne de tramway a été inaugurée le 20 novembre dernier ainsi que le nouveau pont sur la Loire, baptisé pont de l'Europe, qui doit permettre de soulager le pont George-V amputé

de deux de ses quatre voies de circulation par le passage du tramway.

Tramway:

- ◆ Investissement: 1 900 MF dont:
 - 101 MF déviation des réseaux,
 - 367 MF voirie, plates-formes,
 - 273 MF voies et finitions de sols,
 - 104 MF ouvrages d'art,
 - 233 MF matériel roulant;
- ◆ Caractéristiques: 18 km, 24 stations, 22 rames;
- ◆ Durée des travaux: 2 ans;
- ◆ Financement: subvention de l'Etat (20 %), autofinancement (33 %) dont une augmentation du versement transport de 1 % à 1,75 %, prêts bancaires (35 %), prêts Caisse des Dépôts (12 %).

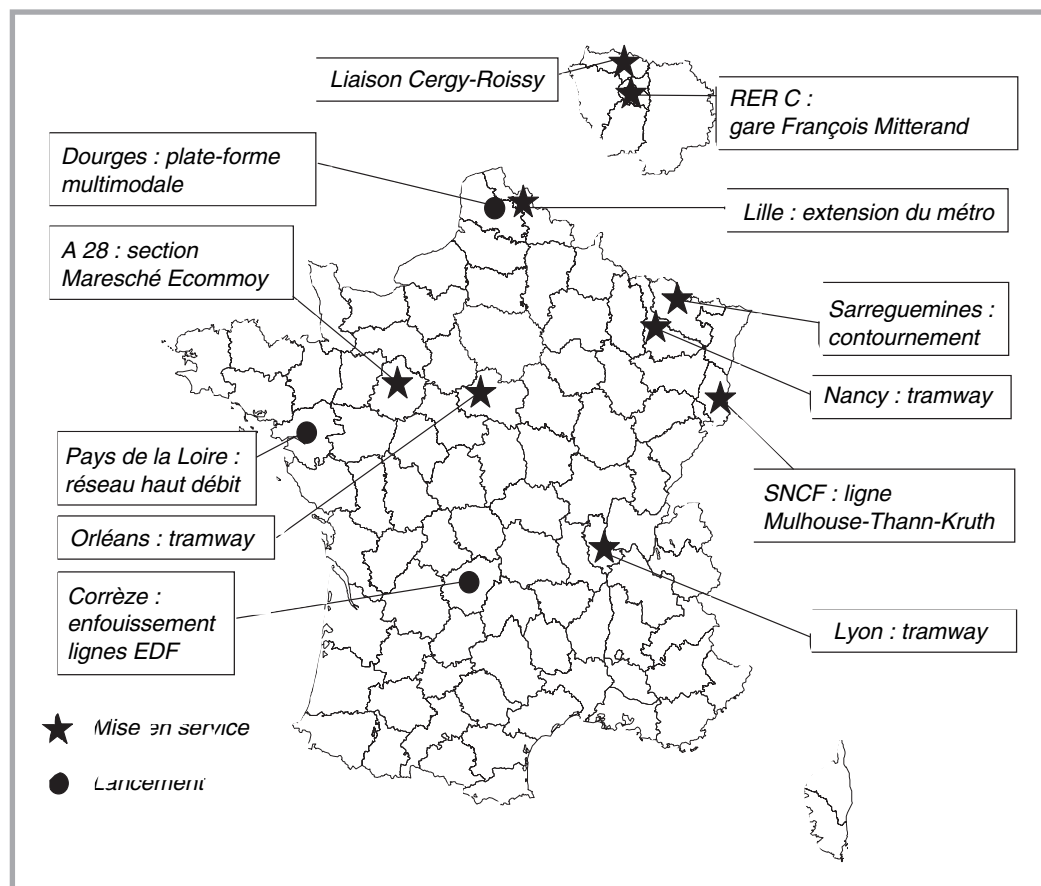
Pont de l'Europe:

- ◆ Investissement: 220 MF;
- ◆ Caractéristiques: 378 m de long, 25 m de haut, suspendu à un arc désaxé.

Lille: extension de la ligne 2 du métro jusqu'à Roubaix et Tourcoing

En octobre dernier, la ligne 2 du VAL de la métropole lilloise a été inaugurée dans son intégralité, comprenant les cinq stations supplémentaires jusqu'à la frontière belge.

Désormais la métropole est irriguée par 45 km de lignes de métro.



Pour l'ensemble de la ligne 2:

- ◆ Investissement: 6,8 Mdf;
- ◆ Durée des travaux: chantier étalé sur 11 ans;
- ◆ 1 000 emplois créés;
- ◆ Matériel: 60 nouvelles rames.

Alsace: ligne SNCF Mulhouse-Thann-Kruth

La modernisation de la ligne Mulhouse-Thann-Kruth est achevée. Les aménagements réalisés permettent une augmentation de l'offre, et donc une amélioration des dessertes, ainsi qu'une augmentation des vitesses. A terme ils permettront aussi la circulation du tram-train.

- ◆ Investissement: 198 MF;
- ◆ Début des travaux: 1997.

Moselle: contournement ouest de Sarreguemines

La voie rapide de contournement de Sarreguemines s'est ouverte au public le 22 octobre. Calibrée à deux fois deux voies sur un tronçon de 7 km, elle affiche une capacité de 30 000 véhicules par jour.

- ◆ Investissement: 300 MF;
- ◆ Caractéristiques: 8 ouvrages d'art, 3 ouvrages hydrauliques et 4 échangeurs routiers;
- ◆ Durée des travaux: 6 ans;
- ◆ Financement: Etat (37 %), région Lorraine (28 %), département de la Moselle (21 %), commune (14 %).

Ile-de-France: liaison Cergy-Roissy

Un nouveau tronçon de la Francilienne a été ouvert à la circulation entre Fontenay-en-Parisis, Louvres et Goussainville poursuivant ainsi la liaison entre Cergy et Roissy. Désormais, il ne reste plus que 4 km à réaliser entre Goussainville et Roissy.

- ◆ Investissement: 300 MF;
- ◆ Caractéristiques: 5,5 km, 8 ouvrages d'art dont 3 échangeurs;
- ◆ Financement: Région (58 %), Département (42 %);
- ◆ Fin de l'ensemble des travaux prévue pour 2003.

Ile-de-France: nouvelle gare François Mitterand

Début décembre, un nouveau pôle d'échanges entre la ligne C du RER et la ligne 14 du métro a été inauguré.

Cet espace comporte quatre niveaux avec de haut en bas la dalle de l'avenue de France, les quais du RER C, la salle d'échange entre les correspondances et les quais du métro.

- ◆ Investissement: 1 015 MF hors dalle de couverture des voies ferrées;
- ◆ Début des travaux: janvier 1994;
- ◆ Prévisions de trafic: 20 000 voyageurs par jour dès l'ouverture et 60 000 à terme;
- ◆ Financement: Etat (33,4 %), Région (37 %), SNCF (14,5 %), RATP (0,6 %) et des prêts bonifiés accordés par la Région (14,5 %).

A28: ouverture de la section Maresché-Ecommoy (Sarthe)

Le 27 octobre dernier Cofiroute a ouvert à la circulation la première section Maresché-Ecommoy de l'autoroute A28 qui reliera à terme Alençon - Le Mans - Tours.

L'Etat et le concessionnaire se sont entendus pour la récupération de la TVA qui jusqu'alors posait problème.

- ◆ Investissement: 2,2 Mdf;
- ◆ Caractéristiques: 46 km, 4 échangeurs;
- ◆ Début des travaux: 1997.

Cette section sera complétée en 2001 par 24 km supplémentaires de la section Maresché-Arçonay, en construction au sud d'Alençon.

■ LANCEMENTS

Dourges: plate-forme multimodale

Les travaux de construction d'une plate-forme multimodale, unique par son ampleur, ont débuté en décembre.

Le site choisi permettra de combiner le transport routier avec la voie d'eau et le chemin de fer.

Il se trouve en effet à l'intersection de l'autoroute A1, de la rocade minière, du canal à grand gabarit qui joint Dunkerque à l'Escaut, et des lignes de chemin de fer Lens-Ostricourt et Lille-Paris.

- ◆ Investissement: 1 600 MF;
- ◆ Mise en service: 1^{er} semestre 2003;
- ◆ Financement: 55 % de fonds publics (dont 109 MF du conseil régional Nord-Pas-de-Calais, et 137 MF du FEDER).

Pays de la Loire: réseau à haut débit

La construction d'un réseau de télécommunications à haut débit, baptisé Mégalis, réunit les ré-

gions de Bretagne et des Pays de la Loire. Pour la Bretagne, la construction de l'infrastructure a pris de l'avance puisque le réseau est opérationnel depuis plusieurs mois. Pour les Pays de la Loire, le projet s'est concrétisé en décembre dernier par la signature du contrat de construction.

- ◆ Investissement: 278 MF;
- ◆ Financement: Région Pays de la Loire (72 %), les cinq départements (19 %), les 21 villes raccordées (9 %);
- ◆ Mise en service: été 2001.

Corrèze: réseau moyenne tension

Deux cents kilomètres de lignes EDF à 20 000 volts seront peu à peu enfouis dans le département de la Corrèze. Simultanément, une partie du réseau basse tension sera consolidée grâce à l'utilisation de fil torsadé plus résistant aux chutes d'arbres.

- ◆ Investissement: 75 MF;
- ◆ Fin des travaux: fin 2001.

■ OÙ EN SONT-ILS ?

SNCF: ligne Clermont-Ferrand/Béziers

Les premiers travaux de rénovation de la ligne Clermont-Ferrand/Béziers ont pris fin en octobre. Ce chantier incluait le renouvellement de la voie sur 14,5 km et des travaux induits sur trois ouvrages d'art, huit passages à niveau, des fossés latéraux et des murettes garde-ballast. Un nouveau chantier sur voie doit être entrepris dès 2001. Pour l'ensemble du programme:

- ◆ Investissement global: 685 MF;
- ◆ Début des travaux: août 2000;
- ◆ Fin des travaux: 2006.

■ CE SERA DEMAIN

Ile-de-France: réseau câblé

Le syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour l'électricité et les réseaux de communication (Sipperec) va développer les réseaux câblés dans neuf communes de la première couronne (Bagnole, Bobigny, Drancy, Le Pré-Saint-Gervais, Nanterre, Nogent-sur-Marne, Noisy-le-Sec, Romainville, et Villemonble).

- ◆ Investissement: 600 MF;
- ◆ Début des travaux: début 2001;
- ◆ Durée des travaux: 3 ans.

Nantes : requalification de la route de Vannes

Le district de l'agglomération nantaise pilote le projet de réaménagement de la route de Vannes à l'entrée ouest de la ville. Le projet vise à redimensionner la voie, à créer dix giratoires, et un cheminement pour les piétons et les cyclistes sur toute la longueur de l'axe.

- ◆ Investissement : 100 MF ;
- ◆ Caractéristiques : 3,6 km entre la Ferrière et l'Espérance ;
- ◆ Début des travaux : 2002.

Bretagne : électrification de la liaison Rennes/Saint-Malo

L'électrification de la liaison Rennes/Saint-Malo, inscrite au contrat de plan Etat-Région, va permettre à la cité corsaire de recevoir le TGV sans rupture de charge depuis Paris.

Les voyageurs n'auront plus à changer de train en gare de Rennes. Les trains pourront circuler à 140 km/h au lieu de 120 km/h ce qui permettra de gagner une dizaine de minutes entre Rennes et Saint-Malo.

- ◆ Investissement : 654 MF ;
- ◆ Caractéristiques : renouvellement des voies, mise au gabarit et électrification d'ouvrages d'art, relèvement des quais, électrification de la ligne ;
- ◆ Financement : Etat (35 %), région Bretagne (35 %), département île-et-Vilaine (10 %), RFF (20 %) ;
- ◆ Début des travaux : début 2001 ;
- ◆ Mise en service : 2006.

■ OU APRÈS-DEMAIN

DUP concernant :

1. La construction du barrage réservoir de Gardères-Eslourenties (bassin de l'Adour) dans les Pyrénées-Atlantiques et les Hautes-Pyrénées (arrêté du 24/11/00).

L'investissement s'élève à 200 MF et les travaux devraient débuter au printemps pour une mise en service en 2003.

2. Les travaux d'aménagement à deux voies dénivelées de la déviation de Beauvais par la RN31, entre Saint-Paul et la déviation de Laversines, dans le département de l'Oise, et conférant le caractère de route express à la voie à créer (JO du 18/11/00).

3. Les travaux d'aménagement à 2 x 2 voies de la RN20 entre Tarascon-sur-Ariège et Ax-les-Thermes ainsi que les travaux d'aménagement

de la déviation à deux voies d'Ax-les-Thermes, conférant le caractère de route express à la RN20 sur cette portion (JO du 29/12/00).

4. Le projet de construction par Réseau de Transport d'Electricité d'une ligne très haute tension à 400 000 volts sur 14 km entre Baixas près de Perpignan et Lézignan-Corbières (arrêté du 10 octobre 2000). Les travaux doivent démarrer début 2001.

5. Prorogation de la DUP du 27/12/1993 et du 05/08/1996 concernant les travaux de construction de la section Neufchâtel-en-Bray/Amiens de l'autoroute A29 dans les départements de la Somme et de la Seine-Maritime (JO du 27/12/2000).

6. Prorogation de la DUP du 06/11/1995 concernant les travaux de la déviation de Bayeux sur la RN14 dans le département du Calvados (JO du 11/11/00).

7. Prorogation de la DUP du 08/12/1995 concernant les travaux de construction de l'A86 sur la section Rueil-Malmaison (RN13) - Versailles — Pont Colbert (RN286), section Rueil-Malmaison (RN13) - Bailly (A12), et déviation de Rueil-Malmaison entre le carrefour de la Jonchère (RN13) et le boulevard Marcel-Pourtout, dans les départements des Hauts-de-Seine et des Yvelines.

Lancement d'enquête publique

1. Concernant la voie de liaison intercommunale ouest de Strasbourg. L'enquête doit se dérouler du 23/10/00 au 01/12/00 et concerne dix communes de l'agglomération. La mise en service est prévue pour 2007 après trois ans de travaux.

2. Concernant le doublement de la RN4 entre Paris et Nancy inscrit au contrat de plan Etat-Région 2000-2006 de la Champagne-Ardenne. L'enquête s'est déroulée du 30/10 au 30/11/2000.

■ DES PROJETS PLUS LOINTAINS

Bordeaux : suppression du bouchon ferroviaire

Les élus régionaux ont donné leur feu vert au montage financier du dossier du bouchon ferroviaire de Bordeaux.

La première tranche de travaux comprend notamment la construction d'un nouvel ouvrage à quatre voies de franchissement de la Garonne.

Deux années d'études au minimum seront nécessaires.

- ◆ Investissement : 1 240 MF ;
- ◆ Calendrier : DUP : fin 2004 ;
- ◆ Premiers travaux sur voies TER : 2001 ;
- ◆ Construction de passages à niveau : 2003 ;
- ◆ Gros du chantier : 2005 ;
- ◆ Fin du chantier : fin 2007 — début 2008 ;
- ◆ Financement : RFF (33 %), Etat (22 %), Région (18 %), Europe (10 %), CUB (9 %), Département (8 %).

Ligne mixte TGV-fret entre Nîmes et Montpellier

La procédure d'avant-projet sommaire, d'information et de consultation sur la nouvelle ligne à grande vitesse permettant de contourner Nîmes et Montpellier s'est déroulée en novembre et décembre 2000.

Cette voie nouvelle doit permettre de supprimer un goulet d'étranglement sur le réseau qui relie l'Espagne à la vallée du Rhône, et ainsi accroître l'intérêt de la liaison internationale Perpignan/Figueras. Cette liaison mixte accueillera des trains à grande vitesse et absorbera une partie du trafic fret.

- ◆ Investissement : 4,8 MdF ;
- ◆ Enquête publique : 2001/2002 ;
- ◆ Début des travaux : 2004/2005 ;
- ◆ Mise en service : 2007/2008 ;
- ◆ Financement : non encore arrêté excepté pour l'Union européenne qui participera à hauteur de 10 %.

■ FEU VERT

Hauts-de-Seine : tramway

Le conseil général du département des Hauts-de-Seine a donné son feu vert au projet de tramway Châtillon/Montrouge/Viroflay.

- ◆ Investissement : 1 300 MF ;
- ◆ Caractéristiques : 14 km, 21 stations ;
- ◆ Début des travaux : 2004 ;
- ◆ Durée des travaux : 2 ans.

(Source FNTP)