

# Travaux

n° 761

## Routes

### AUTOROUTES

- A 6. Entretien des chaussées béton
- A 77. L'autoroute de l'arbre
- L'A 87, une autoroute en genèse

### DÉVIATIONS ROUTIÈRES

- Les travaux de chaussées de la déviation de Darnieulles et Uxegney sur la RD 166 dans les Vosges
- La déviation de Saint-Junien en Haute-Vienne

### CHAUSSÉES

- Chaussées composites : chaussées idéales
- Bioflux et Bioflex : les liants de répandage à chaud "écologiques". Un chantier expérimental sur la RD 4 (Jura)
- Mâchefers valorisés : première application en couche de fondation sur la RN 2

### AÉROPORT

- Europort Vatry. Une plate-forme multimodale dédiée au fret au cœur de la Marne







### Notre couverture

**A 20 - Souillac-Brive**  
**Forêt de Turenne**  
**Passage à grande faune**

© Yannick Collet

### 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 35 09 95  
 Fax : (33) 0241 35 09 96  
 E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

### MAQUETTE

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

### VENTES ET ABONNEMENTS

Colette Robert  
 RGRA  
 9, rue Magellan - 75008 Paris  
 Tél. : (33) 0140 73 80 05  
 E mail : revue.generale.des.routes.rgra@wanadoo.fr  
 France : 920 FF TTC  
 Etranger : 1100 FF  
 Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

### 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° 57304

## éditorial

**Daniel Tardy**

1

## actualités

6

## matériels

10

## PRÉFACE

**Patrick Gandil**

13

## AUTOROUTES

◆ A6. Entretien des chaussées béton  
 - *Motorway A6. Concrete pavement maintenance*  
**E. Sapin, Ch. Alvarez**

14

◆ A77 - L'autoroute de l'arbre  
 - *A77 - Motorway of the tree*  
**Y. Meunier, Y. Schaller, P. Amiot**

18

◆ L'A87, une autoroute en genèse  
 - *The A87, a motorway in the making*  
**J.-P. Boulet**

24

## DÉVIATIONS ROUTIÈRES

◆ Les travaux de chaussées de la déviation de Darnieulles et Uxegney sur la RD166 dans les Vosges  
 - *Pavement works on the Darnieulles and Uxegney bypass on highway RD166 in the Vosges region*  
**D. Cavalli, D. Martin, P.-M. Spillemaecker, Fr. Verhee, J.-Cl. Madron**

27

◆ La déviation de Saint-Junien en Haute-Vienne. Des travaux respectueux de l'environnement  
 - *Saint-Junien bypass in Haute-Vienne region. Environment-compliant works*  
**G. Payet, D. Debord**

33

## CHAUSSÉES

◆ Chaussées composites : chaussées idéales  
 - *Composites pavements : ideal pavements*  
**J. Abdo, J. Gonnet**

38



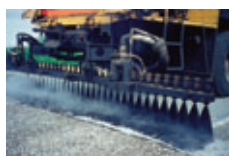
# Sommaire

février 2000

## Routes

**Dans les prochains numéros**

- Travaux urbains**
- Réhabilitation d'ouvrages**
- Sols et fondations**
- Tunnels**
- Terrassements**
- Autoroute A 89**
- Barrages**
- International**
- Environnement**



◆ Bioflux et Bioflex : les liants de répandage à chaud "écologiques". Un chantier expérimental sur la RD4 (Jura)  
- *Bioflux and Bioflex : "ecological" hot-laid binders. An experimental site on highway RD4 in the Jura region*  
**J. Marcilloux, J.-P. Antoine**

42



◆ Mâchefers valorisés : première application en couche de fondation sur la RN2  
- *Gainful use of clinker : first application in subbase layer on highway RN2*  
**F. Marchal, G. Thomin, I. Drouadaine**

45



### AÉROPORT

◆ Europort Vatry. Une plate-forme multimodale dédiée au fret au cœur de la Marne  
- *Europort Vatry. A multimodal platform dedicated to freight in the heart of the Marne region*  
**J.-P. Guerin, B. Bolot**

49

### économie

54

### répertoire des fournisseurs

58

L'occasion m'est donnée de m'exprimer en tant que "jeune" directeur des Routes puisque je ne suis à ce poste que depuis un peu plus de 7 mois.

Ce court laps de temps m'a déjà permis d'être confronté à des situations qui ont renforcé chez moi l'idée que les routes sont essentielles à l'activité d'un pays. Situations difficiles tout d'abord telles que l'incendie du tunnel du Mont-Blanc, les inondations dans le Midi, la neige dans la vallée du Rhône, l'ouragan dans les Antilles, les tempêtes de ces dernières semaines... Les dernières catastrophes naturelles ont notamment mis en évidence l'effort quotidien des agents de l'équipement et des collectivités locales, des sociétés concessionnaires d'auto-roues et de toutes leurs entreprises prestataires pour assurer leur tâche de service public, garantir la sécurité des usagers et rétablir au plus vite les réseaux routiers. Je tiens à saluer leur mobilisation et leur efficacité reconnue pour assurer leurs missions dans des conditions particulièrement difficiles.

Mais la route n'est pas faite que de cela. La planification, la programmation et l'organisation du système de financement des investissements ainsi que les activités de construction, d'entretien et d'exploitation sont nécessaires à la route.

En matière de planification, les schémas de service se mettent en place et aboutiront dans le courant de cette année.

En matière de programmation, ont été définis cette année les montants consacrés par l'Etat aux contrats de plan Etat Régions. Pour la partie routière, l'effort de l'Etat sur la période 2000-2006 sera en augmentation sensible par rapport à la période 1994-1999.

De plus, l'Etat achèvera sur cette période les programmes spécifiques d'aménagement des auto-roues A 75, A 63 (RN 10) et de la RN 7.

Dans le domaine autoroutier, nous avons poursuivi notre travail sur la réforme du système, réforme rendue nécessaire par l'évolution du droit français et européen avec en particulier l'interdiction du système d'adossement avec allongement des concessions et l'obligation de mise en concurrence des futures concessions.

Cette réforme a pour objet d'améliorer la transparence dans les choix d'investissements publics et dans l'ouverture de la concurrence, dans le cadre d'un partenariat public-privé.

Dans ce cadre, la réforme prévue permet, par un allongement

des durées de concession et une modification de la structure financière et des pratiques comptables des SEMCA, de mettre celles-ci dans une situation comparable à celle des sociétés privées avec lesquelles elles seront en concurrence.

Ce projet de réforme a été présenté à la Commission européenne, avec laquelle nous sommes en discussions actuellement. Il devrait aboutir dans le courant de cette année.

Enfin le programme de mise en sécurité des tunnels routiers et la rédaction du mémorandum européen sur le transport dans les Alpes qui ont suivi l'incendie dramatique du tunnel du Mont-Blanc montrent notre volonté d'inscrire la gestion du trafic dans une perspective de développement durable et d'assurer une meilleure sécurité du trafic routier.

La route peut se montrer également dangereuse. L'année 2000 sera placée sous le signe de la sécurité puisque le ministre de l'Équipement, des Transports et du Logement a souhaité que la sécurité routière soit déclarée grande cause nationale. En tant que directeur des Routes, je souhaite que tout le secteur routier participe, dans le cadre de ses compétences, à cet engagement.

Mais le domaine routier évolue. Comme j'ai pu le constater à l'occasion de la dernière édition des Rubans d'Or, palmarès qui récompense les paysages routiers et qui s'est déroulée le 25 novembre 1999, beaucoup de nouveaux projets routiers concernent des zones fortement urbanisées telles que des entrées de ville, des zones périurbaines.

Ces projets s'inscrivent la plupart du temps dans des zones habitées et denses alors qu'ils sont souvent très contraints par les niveaux de trafic prévus sur la voie et par la nécessité de faire coexister différents usagers tels

que les voitures particulières, les bus en site propre, les vélos. Ces projets soulèvent ainsi des problématiques nouvelles en termes de lutte contre les nuisances sonores, d'esthétisme et de partage de l'usage des voies. Or, les réflexions sur le paysage routier sont beaucoup plus avancées dans le domaine interurbain que dans le domaine urbain. Certes, des réflexions ont été engagées sur la qualité esthétique des ouvrages antibruit mais il reste encore beaucoup de domaines de réflexion à investir.

J'invite donc l'ensemble des acteurs susceptibles d'intervenir dans le champ de l'urbain à se saisir de cette problématique et à développer une nouvelle doctrine de conception des projets urbains et périurbains.



**PATRICK GANDIL**  
**Directeur des Routes**

# A 6 - Entretien des

Dans le cadre du programme annuel de l'entretien des chaussées béton, la Société des Autoroutes Paris Rhin Rhône a confié au département Grands Travaux du groupe SCR-Beugnet-Gerland le renforcement hydrocarboné de deux sections de l'autoroute A6 Paris - Lyon situées entre Avallon et Pouilly.

Entre le 8 septembre et le 27 octobre 1999, le département Grands Travaux du groupe SCR-Beugnet-Gerland composé de Grands Travaux Beugnet et du service Grands Travaux de Gerland Routes a réalisé, dans le cadre de deux marchés, des travaux de renforcement de l'autoroute A6.

chaussée et d'améliorer le niveau de service pour l'utilisateur, la Société des Autoroutes Paris Rhin Rhône (SAPRR) réalise depuis plusieurs années des campagnes de renforcements hydrocarbonés.

## LES MARCHÉS

Deux marchés distincts ont été attribués par la SAPRR, le maître d'ouvrage :

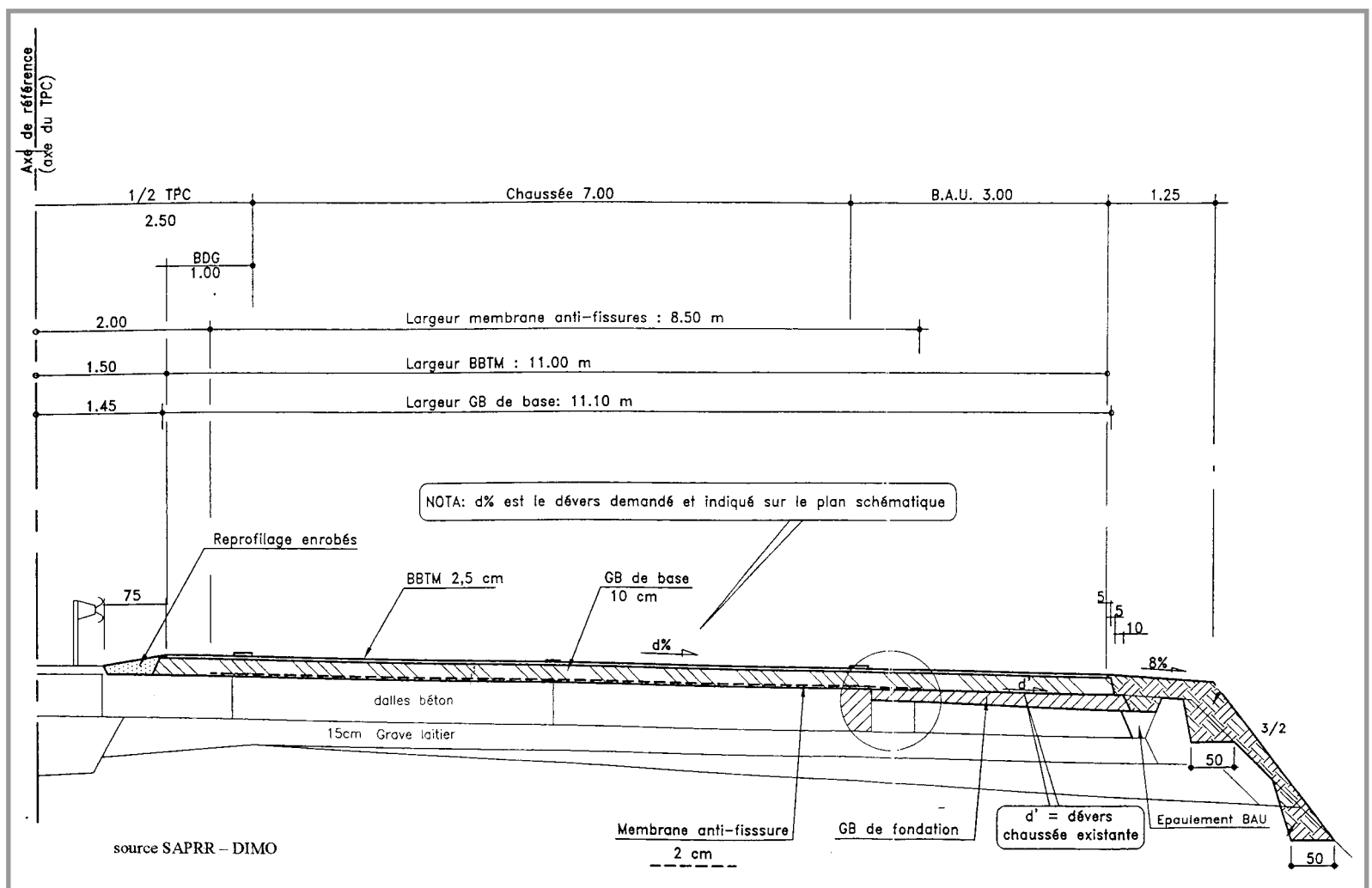
- ◆ à Grands Travaux Beugnet, dans le sens Paris Lyon entre Bierre-les-Semur et Pouilly-en-Auxois, soit 15 km entre le PR 249.300 et 264.970 (direction chantier L. Chivet);

- ◆ au service Grands Travaux de Gerland Routes, dans le sens Lyon Paris entre les PR 209.900 et 207.290 soit 2610 m (direction travaux E. Chabe). Pour l'ensemble de ces travaux, la maîtrise d'œuvre était assurée par la direction de l'Ingénierie et de

## LE CONTEXTE

La technique dite "californienne", à savoir dalle courte non goujonnée en béton de ciment, a été utilisée de 1955 jusqu'en 1969 pour la construction de l'autoroute du Sud. Certaines chaussées ainsi construites assurent encore un niveau de trafic acceptable, avec cependant des problèmes d'entretien (battements, étanchéité des joints, rupture en coins...). Afin de renforcer structurellement la

Figure 1  
Profil en travers.  
Marché Grands Travaux Beugnet.  
Type remblais  
Cross section.  
Beugnet Grands Travaux contract.  
Typical fill





# chaussées béton

**Eric Sapin**



DIRECTION TECHNIQUE  
SCR - Beugnet

**Christian Alvarez**



DIRECTION TECHNIQUE  
Gerland Routes

la maîtrise d'œuvre de la SAPRR, département Etudes Travaux Génie Civil.

## ■ LA TECHNIQUE CLASSIQUE

(PR 249.300 à 264.970)

La structure de base figurant à l'appel d'offres consistait à un renforcement des dalles béton (après fragmentation) par une structure composée de 10 cm de grave bitume (GB) 0/14 de classe 3 surmontée par une couche de roulement en 2,5 cm de béton bitumineux très mince (BBTM) Rugoprène 0/10 sur la totalité de la largeur de la chaussée, de la grave bitume venant renforcer la bande d'arrêt d'urgence en couche de fondation après rabotage. Un complexe anti-remontée de fissures constitué d'un sable bitume 0/6 en 2 cm était placé à l'interface dalle béton fractionnée/grave bitume (figure 1).

Le marché comportant une garantie particulière sur une durée de cinq années (macrotecture, orniérage, fissuration, départ) et compte tenu du trafic poids lourds important (3100 PL/jour/sens), une attention a été portée sur le choix des constituants, en particulier sur les bitumes :

- ◆ le Biprène 63, bitume fortement modifié aux élastomères, utilisé pour le sable bitume de type Souplex et la couche de roulement en Rugoprène ;
- ◆ le Viatotal 30/40, bitume de base de la GB 0/14 en provenance de la raffinerie de Gonfreville, développé spécialement pour ces travaux par Total Bitumes, afin de garantir une fourchette de dureté plus étroite centrée sur une pénétrabilité de 35 ;
- ◆ l'Actiprène, émulsion élastomère, utilisée pour la réalisation de toutes les couches d'accrochage, en provenance de l'usine de liant de SCR Troyes. Le marché étant à obligations de résultats, il faut remarquer que le CCTP ne définissait pas d'obligations de moyens, à savoir les performances des bitumes, mais des spécifications sur les performances des enrobés (tableau I). Les études de formulation ont été effectuées au laboratoire central SCR - Beugnet de Mont-Saint-Eloi.

Les moyens déployés sont classiques pour ce type de travaux autoroutiers :

- ◆ deux postes d'enrobage : Ermont TSM 17 (180 t/h) et TSM 25 XLM (400 t/h) ;
- ◆ deux finisseurs Voegelé : super 1700 pour l'application du sable bitume et de la grave bitume de fondation en BAU, super 2500 équipé en grande largeur pour les couches de liaison et de roulement ;
- ◆ un alimentateur Franex F 392 ;



Unité de liant modifié et centrale Ermont TSM 25  
Ermont TSM 25 plant and modified binder unit

ETUDES DE FORMULATION					
Section BIERRE / POUILLY					
Sable Bitume 0/10		Grave Bitume 0/14		RUGOPRENE 0/10	
0/4 Bouchard	81%	0/4 Bouchard	45%	0/2 Bouchard	21%
4/6.3 Bouchard	15%	4/6.3 Bouchard	13%	6.3/10 Bouchard	75%
Filler apport	4%	6.3/10 Bouchard	15%	Filler apport	4%
Biprène 63	9.5 ppc	10/14 Bouchard	24%	Biprène 63	6 ppc
		Filler apport	3%		
		Viatotal 30/40	4.7 ppc		
PCG	V20 = 4.6 %	PCG	V100 = 7.1 %	PCG	V25 = 16.9 %
Duriez	R = 11.31 MPa	Duriez	R = 12.53 MPa	Duriez	R = 6.76 MPa
	r/R = 0.97		r/R = 0.8		r/R = 0.95
		Orniérage	3.34%		
		30 000 cycles V = 8.2 %			

Tableau I  
Etudes de formulation section Bierre-Pouilly  
Mix-design studies, Bierre-Pouilly section

- ◆ trois compacteurs Dynapac CC 501 ;
- ◆ une usine de liant mobile assurant la fabrication du bitume modifié Biprène 63 ; sa capacité de fabrication de 16 t/h permettait d'alimenter les deux postes d'enrobage tout en gardant une souplesse d'utilisation en fonction des impératifs d'exploitation et météorologiques.

Les moyens de mise en œuvre ont permis d'obtenir une macrotecture sur le Rugoprène 0/10 de 1,56 en moyenne avec un écart type de 0,22. La HSV demandée au marché est de 1.2 pendant cinq ans.

Utilisée depuis plusieurs années, cette technique de renforcement donne entière satisfaction aux gestionnaires. Elle est d'ailleurs parfaitement maîtrisée par les sociétés du groupe SCR-Beugnet-Gerland, avec de nombreuses références de travaux d'entretien sur les autoroutes A6 et A13 par exemple.

## ■ LA TECHNIQUE INNOVANTE

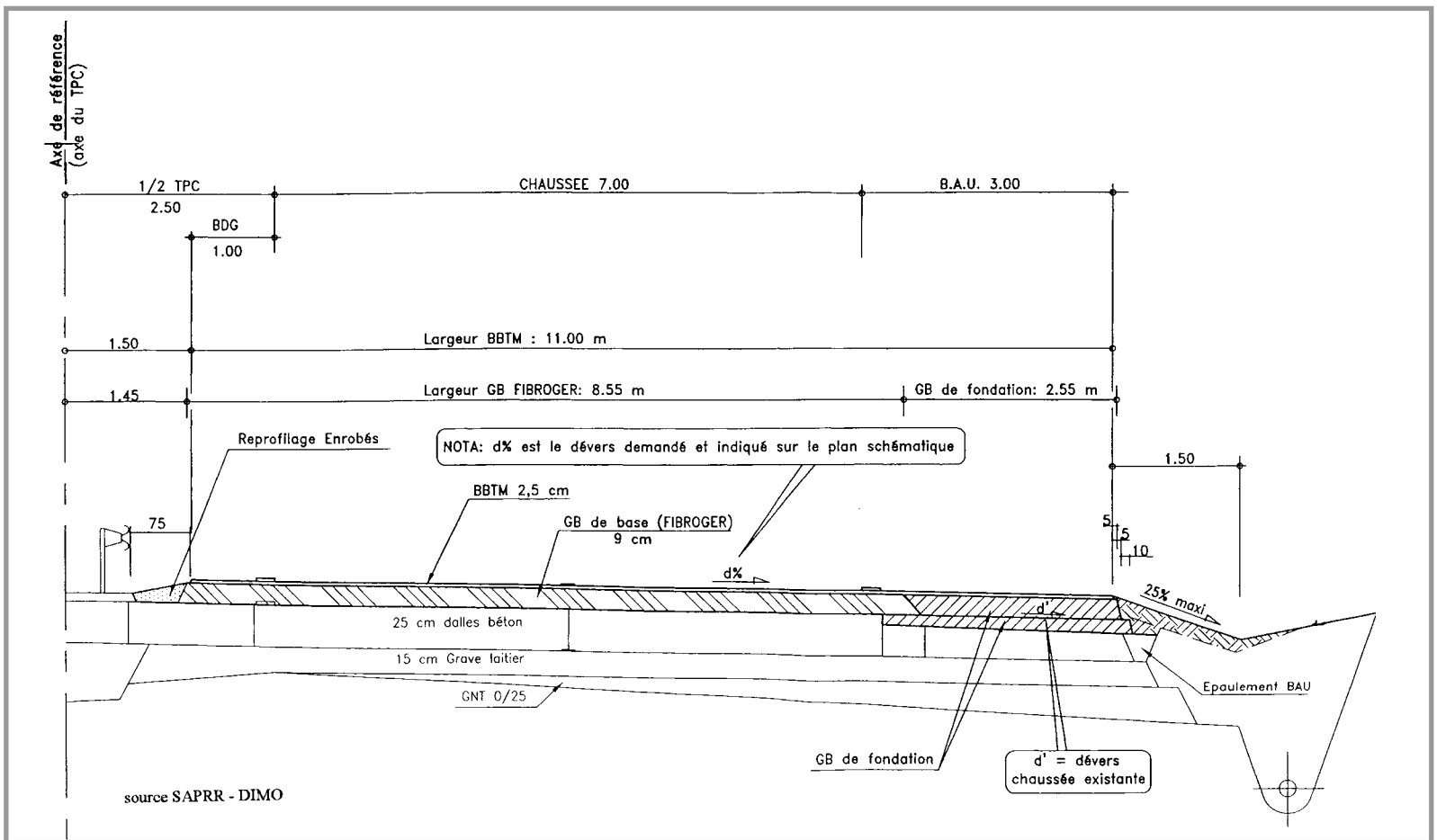
(PR 209.900 à 207.290)

Le principe innovant de renforcement proposée par la direction technique de Gerland Routes dans le

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

### Section Bierre-Pouilly

- Sable bitume 0/6 : 134 000 m<sup>2</sup>
- Grave bitume 0/14 : 66 000 t
- Rugoprène 0/10 : 190 000 m<sup>2</sup>
- Biprène 63 : 1 300 t
- Viatotal 30/40 : 3 200 t



**Figure 2**  
**Profil en travers.**  
**Marché Gerland Routes.**  
**Type déblais**  
**Cross section.**  
**Gerland Routes contract.**  
**Typical cutting**



cadre du second marché consiste à remplacer le complexe sable bitume 2 cm/grave bitume 10 cm par une seule couche de grave bitume 0/14 anti-remontée de fissures – Fibroger – appliquée en 9 cm sur un support constitué de dalles béton préalablement fragmentées. La couche de roulement est assurée par un BBTM Microflex 0/10 et 0/6 à base de liant Rouflex E 50 D (figure 2).

Fibroger, formulé comme une grave bitume conforme à la NF P 98-138 (tableau II) mais avec ajout de fibres spécialement développées au taux de 0,8 à 1 % permet à la fois :

- ◆ une augmentation de l'apport structurel grâce à l'amélioration des caractéristiques mécaniques du produit ;
- ◆ un fort ralentissement des remontées de fissures que ce soit en construction de chaussée neuve (structure mixte) ou dans le cadre d'un entretien ou d'un renforcement.

**Expérimentations**

**Anti-remontée de fissures - Expérimentations**  
*En laboratoire*

Des essais de retrait flexion au fissuromètre ont été réalisés par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Autun. Deux complexes (avec et sans fibres) ont été testés.

Les résultats obtenus avec des formules comportant des fibres permettent de classer le procédé comme efficace – temps réduit moyen de 0,9 – pour

des épaisseurs testées inférieures à celles envisagées pour l'application de Fibroger.

*Sur le manège Fabac*

Différents procédés anti-remontées de fissures, dont un en Fibroger, ont été testés en vraie grandeur sur le banc d'essai Fabac, afin de quantifier leur efficacité. Ces expérimentations ont été réalisées par Gerland Routes, durant l'année 1998, en partenariat avec les sociétés d'autoroutes Cofiroute, Sanef et SAPRR et sous le contrôle du LRPC d'Autun.

**Apport structurel - Expérimentations en laboratoire**

Plusieurs essais de détermination de module et de perte de linéarité (conforme à la norme NF P 98-260-1) ont été réalisés sur du Fibroger. Ils mettent en évidence une augmentation de module de 15 % par rapport à une formulation identique sans apport de fibres. Ce chantier de démonstration technique (Charte Innovation Direction des Routes - ASFA) a pour objectif de valider ces deux points. La fabrication du Fibroger a été réalisée à partir d'un poste mobile Ermont TSM 21 installé sur la commune de Sainte-Magnence, à 15 km du chantier. Les fibres sont dosées par l'intermédiaire d'un doseur volumétrique et introduites par l'anneau de recyclage. La mise en œuvre s'effectue sans difficultés : finisseur ABG Titan 511 alimenté par un alimentateur Roadtec, compactage par des cylindres à pneumatiques et lisses.

**LES PRINCIPAUX INTERVENANTS**

**Section Pierre-Pouilly**

**Maitre d'ouvrage**  
 SAPRR

**Maitre d'œuvre**  
 SAPRR Dimo

**Entreprise**  
 Grands Travaux Beugnet

**Fournisseurs**

- Total Gonfreville : bitume de base
- SCR Beugnet Troyes : émulsion
- Carrière Bouchard : granulats



Atelier d'application grande largeur  
Large-width application plant

## Suivi de la technique

Dans le cadre de ce chantier de démonstration technique, un suivi spécifique a été mis en place à différentes périodes :

- ◆ exécution de carottes pour mise en évidence des remontées de fissures éventuelles ;
- ◆ mesures des déflexions et rayons de courbure ;
- ◆ vérification de l'orniérage par passage du transversoprofilomètre à laser (Palas 2) ;
- ◆ vérifications des caractéristiques mécaniques par essais d'ovalisation.

L'expérimentation en vraie grandeur sur un linéaire important du Fibroger constitue le prolongement des études de laboratoire et est nécessaire au développement de la technique. Les deux chantiers réalisés sur des sections à sollicitations semblables (trafic, climatiques, ancienneté du support) constituent une bonne opportunité pour SCR-Beugnet-Gerland de comparer l'efficacité des techniques classique et innovante de renforcement de chaussées béton.

## FUSION : DE NOUVEAUX MOYENS

La fusion, effective dès janvier 2000, des Grands Travaux Beugnet et du service Grands Travaux de Gerland Routes en un département unique constituera un nouvel ensemble doté de moyens humains et matériels conséquents :

- 10 postes d'enrobage mobiles ;
- 5 finisseurs grande largeur ;
- 5 alimentateurs ;
- 15 compacteurs lourds ;
- 3 centrales de graves ;
- 2 autogrades.

Les Grands Travaux du groupe SCR-Beugnet-Gerland constituent dès aujourd'hui un département puissant pouvant intervenir sur tous types de travaux autoroutiers et nationaux, en France ou à l'étranger.

## ABSTRACT

### Motorway A6. Concrete pavement maintenance

E. Sapin, Ch. Alvarez

In connection with the annual concrete pavement maintenance programme, French motorway operator Autoroutes Paris Rhin Rhône awarded two contracts to the Grands Travaux (major projects) department of the SCR-Beugnet-Gerland group for the asphalt overlay of two sections of the Paris-Lyon motorway A6 located between Avallon and Pouilly. The works took place between 8 September and 27 October 1999.

## RESUMEN ESPAÑOL

### Autopista A 6. Conservación de los pavimentos de hormigón

E. Sapin y Ch. Álvarez

Operando en el marco del programa anual de conservación de pavimentos de hormigón, la Société des Autoroutes Paris Rhin Rhône, ha encargado al departamento Grandes Obras del grupo SCR-Beugnet - Gerland, el refuerzo hidrocarbonado de dos secciones de la autopista A 6 Paris-Lyon ubicadas entre las localidades de Avallon y Pouilly. Las obras se han desarrollado entre el 8 de septiembre y el 27 de octubre de 1999, conforme al marco de dos contratos de ejecución.

FIBROGER 0/14	
0/4 Ste Magnance	47.50%
6.3/10 Ste Magnance	22%
10/14 Ste Magnance	29%
Filler apport	1.50%
35/50	5.0 ppc
Fibres	1.1 ppc
PCG	V80 = 8.1 %
Duriez	r/R = 0.8
Orniérage	5.30%
30 000 cycles compactage fort	
Module MAER	11 000 MPa

Tableau II  
Formulation  
Fibroger  
Fibroger mix  
design



De l'autoroute A77 qui relie Dordives (Autoroute A6) à Nevers, 98 km environ sont aujourd'hui concédés à la SAPRR, entre Dordives et Cosne-sur-Loire.

Les 63 premiers kilomètres de Dordives à Briare ont été ouverts à la circulation à la mi-novembre 1999. La mise en service des 30 km restants, de Briare à Cosne-sur-Loire, est envisagée pour mi-2000.

La structure bitumineuse est réduite à deux couches d'assise en GB améliorée et à une couche de roulement en BBTM, le tout sur une plate-forme performante de classe PF 4.

Cette plate-forme a permis l'emploi de matériaux locaux économiques et de réduire les quantités de granulats nobles provenant de carrières lointaines.

Ce chantier à caractéristiques industrielles a nécessité des actions spécifiques pour répondre aux exigences du maître d'œuvre sur les aspects qualité et protection de l'environnement.

# A77 L'autoroute

La présence de forêts et l'existence de l'arbooretum des Barres (Nogent-sur-Vernisson) ont sans doute donné l'idée de faire référence à l'arbre pour dénommer cette autoroute. Ainsi, l'A77 est "l'autoroute de l'arbre" et les aires de repos ont été baptisées par des noms d'arbres prestigieux tels que : sophora, liquidambar, ginkgo ou séquoia.

## ■ SITUATION (figure 1)

L'autoroute A77 traverse trois départements (Seine-et-Marne, Loiret, Nièvre) et relie Dordives (autoroute A6) à Nevers, l'objectif visé étant de compléter à terme le maillage de A71 et de A6 et de relier Paris à Saint-Etienne ou Clermont-Ferrand via Nevers et Moulins. Son tracé franchit deux des grands canaux du centre de la France : le canal d'Orléans et le canal de Briare, par deux ouvrages exceptionnels nommés "bow-string" (pont en arc), en raison de leur forme en arc tendu.

La mise en service pourrait être effective pour le prochain Grand Prix de France de Formule 1 qui doit se dérouler à Magny-Cours au sud de Nevers au début de l'été 2000.

Le groupe Générale Routière a largement participé à la construction de cette autoroute. L'ensemble des travaux concerne trois lots de TOARC et deux lots de chaussées. Les filiales Guintoli Grands Travaux et E.H.T.P. ont exécuté en 1998 deux lots de TOARC de 30 km chacun. Guintoli Massif Central exécute les terrassements du clavetage d'A77 avec la RN7 à Cosne-sur-Loire et les bassins de la section des 30 km sud du chantier. Routière Morin, a réalisé les couches de forme du second lot de TOARC, et poursuit la construction des chaussées sur le lot sud de l'autoroute, avec Arbox pour les travaux d'assainissement.

De ce chantier, d'une longueur de 43 km, 13 km ont été inaugurés à la mi-novembre 1999 avec le premier lot, les 30 km restants le seront à la mi-2000.

## ■ PHASAGE ET ORGANISATION DES TRAVAUX

Les mises en service successives en 1999 et en 2000 des deux tronçons d'autoroute ont conduit le maître d'ouvrage à lancer deux marchés séparés. Les deux chantiers sont délimités par le viaduc de franchissement du canal de Briare, d'une



Figure 1  
Tracé de l'autoroute A77  
The route of motorway A77

Photo 1  
Embranchement ferroviaire et quai de déchargement  
Railway connection and unloading platform



# de l'arbre

longueur de 184 ml. Pour la réalisation des chaussées du tronçon de 13 km au nord de Briare, un poste d'enrobage TSM 25 Major (d'un débit de 550 t/h nominal) avait été installé sur l'aire de Briare. En 1999, ce poste a fabriqué 100 000 t de grave bitume de fondation et de base, ainsi que le BBTM de la couche de roulement.

Les matériaux des couches de chaussées étaient acheminés par fret SNCF jusqu'à la gare du centre de la ville de Gien, puis par semi-remorques jusqu'à l'aire de Briare. Cette solution n'a pas été reconduite pour la deuxième phase de travaux.

Aussi, une nouvelle aire de fabrication ainsi qu'un embranchement spécifique ont-ils été créés pendant l'hiver 98/99, près de l'autoroute et au sud du canal de Briare (photo 1).

## ■ STRUCTURE DE CHAUSSEE EN SECTION COURANTE (figure 2)

En section courante, la structure de chaussée adoptée par Scetauroute est de type bitumineuse. Elle est constituée de plusieurs couches de matériaux bitumineux sur une plate-forme rigide de classe PF4 (module de rigidité > 200 MPa) en matériaux traités aux liants hydrauliques et réalisée dans le cadre du marché Terrassements.

Ces couches bitumineuses se composent d'une couche de roulement en BBTM (2,5 cm d'épaisseur), sur des couches d'assise en GB, (GB de fondation et base sur 9 et 8 cm).

Cette structure offre l'avantage d'utiliser des matériaux locaux, donc de moindre coût pour la construction d'une plate-forme de type PF4.

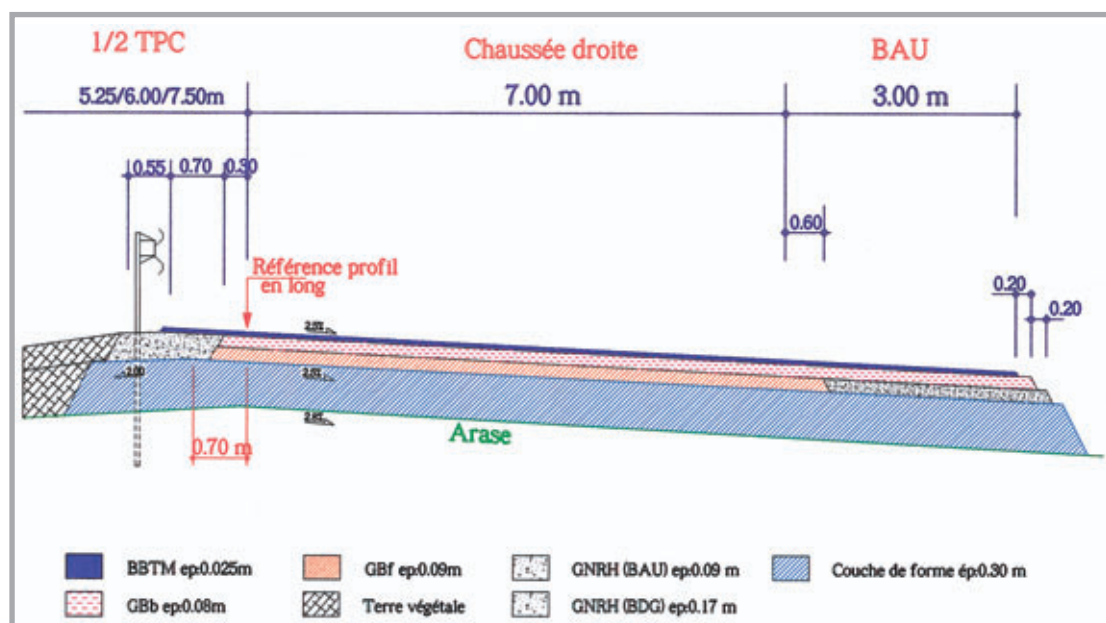
La présence de gisements de sable dans la région a tout naturellement conduit les concepteurs du projet à préconiser l'emploi de sable traité au liant spécial à usage routier pour la réalisation des couches de forme traitées.

## ■ APPROVISIONNEMENTS

Pour assurer l'exploitation rationnelle de l'embranchement d'une voie ferrée, Routière Morin a construit un quai de déchargement à proximité de l'autoroute et de la gare de Chatillon-sur-Loire sur la commune de Briare (photo 1). Ainsi, environ 500 000 t de matériaux ont pu être livrées au rythme de deux trains par jour de 1 400 t chacun.

Les granulats pour la grave bitume de fondation ont fait l'objet d'un marché de fourniture séparé ;

par contre, la fourniture des matériaux pour la grave bitume de base et le béton bitumineux très mince (BBTM) avait été intégrée au marché Chaussées. L'approvisionnement par voie ferrée a permis d'élargir le champ de la consultation des carrières, certaines carrières pouvant être relativement éloignées du site du chantier. Le déchargement et le stockage ont été gérés par l'entreprise de manière simultanée.



**Figure 2**  
Coupe de chaussée en section courante  
*Typical pavement cross section*

Routière Morin a en effet défini une disposition optimale des stocks pour tenir compte des impératifs de circulation de chantier et des implantations des bascules et des centrales de fabrication (centrales d'enrobage et de malaxage pour la GNT) (figure 3).

## ■ LES COUCHES DE FONDATION ET DE BASE EN GB

Le choix des matériaux identiques à ceux déjà utilisés pour la construction de l'autoroute A19 par Routière Morin en 1997 a permis de réduire l'étude de laboratoire aux seules vérifications des essais PCG, Duriez et orniérage.

La grave bitume 0/14 (environ 480 000 t de matériaux fabriqués et mis en œuvre) est constituée de deux fractions granulaires, 0/6 et 6/14, en calcaire en provenance de la carrière Charroy à Gudmont (Haute-Marne). Ces coupures ont été approvisionnées entre juillet 1998 et novembre 1999

### Yves Meunier



DIRECTEUR TECHNIQUE  
Grands Travaux Routière Morin

### Yvon Schaller



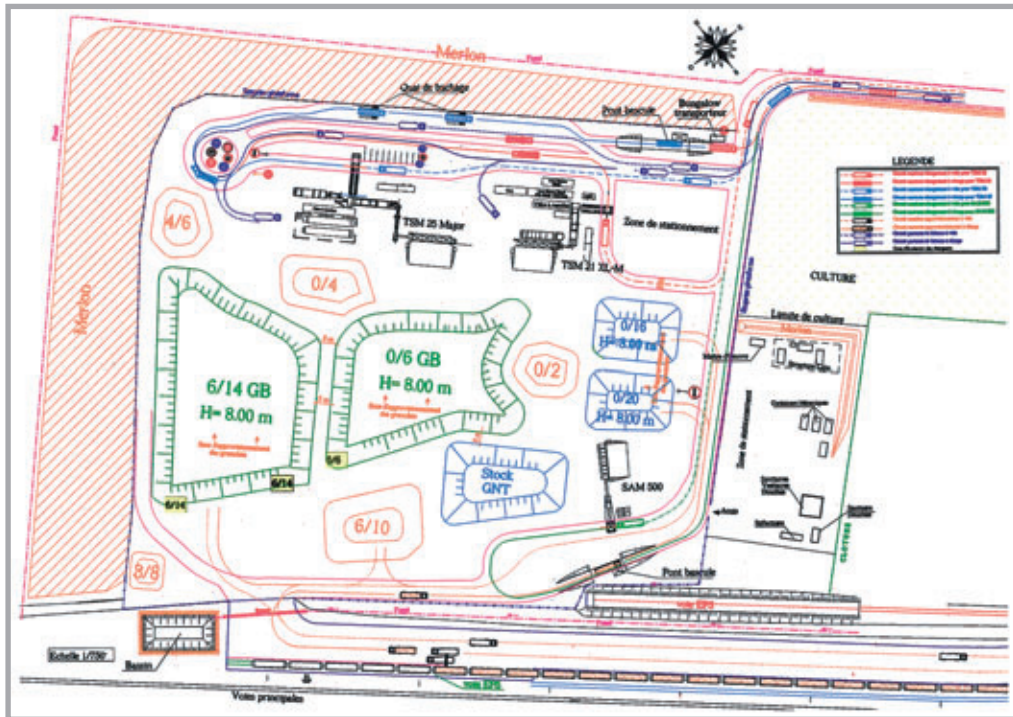
RESPONSABLE  
TECHNIQUE  
Grands Travaux Routière Morin

### Patrick Amiot



DIRECTEUR  
DE TRAVAUX A 77  
Grands Travaux Routière Morin





**Figure 3**  
**Synoptique d'approvisionnement et de fabrication**  
*Supply and production diagram*

ESSAIS	ETUDE DE FORMULATION	SPECIFICATIONS NORME GB 3 NF P 98.138	SPECIFICATION CCTP A.77 GB 3
Essai de compactage à la PCG (NF P 98.252) à 100 girations	7 %	≤ 10 % de vides	- 9 % de vides à 120 girations
Essai DURIEZ à 18 °C (NF P 98.251.1) % de vides	8.7 %		4 % ≤ V % ≤ 10 %
Résistance à la compression à sec R	9.3 MPa	≥ 6 MPa	
Rapport r après immersion / R à sec	0.72	0.70	
Essai d'ornièrage (NF P 98.253.1) % d'ornièrage à 10 000 cycles et à 60 °C	4.0 %	≤ 10 %	≤ 5 % (GB de base)
Essai de Module Complexe à 15 °C, 10 Hz	16 660 MPa	≥ 9 000 MPa	
Essai de fatigue à 10 °C et 25 Hz	109 µdef	≥ 90 µdef	≥ 105 µdef (GB de Fondation)

**Tableau I**  
**Tableau synthétique des performances de la GB de classe 3**  
*Class 3 asphalt-treated base performance data*



au rythme de deux trains par jour (2 800 t/jour). Le bitume pur de grade 35/50 a été livré depuis la raffinerie Elf de Nangis (Seine-et-Marne). Le cahier des charges (CCTP) exigeait une GB 0/14 de classe 3 dite "améliorée", dont les performances mécaniques dépassaient celles demandées usuel-

lement dans la norme NF P 98.138, notamment en matière d'ornièrage (≤ 5%) pour la couche de base, et en matière de déformabilité ( $\epsilon_6 \geq 105 \mu\text{def}$ ) pour la couche de fondation.

Les matériaux et la formulation retenus pour les deux couches permettent d'atteindre les spécifications du marché.

Le tableau I établit la comparaison entre les valeurs des spécifications du marché, de la norme NF P 98.138 et les résultats obtenus lors de l'étude de laboratoire.

Pour la deuxième partie du chantier en cours de réalisation, la grave bitume est fabriquée par deux centrales d'enrobage mobiles de type TSM 21 XL-M (320 t/h) et TSM 25 Major (550 t/h) installées sur l'aire de la gare de Chatillon-sur-Loire (photo 2). La cadence moyenne de fabrication est de plus de 6 000 t/jour.

La mise en œuvre de la grave bitume en couche de fondation et de base est assurée par un finisseur grande largeur de type Vogele S 2500 (avec table HPC), équipé d'une poutre de nivellement de 21 m et approvisionné en continu par un alimentateur de type Franex (photo 3).

Ce dispositif d'alimentation en continu favorise l'homogénéité du matériau mis en œuvre et, notamment, la qualité de l'uni, du fait de l'absence d'arrêts du finisseur pendant une journée d'application. Un autre finisseur de type Vogele S 1800 à table extensible permettait, en parallèle, de traiter les autres voies annexes en réalisant un joint "chaud".

L'atelier de compactage comprenait des compacteurs vibrants de type Dynapac CC522 et CC501.

### ■ LA COUCHE DE ROULEMENT EN BBTM

Le béton bitumineux très mince 0/10 (environ 70 000 t) était constitué à partir des deux fractions granulaires de natures différentes :

- ◆ le sable de granularité 0/2 de la carrière de la Roche Blain (CRB - Calvados). Il provient d'une roche quartzite dure de très bonnes caractéristiques mécaniques intrinsèques (LA = 14, MDE = 18, CPA = 0,56);

- ◆ le gravillon 6/10 de la carrière Chailloué (Orne) (LA = 16, MDE = 5, CPA = 0,51).

Deux études de formulation ont été menées de front selon l'origine du liant modifié (tableau II) :

- ◆ Nypol 45 produit par les raffineries Nynas à Anvers (Belgique) est un bitume polymère. Il a été utilisé sur 50 % du tronçon;

- ◆ le liant Elasto E RM® fabriqué par Routière Morin dans son usine de Ciry-Salsogne (Aisne) est un bitume modifié par un élastomère de type copolymère triséquencié SBS. Ce liant sera utilisé pour la deuxième partie du chantier en 2000.

Ces bitumes modifiés confèrent à l'enrobé une forte cohésion et une résistance accrue au cisaille-





**Photo 2**  
**Vue d'ensemble**  
**des centrales d'enrobage**  
**sur l'aire de Châtillon-sur-Loire**

*General view  
of mixing plants  
at the Châtillon-sur-Loire area*

**Tableau II**  
**Tableau synthétique**  
**des performances du BBTM 0/10**  
*0/10 very thin bituminous concrete  
performance data*

ESSAIS	ETUDE DE FORMULATION	SPECIFICATIONS NORME BBTM NF P 98.137
Essai de Compactage à la PCG (nome NF P 98.252) à 25 girations : % de vides	13.6 %	6 ≤ % vides ≤ 17
Essai DURIEZ à 18 °C NF P 98.251.1 Rapport r/R	0.96	0.80
Durabilité de la rugosité géométrique HSV après trafic / HSV avant trafic	0.84	≥ 0.50

ment. La couche d'accrochage du BBTM était constituée d'une émulsion de bitume modifié par un élastomère de type SBS, fabriqué sous le nom de Emul Elasto RM®, par Routière Morin, dans son usine de liants de Ciry-Salsogne (Aisne).

La fabrication du BBTM sera assurée en l'an 2000 par le poste d'enrobage TSM 21 XL-M (320 t/h), ce qui permettra la mise en œuvre de 50000 m<sup>2</sup>/jour. La mise en œuvre a été et sera réalisée pour la prochaine campagne dans les mêmes conditions que celles de la grave bitume et, avec le même matériel, avec des réglages adaptés à la couche à répandre.

Les spécifications du marché, en matière d'uni, ont été largement respectées sur les treize premiers kilomètres en 1999. Elles sont résumées dans le tableau III.

## ■ LA BANDE D'ARRÊT D'URGENCE

La structure des accotements est constituée par de la grave non traitée 0/20. Deux types de GNT ont été utilisés, à savoir :

- ◆ GNT en provenance de la carrière Ciment Route à Solterre, de nature silico-calcaire ;
- ◆ GNT recomposée en centrale de malaxage, SAM 500 t/h, par Routière Morin, sur le site de fabrication de Châtillon-sur-Loire à partir de calcaire, d'alluvionnaire de Sully-sur-Loire (Orsa Granulats) et d'éruptif de Sainte-Magnance (Nivet).

L'utilisation d'un spreader de type Dupire permet la réception des matériaux en trémie et leur réglage à une cadence élevée de 3000 ml/jour sur bande d'arrêt d'urgence.

## ■ PARTICULARITÉS DU CHANTIER

### Le béton extrudé

Arbex, réalise les ouvrages d'assainissement, les cunettes et caniveaux à fente en béton extrudé. Le béton provient de centrales situées à Gien (Loiret)



**Photo 3**  
**Vue d'ensemble de l'atelier de mise en œuvre**  
**(finisseur Vogele S 2500 et alimentateur Franex)**

*General view of application plant  
(Vogele S 2500 paver and Franex feeder)*



### SPECIFICATIONS DES MESURES D'UNI (APL NBO)

Ondes courtes : 95 % ≥ 7 et 100 % ≥ 6  
Ondes moyennes : 95 % ≥ 8 et 100 % ≥ 7  
Grandes ondes : 95 % ≥ 9 et 100 % ≥ 7

**Tableau III**  
**Spécifications**  
**en matière d'uni (APL NBO)**

*Specifications regarding evenness  
(NBO longitudinal profile analyser)*

**Photo 4**  
Machine à coffrage glissant pour béton extrudé, utilisée pour la réalisation d'un caniveau à fente

*Slipform machine for extruded concrete, used for the construction of a slotted gutter*



**Photo 5**  
Mesures antipollution autour des cuves de bitume et de fuel lourd

*Antipollution measures around bitumen and heavy fuel-oil tanks*



► et Cosne-sur-Loire (Nièvre). L'utilisation de deux machines à coffrage glissant (Miller 8800 et Wirtgen SP 500) guidées sur fils permettent la réalisation de 600 ml/jour de béton extrudé. La réalisation des caniveaux à fente utilise un procédé original : il consiste à mouler le caniveau autour d'une gaine gonflée préalablement à l'air et à une pression de 120 millibars. Au bout de 4 heures, la gaine est dégonflée puis retirée (photo 4).

## La terre végétale

Le volume de terre végétale de ce chantier est important (400 000 m<sup>3</sup>) compte tenu du remplissage du terre-plein central dont la largeur varie de 10 à 15 m, ceci en prévision d'élargissements futurs.

## Le respect de l'environnement

Comme on a pu le constater en particulier sur ce chantier, le respect de l'environnement constitue aujourd'hui une prestation à part entière, incontournable au même titre que la qualité et qui demande aux entreprises des moyens en organisation, en personnel mais surtout une motivation certaine afin que tous les exécutants soient sensibilisés à cette démarche commune avec le maître d'œuvre. Un manuel de respect de l'environnement (M.R.E.) a été mis au point par l'entreprise, puis soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

Conçu sous la forme d'un PAQ, il précise les mesures adoptées par l'entreprise et ses sous-traitants en matière de prévention et d'organisation interne pour limiter l'impact des travaux sur l'environnement du chantier.

Comme le PAQ, le M.R.E. présente un caractère évolutif en fonction de l'expérience acquise au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Cette démarche est illustrée par le soin tout particulier qui a été pris pour éviter toute pollution lors du dépotage du bitume pur ou des liants modifiés. La plate-forme a été recouverte de GB et un muret en parpaings a été aménagé autour des cuves à bitume et à fuel lourd de manière à isoler toute fuite éventuelle de bitume et pouvoir intervenir efficacement et en toute sécurité (photo 5).

## CONCLUSIONS

Comme sur beaucoup d'autres chantiers grands travaux, une synergie efficace entre entreprises et

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Grave bitume 0/14 :
  - Fondation : 224 000 t
  - Base : 250 000 t
- Béton bitumineux très mince : 1 150 000 m<sup>2</sup>
- Béton bitumineux semi-grenu 0/10 : 10 000 t
- Grave non traitée 0/20 : 44 000 m<sup>3</sup>
- Terre végétale : 400 000 m<sup>3</sup>
- Caniveaux à fente : 7 000 ml
- Cunettes béton : 5 000 ml
- Cunettes terre étanches : 9 000 ml



maître d'œuvre permet d'optimiser les rendements et de réaliser des travaux de qualité dans les meilleurs délais.

Le niveau d'exigence de la maîtrise d'œuvre a permis à Routière Morin sur ce chantier de se remettre en cause et d'affiner ainsi ses démarches qualité et environnement. Cette remise en question dans l'objectif de faire toujours mieux dans les meilleurs délais est la meilleure façon de progresser.

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### **Maître d'ouvrage**

Société des Autoroutes Paris Rhin Rhône (SAPRR)

### **Maître d'œuvre**

Scetauroute Région Île de France et Ouest - Direction de projet d'Amilly (45)

### **Entreprise**

Groupe Générale Routière (Routière Morin, mandataire)

### **Entreprises sous-traitantes**

- SNCF Fret
- Arbex
- Groupement de transport Feron - Perrin - Lhoir

### **Fournisseurs**

- Etudes de formulation : LRPC de Nancy (54)
- LRPC d'Autun (71) - Laboratoire BP à Dunkerque (62)
- Auscultation de l'uni (APL NBO) : Technologies Nouvelles (76)
- GB 0/14 :
  - Granulats : Charroy SA à Gudmont (52)
  - Bitume pur 35/50 Elf à Nangis (77)
- BBTM 0/10 :
  - Granulats : C.R.B. à Fresney-Le-Puceux (14) - Chailloue à Chailloue (61)
  - Bitume modifié : Nynas (Anvers, Belgique) - Routière Morin à Ciry Salsognes (02)
- GNT 0/20 : Cimenroute à Solterre (45) - Nivet à Saint-Magnance (21) - Orsa à Sully-sur-Loire (45)

## ABSTRACT

### **A 77 - Motorway of the tree**

*Y. Meunier, Y. Schaller, P. Amiot*

**On motorway A77 which runs between Dordives (at the A6 junction) and Nevers, about 98 km (between Dordives and Cosne-sur-Loire) have been granted today to motorway operator SAPRR on a concession basis.**

**The first 63 km from Dordives to Briare were opened to traffic in mid-November 1999. The remaining 30 km, from Briare to Cosne-sur-Loire, are scheduled to go into service by mid-2000.**

**The bituminous structure is reduced to two improved asphalt-treated bases and a very thin bituminous concrete wearing course, all supported by a PF 4 class high-performance roadbed.**

**This roadbed has allowed the use of low-cost local materials, and reduced quantities of noble aggregates coming from distant quarries.**

**The wide scope of this project called for specific action in order to meet the requirements of the contracting agency regarding quality and environmental protection aspects.**

## RESUMEN ESPAÑOL

### **A 77 - La autopista del árbol**

*Y. Meunier, Y. Schaller y P. Amiot*

**La autopista A 77, que pone en comunicación Dordives (Autopista A 6) con Nevers, una primera sección de 98 km, aproximadamente, se ha concedido para su explotación a la SAPRR, entre Dordives y Cosne-sur-Loire.**

**Los 63 primeros kilómetros de Dordives a Briare se han abierto al tráfico rodado hacia mediados de noviembre de 1999. La entrada en servicio de los 30 km restantes, de Briare a Cosne sur Loire, se ha proyectado ya para mediados del año 2000.**

**La estructura asfáltica se ha reducido a dos capas de base de gravas de hormigón bituminoso mejorado y un pavimento de hormigón bituminoso de muy reducido espesor, todo ello sobre una plataforma de elevadas características según la clase PF 4.**

**Esta plataforma ha permitido el empleo de materiales locales económicos y reducir los volúmenes de áridos nobles procedentes de canteras lejanas.**

**Estas obras de características indus-**

**triales ha precisado diversas acciones específicas para atenerse a los requerimientos del director técnico de la obra en los aspectos de la calidad y de la protección del medio ambiente.**



# L'A 87, une autoroute

**Autoroutes du Sud de la France (ASF) mène actuellement deux chantiers qui vont améliorer le maillage du "grand ouest" de notre pays. D'une part, la dernière section de l'autoroute A83, entre Oulmes et Niort (34 km) permettra d'assurer la continuité autoroutière entre Nantes, Niort et Bordeaux dès 2001.**

**D'autre part, l'autoroute A87 Angers - Cholet - La Roche-sur-Yon (112,5 km) qui a été déclarée d'utilité publique (DUP) par décret en date du 12 septembre 1996. Cet axe de communication permettra d'améliorer l'accessibilité du Choletais, de la Vendée et d'une partie des Deux-Sèvres; de favoriser le tourisme et l'implantation d'industries dans la région; d'améliorer la sécurité et la rapidité des déplacements; de relier les trois agglomérations d'Angers (200 000 habitants), de Cholet (55 000 habitants) et de La Roche-sur-Yon (48 500 habitants); et enfin de proposer des itinéraires autoroutiers de substitution et ainsi limiter les risques d'encombrement du réseau existant (RN 160). Etat des lieux de cette autoroute en chantier...**

**A** l'issue de la DUP, Autoroutes du Sud de la France (ASF), société d'autoroutes concessionnaire de l'État, a mené les différentes études, les réunions de concertation en communes, les procédures de remembrement et celles liées à l'environnement (enquête publique d'autorisation de travaux au titre de la loi sur l'eau), les fouilles archéologiques. Cela a permis de lancer les travaux de TOARC (terrassements, ouvrages d'art, rétablissements de communication) sur la section Angers - Mortagne-sur-Sèvre fin avril 1999, les travaux prioritaires sur la section Mortagne-sur-Sèvre - Les Essarts au cours du premier trimestre 2000.

## ■ L'AUTOROUTE INSCRIT SON EMPREINTE

Les entreprises de terrassement ont profité des mois d'été pour inscrire l'A87 dans le paysage sur plusieurs dizaines de kilomètres entre Angers et Cholet.

De mai à novembre 1999, les entreprises ont dessiné l'autoroute depuis les coteaux de l'Aubance jusqu'au diffuseur de Cholet nord. Une prouesse, car le volume de matériaux et de terres extraits et déplacés pendant les sept mois de travaux représentent trois millions de mètres cubes. Ces grandes manœuvres ont mobilisé près de 780 personnes avec des cadences de 15 000 à 30 000 m<sup>3</sup> par jour tandis que les deux viaducs (Le Layon - 350 m, l'Hyrôme - 130 m) avancent à grand pas.

## ■ DES RÉSERVES DE TERRE VÉGÉTALE

Sécurité oblige, le premier soin des responsables du chantier est de dissuader les curieux de pénétrer sur le chantier et d'éviter les accidents. Pour ce faire, des clôtures ont été posées pour isoler les parcelles et les zones habitées du chantier. Une signalisation "chantier interdit au public" a été mise en place près des différents accès ainsi que des obstacles empêchant l'accès aux abords des voies de communication proches du chantier. Puis les engins ont entrepris de décaper la terre végétale sur l'emprise de l'autoroute : cette bonne terre, mise en dépôt, sera réutilisée plus tard pour ré-engazonner les talus et les accotements. Pour les terrassements, la priorité est de réaliser les merlons de protection des riverains prévus au projet. Tandis que l'autoroute s'inscrit peu à peu dans le paysage, on voit aussi se dessiner l'emplacement des futurs aménagements : l'échangeur et la barrière pleine voie de Beaulieu-sur-Layon, les diffuseurs de Chemillé et de Cholet nord, les ouvrages de franchissements des routes nationales, départementales ou voies ferrées (PI, PS).

## ■ VIADUCS À CHARPENTE D'ACIER : LES GRANDES MANŒUVRES DE LANCEMENT

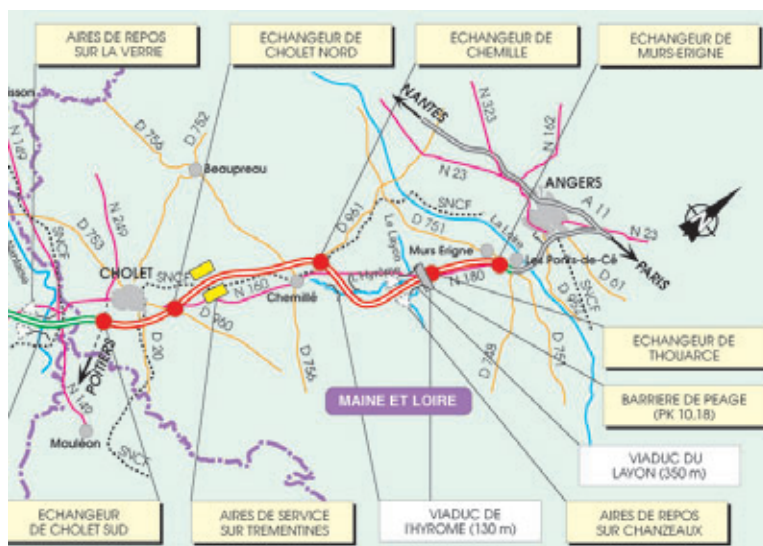
Fin juillet 1999. Les travaux de lancement des charpentes métalliques du viaduc du Layon (350 m) ont fait appel à une technique spectaculaire alliant puissance et précision.

Pour apprécier la performance à sa juste valeur, il faut se rappeler les dimensions de l'ouvrage : 350 m de longueur totale, sept paires de piles séparées de 40 à 50 m, plus de 30 m de hauteur au-dessus de la rivière.

Les charpentes métalliques qui vont servir d'ossature au double tablier sont amenées élément par élément sur une plate-forme de lancement. La charpente de chaque tablier est alors lancée en trois fois : un premier tronçon de 100 m est installé sur les deux premières piles, puis il est poussé par un deuxième tronçon de 130 m, enfin par un dernier tronçon de 120 m. Des chiffres impressionnants quand on réalise la puissance déployée au cours de la manœuvre : 100 m de charpente, c'est 200 t d'acier à déplacer.

Spectaculaire pour les riverains du chantier, l'opération est presque une formalité pour l'entreprise

A 87. Section Cholet - Mortagne-sur-Sèvre  
A 87. Cholet - Mortagne-sur-Sèvre section



# en genèse

**Jean-Pierre Boulet**



**DIRECTEUR  
D'OPÉRATIONS**  
Autoroutes du Sud de la France  
(ASF)

Baudin Châteauneuf. Les poutres métalliques avancent grâce à un système de chaise à galets, c'est-à-dire un jeu de roulements placés au niveau de la rampe de lancement, des culées et des piles, l'ensemble de la charpente est tracté à l'aide d'un treuil et progresse à la vitesse de 50 cm par minute. Au fur et à mesure que la charpente progresse vers la pile suivante, le porte-à-faux augmente et les poutres fléchissent sous leur propre poids. D'où la nécessité de l'avant- bec, pièce de 15 m de long fixée à l'extrémité de la charpente qui réduit d'une part la longueur du porte-à-faux et permet d'autre part de remonter sur leurs appuis. Difficulté supplémentaire sur le viaduc du Layon, la légère courbure de l'ouvrage nécessite des butées latérales.

## ■ LA FIN DES PROCÉDURES POUR LE TRONÇON MORTAGNE-SUR-SEVRE – LA ROCHE-SUR-YON

Tandis que l'A87 en Maine-et-Loire est en travaux, la partie vendéenne entre Mortagne-sur-Sèvre et La Roche-sur-Yon termine ses procédures :



**Coulage du tablier  
sur la RN160  
à Chemillé**

*Pouring the deck  
on RN160 at Chemillé*



**Une équipe de terrassements  
au niveau de la VC6  
sur la commune de Denée**

*Earthworking  
on local road VC6  
in the commune of Denée*

## L'EMPLOI, UNE DÉMARCHÉ INNOVANTE D'ASF

Dans le cadre de la politique de l'emploi liée à la construction de la section Angers – Mortagne-sur-Sèvre, Autoroutes du Sud de la France (ASF) et la Direction départementale du travail de Maine-et-Loire ont initié le programme "Anjou Autoroute Emploi" depuis un an.

Les différents services de l'État liés à l'emploi (ANPE, AFPA, Direction départementale du travail), ASF et les entreprises du chantier de l'A87 se sont rencontrés tous les trois mois afin de déterminer les besoins des entreprises.

Dans l'opération "Anjou Autoroute Emploi", l'ANPE intervient en premier lieu comme interface entre demandeurs et pourvoyeurs d'emploi. Les agents ANPE d'Angers et de Cholet ont consulté leurs fichiers afin de repérer les demandeurs d'emploi susceptibles de travailler sur le chantier de l'A87 Angers - Cholet. Les agents ont réalisé avec eux le bilan de leurs compétences. Sur cette base, l'AFPA a pu proposer un programme de formation adapté permettant aux demandeurs d'emploi d'accéder aux postes disponibles sur le chantier : conducteur de scraper ou de pelles, coffreurs...

Au total 28 personnes ont suivi une formation : 10 au centre AFPA de Laval pour une formation de coffreur, 18 personnes à celui de Doué-la-Fontaine pour une formation spécialisée de type VRD et de conducteurs d'engins. Ces 28 personnes travaillent actuellement sur le chantier de l'A87.

Au-delà de ce premier bilan, les perspectives restent largement ouvertes. Les entreprises ont besoin d'ouvriers qualifiés. En ce moment sur le chantier de l'autoroute A87, 30 postes de coffreurs sont vacants.

Les services d'emploi de l'État s'efforcent de pallier ce manque de formation aux travaux de cette structure "Anjou Autoroute Emploi".

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

### A87 Angers – La Roche-sur-Yon

- Longueur : 112,5 km
- 3 échangeurs sans gare de péage (Mûrs-Erigné, Les Essarts, La Roche-sur-Yon est)
- 4 diffuseurs avec gare de péage
- 2 barrières en pleine voie (Beaulieu-sur-Layon, La Roche-sur-Yon est)
- 2 couples d'aires de service
- 3 couples d'aires de repos
- 1 centre d'entretien ASF à Chemillé
- 124 ouvrages d'arts courants
- 3 viaducs : Le Layon (350 m) ; L'Hy-rôme (130 m) ; La Sèvre Nantaise (260 m)
- Coût (estimation) : 4,693 milliards de francs TTC

◆ foncier : les prises de possession anticipées sont déjà bien avancées ;

◆ fouilles archéologiques préventives : la phase de prospection mécanique a débuté en octobre 1999 ;

◆ police de l'eau : l'enquête publique au titre de la loi sur l'eau a eu lieu en septembre-octobre 1999 et n'a fait l'objet que d'observations mineures. L'arrêt préfectoral d'autorisation de démarrage des travaux est attendu pour fin mars 2000.

Le déroulement des ces différentes procédures a permis à ASF d'engager les travaux prioritaires début 2000, ils concernent deux franchissements de routes nationales et un franchissement autoroutier (nœud A83/87). Début 2001 devraient commencer les terrassements sur la section Mortagne-sur-Sèvre - Les Essarts de l'A87.

Rappelons que l'achèvement de l'autoroute A87 Angers - La-Roche-sur-Yon est prévu au cours du premier semestre 2005.

## LE VIADUC DU LAYON

- Surface brute du tablier : 8500 m<sup>2</sup>
- Béton :  
- fondation 3000 m<sup>3</sup>

- appuis 5000 m<sup>3</sup>
- tablier 3350 m<sup>3</sup>
- Acier passif  
- appuis 590 t  
- tablier 740 t
- Acier de charpentes : 1500 t
- Durée des tra-

vau : 21 mois

- Coût : 64 millions de francs TTC

### Entreprises

Demathieu et Bard (génie civil); Baudin Châteauneuf (charpentes)



**Viaduc du Layon en construction. Ossature mixte acier/béton. Mise en place de la charpente métallique sur les piles de l'ouvrage**

**Layon viaduct under construction. Composite steel/concrete structure. Setup of structural steelwork on the piers**

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### Maitre d'ouvrage

Autoroutes du Sud de la France - Direction opérationnelle de la construction d'Angers

### Maitre d'œuvre

Scetauroute pour la section Angers - Mortagne-sur-Sèvre; Setec pour la section Mortagne-sur-Sèvre - La Roche-sur-Yon

### Les entreprises

- TOARC 1 (Angers - Chemillé) : Guintoli - DTP Terrassement - Maïa Sonnier - Dalla Vera - Colas
- TOARC 2 (Chemillé - Cholet nord) : Fougerolle Ballot - Pertuy - SGTN - TP Pinel - Dodin
- TOARC 3 (Cholet nord - Cholet sud) : Charrier TP - SERTP - SEMENTP - Müller

## ABSTRACT

### The A87, a motorway in the making

J.-P. Boulet

Motorway operator ASF (Autoroutes du Sud de la France) is currently completing two projects that will improve the "western" coverage of the French territory. On the one hand, the last section of motorway A83, between Oulmes and Niort (34 km), will secure motorway continuity between Nantes, Niort and Bordeaux as of the second half of 2001.

On the other, motorway A87 (112,5 km - Angers - Cholet - La-Roche-sur-Yon), 12 September 1996. This major route will make it possible to improve access to and from the Choletais and Vendée regions, and part of the Deux-Sèvres region; to favour tourist activity and the installation of industries in the region; to reduce the number of accidents and trip times; to link the three towns of Angers (population 200,000), Cholet (55,000) and La Roche-sur-Yon (48,500); and, finally, to propose alternative motorway routes and thus limit the risk of congestion on the existing network (national highway RN 160).

## RESUMEN ESPAÑOL

### La A 87, una autopista en génesis

J.-P. Boulet

La sociedad Autoroutes du Sud de la France (ASF) (Autopistas del Sur de Francia), lleva a cabo actualmente dos obras que tienen por propósito mejorar la reticulación del "Gran Oeste" de Francia. En primer lugar, se trata de la última sección de la autopista A 83, entre Oulmes y Niort (34 km) que permitirá obtener la continuidad de las comunicaciones por autopista entre Nantes, Niort y Burdeos, a partir del segundo semestre de 2001.

Por otra parte, la autopista A 87 Angers - Cholet - La Roche sur Yon (112,5 km) que figura en el esquema rector nacional ha sido declarada de utilidad pública (DUP) por decreto de fecha 12 de septiembre de 1996. Este eje de comunicaciones permitirá mejorar la accesibilidad de la región de Cholet, de Vendée y de una parte del departamento de Deux Sèvres; favorecer el turismo y la implantación de industrias en la región;

disminuir el número de accidentes y el tiempo del trayecto recorrido; poner en comunicación las tres aglomeraciones urbanas de Angers (200 000 habitantes), de Cholet (55 000 habitantes) y de La Roche sur Yon (48 500 habitantes) y, finalmente, presentar itinerarios de autopista de sustitución y, de este modo, limitar los riesgos de embotellamiento de la red existente (Carretera nacional 160).



# Les travaux de chaussées de la déviation de Darnieulles et Uxegney sur la RD 166 dans les Vosges

La déviation de la RD 166 qui traverse les communes de Darnieulles et d'Uxegney est une infrastructure majeure pour le département des Vosges. Ce chantier, d'une longueur d'environ 7 km, a été confié à l'entreprise Eurovia Champagne-Ardenne-Lorraine et exécuté au cours de l'année 1999. Des structures de chaussées variantes et originales présentées par l'entreprise ont été retenues par la direction Vosgienne de l'Aménagement, maître d'œuvre. Ces structures font appel à des matériaux :

- non traités, tout venant 0/60;
- traités aux liants hydrauliques, sable préfissuré;
- bitumineux, EME, BBM et BBTM.

Le chantier a également été le cadre d'une expérimentation et de la validation d'un système de guidage d'un atelier de compactage par GPS.

## ■ PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION

### Le contexte

Les infrastructures du département des Vosges se sont développées en fonction de la situation géographique du département – zone montagneuse à l'est et plateau lorrain à l'ouest, séparés par la vallée de la Moselle – et de son passé industriel, surtout dans le domaine textile. Aujourd'hui, son industrie évolue et se transforme, ainsi que son agriculture. Parallèlement, sa vocation touristique s'affirme, en particulier dans sa partie montagneuse. Son ouverture vers les autres régions passe par un réseau routier performant et le département pratique depuis longtemps une politique ambitieuse de modernisation de ses routes.

La RD 166 constitue une liaison est-ouest entre la vallée de la Moselle avec Epinal le chef-lieu et l'autoroute A 31 Lorraine-Bourgogne vers Châtenois et Neufchâteau. Avec une autre branche desservant le secteur thermal de Vittel et Contrexeville, cette route forme un "Y" que le département modernise activement depuis plus d'une décennie.

### La déviation de Darnieulles et d'Uxegney

Les communes de Darnieulles et Uxegney sont traversées par la RD 166, principal accès à l'agglomération spinalienne depuis l'ouest vosgien. Elles rassemblent une population d'environ 3 000 habitants. La longueur de traversée des deux agglomérations atteint presque 5 km et les effets négatifs liés au trafic – 9 616 véhicules/jour comptés en 1998 (TMJA) avec un taux de poids lourds de 7,8 % – sont cruellement ressentis tant par les rive-

rains que par les usagers. Soucieux de la qualité de vie de ses habitants et du niveau de son réseau routier, le département a donc décidé de dévier la traverse de ces agglomérations par la création d'une nouvelle route située au nord et qui rejoindra ultérieurement la RN 57 sur la commune de Chavelot.

Cette déviation se situe à l'ouest de l'agglomération spinalienne et se raccorde à une section à 2 x 2 voies réalisée dans les années soixante-dix. A sa mise en service, l'itinéraire comportera ainsi une section de 15 km à 2 x 2 voies jusqu'à un carrefour éclatant le trafic vers Vittel et Mirecourt.

Le projet a été déclaré d'utilité publique le 22 février 1995 et les premiers travaux ont débuté en mai 1997 (terrassements de l'ouvrage n° 5).

D'une longueur de 6,8 km – dont 4,7 en 2 x 2 voies – cette déviation prend son origine sur un carrefour giratoire entre Epinal et Uxegney à l'est et se termine par un raccordement sur la 2 x 2 voies existante à la sortie de Darnieulles à l'ouest. Elle comporte deux passages inférieurs, trois passages supérieurs, un passage agricole et un "boviduc". Soucieux de la qualité de ses travaux d'investissement le Conseil général des Vosges a imposé que les ouvrages soient particulièrement soignés. Ainsi, l'ouvrage franchissant la vallée de l'Avière, d'une longueur de 88 m, est un bel ouvrage mixte sur pieux dont les superstructures sont nettement visibles de la route. Les ouvrages courants quant à eux sont pourvus de murs à parement minéral armé très esthétiques (granit et calcaire) (photo 1).

### Les travaux de chaussées

La direction Vosgienne de l'Aménagement (DVA), service technique du département, a pour règle dans le cas de travaux importants de chaussée, de

**Daniel Cavalli**  
DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT  
Conseil général des Vosges

**Didier Martin**  
DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT  
Conseil général des Vosges

**Pierre-Marie Spillemaecker**  
DIRECTION TECHNIQUE  
Eurovia

**François Verhee**  
DIRECTION TECHNIQUE  
Eurovia

**Jean-Claude Madron**  
DIRECTION DU CHANTIER  
Eurovia Champagne-Ardenne-Lorraine



**Photo 1**  
Ouvrage de franchissement de l'Avière  
*Structure over the Avière*

Solution de base	Variante section courante	Variante sections raccords
BBTM : 2,5 cm	BBTM Rugovia TM : 2,5 cm	BBTM Rugovia TM : 2,5 cm
BBSG : 6 cm	BBM de liaison : 4 cm	BBM de liaison : 4 cm
GB : 2 x 8 cm	EME Renfovia : 7 cm	EME Renfovia : 9 cm
GNT 0/31,5 : 43,5 cm	Sable ciment : 22 cm	Sable ciment : 23 cm
	TV 0/60 : 32,5 cm	TV 0/60 : 29,5 cm
<b>Epaisseur totale : 68 cm</b>		

Tableau I

**Photo 2**  
Régilage  
du tout venant 0/60  
*Levelling of run-of-quarry  
0/6 material*



**Photo 3**  
Niveleuse guidée  
par laser  
*Laser-guided  
grader*



► lancer des appels d'offres ouverts avec variante technique. Bien que nécessitant une attention plus grande en commission d'appel d'offres, cette pratique permet de retenir de fait la meilleure offre. C'est ce qui s'est passé dans le cas présent où la DVA a lancé l'appel d'offres sur la base d'une structure traditionnelle, les candidats étant invités à présenter des variantes selon leurs spécialités. Dans ce contexte, Eurovia a proposé une solution utilisant ses procédés d'entreprise. Le maître d'ouvrage, après vérification des performances requises et du coût global, a choisi cette variante. Les travaux de la déviation de la RD 166 ont ainsi été confiés à l'entreprise Eurovia Champagne-Ardenne-Lorraine agence de Ludres.

## ■ STRUCTURES VARIANTES PROPOSÉES

Pour tirer au mieux parti de la disponibilité et des conditions de coûts des matériaux locaux, ainsi que de leurs caractéristiques, l'entreprise a proposé des variantes pour les structures des chaussées, tant en section courante que dans les zones de raccords. Ces raccords – exécutés par Eurovia (35 000 m<sup>3</sup> de terrassements dont 17 000 m<sup>3</sup> de remblais) comportent une plate-forme non traitée, de portance du type PF 2 au sens de l'ancien catalogue des structures du Setra.

En section courante, la plate-forme livrée par l'entreprise de terrassements (Pertuy) est traitée en place et présente également une portance du type PF 2.

Les dimensionnements variantes ont été établis par la délégation technique Paris-Est d'Eurovia et son laboratoire de Thionville, par application du programme Alizé 3 en prenant en compte un trafic T 1 et une plate forme PF 2 traitée ou non.

Les deux structures proposées présentent des indices de gel admissible supérieurs à celui de la solution de base (tableau I).

## ■ TOUT VENANT 0/60

Le matériau tout venant mis en œuvre sur la plate-forme constitue en fait une "couche de rattrapage" qui permet de conserver la ligne rouge de la chaussée terminée. Il s'agit d'un matériau 0/60 alluvionnaire de Moselle en provenance de l'exploitation Sagram à Golbey. Il est appliqué par un atelier composée de deux niveleuses, de deux compacteurs à pneus 5 t/roue P 2 (douze passes) et d'un cylindre vibrant VT 3 CB 624 (six passes); l'emploi d'une arroseuse permet de maintenir une teneur en eau optimale homogène (photo 2).

Les deux niveleuses – une Caterpillar 140 G en réglage-prérégilage et une 12 G en réglage final – sont équipées d'un système d'asservissement et de conduite Blade Pro permettant le réglage de la lame à partir d'informations altimétriques et de positionnement externes, soit manuellement, soit automatiquement. La conduite de ces deux engins est assistée par un guidage laser proposé par la société Topolaser.

La première machine travaille avec comme seule donnée le plan laser, le conducteur intervenant manuellement en cas de modification de cote dans une planche. Pour cela, la lame est équipée à ses extrémités de deux mâts avec capteurs qui se réfèrent au plan formé par le laser tournant. Les planches laser sont définies en fonction des variations d'altimétrie du projet et de la distance d'efficacité laser tournant/récepteurs. A chaque planche correspond un positionnement du laser et de son support (tours déplaçables).



La seconde niveleuse qui effectue le réglage, dispose en plus de données altimétriques en fonction de son positionnement longitudinal et dans le profil en travers. L'ensemble des données topographiques du projet est embarqué sur la niveleuse à l'aide d'un carnet de terrain électronique Psion (photo 3).

La conduite de la niveleuse s'opère comme suit :

- ◆ positionnement du laser tournant en X, Y, Z et inclinaison de plan laser;
- ◆ au démarrage d'une planche laser, entrée des données suivantes par le conducteur :

- zone de travail,
- sens d'avancement,
- distance de l'axe,
- abscisse longitudinale;

- ◆ démarrage de la niveleuse qui est automatiquement guidée en altimétrie.

Au total, 140 000 t sont appliquées à raison d'environ 4 000 t/jour en moyenne, le facteur limitant étant le manque de camions.

## ■ SABLE TRAITÉ

Le matériau de la couche de fondation est un mélange de sables 0/4 concassé et roulé de la carrière Chavelot traité en centrale par 4,5 % de liant spécial routier Arc 3.

Les performances mécaniques du mélange – résistance à la traction et module élastique – ont été mesurées en laboratoire à 28 et 60 jours, puis estimées à 360 jours à partir des spécifications de la norme NF P 98-114-2 "Méthodologie d'étude en laboratoire des matériaux traités aux liants hydrauliques".

Les résultats obtenus :

- ◆  $Rt_{360} = 1,03 \text{ MPa}$  à 97 % de l'OPM et  $1,17 \text{ MPa}$  à 100 % de l'OPM;

- ◆  $Et_{360} = 18\,300 \text{ MPa}$  à 97 % de l'OPM et  $19\,400 \text{ MPa}$  à 100 % de l'OPM,

ont permis de classer le sable traité dans la classe S3 conformément aux termes de la norme NF P 98-113 "Sables traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques".

L'indice portant immédiat IPI mesuré (norme NF P 98 231-4) caractérise par ailleurs un matériau stable – IPI > 50 – conduisant à une bonne traficabilité.

La fabrication du mélange a été réalisée par une centrale SAE 400 de la société Sagram installée à Golbey. Le répandage et le réglage du sable traité ont été réalisés de façon identique à celle du tout venant 0/60.

Cette façon d'opérer a permis d'obtenir sur la couche de fondation un coefficient APL 25 de 5,5 sur l'ensemble des voies, valeur inférieure aux spécifications pour couches de surface de routes nationales (cf. circulaire uni 1985 : au moins 50 % des CPAL ≤ 6). Pour éviter les effets néfastes dus à la fissuration, inhérents à tous les matériaux traités



**Photo 4**  
**Atelier**  
**de mise en œuvre**  
**du sable traité**  
*Treated sand*  
*application plant*



**Photo 5**  
**Matériel**  
**de préfissuration**  
**Olivia**  
*Olivia precracking*  
*equipment*

aux liants hydrauliques, le sable a fait l'objet au cours de son application d'une opération de pré-fissuration de type Olivia (photo 4).

Le principe d'Olivia consiste à introduire verticalement dans le matériau, à intervalles réguliers, de fines feuilles de plastique qui créent des discontinuités au droit desquelles se focalisera la fissuration ultérieure. La fissuration ainsi maîtrisée se matérialisera par des fissures fines, rectilignes, à espacement contrôlé, réduisant sensiblement, voire supprimant, le risque de remontée de fissures dans les couches supérieures de la chaussée.

Cette opération est exécutée à l'aide d'un matériel spécifique automoteur qui s'insère dans l'atelier de mise en œuvre entre les deux niveleuses qui assurent, l'une le réglage du sable et son premier réglage et l'autre le fin réglage. Deux passes de vibrant sont exécutées avant le passage de la machine Olivia et la compacité optimale est obtenue finalement par quatre passes de vibrant supplémentaires et huit passes de compacteurs à pneus après la préfissuration.

Le pas de la préfissuration est ici de 3 m et le matériel opère en deux passes contiguës pour traiter l'ensemble de la largeur de la chaussée; la largeur maximale de travail de la machine est de 5,50 m. Le film plastique, d'une épaisseur de 80 µm et de 10 cm de largeur, est inséré à 5 cm sous la surface de la couche de 22 cm d'épaisseur (ou 23 suivant les zones) (photo 5).



	RENFOVIA	EME classe 2
Module de richesse	3,48	$\geq 3,4$
Essai PCG (NF P 98-252) pourcentage de vides à 100 girations	3,9	$\leq 6$
Essai Duriez (NF P 98-251-1) rapport r/R	0,75	0,75
Essai d'orniérage (NF P 98-253-1) pourcentage d'ornière à 30 000 cycles, 60°C et compacité C 100	3,0	$\leq 8$

Tableau II

	BB de liaison	BBMc
Module de richesse	3,49	$\geq 3,3$
Essai PCG (NF P 98-252) pourcentage de vides à 40 girations	6,7	4 à 8
Essai Duriez (NF P 98-251-1) rapport r/R	0,83 *	$\geq 0,8$
Essai d'orniérage (NF P 98-253-1) pourcentage d'ornière sur une dalle de 5 c m à 60°C et compacité C 40	6,2 à 10 000 cycles	$\leq 15$ à 3 000 cycles

Tableau III

\* La valeur de 0,77 obtenue lors de l'étude initiale pour le rapport r/R a conduit à imposer le dopage dans la masse du liant du BBM

	RUGOVIA TM	BBTM type 1
Essai PCG (NF P 98-252) pourcentage de vides à 25 girations	9,9	6 à 17
Essai Duriez (NF P 98-251-1) rapport r/R	0,91	$\geq 0,8$
Durabilité de la rugosité géométrique (NF P 98-216-1 et NF P 98-253-1) profondeur d'ornière à 3 000 cycles et 60°C HSv après trafic / HSv avant trafic	1 mm 0,84	$\leq 5$ mm $\geq 0,5$

Tableau IV



Photo 6  
Atelier  
de mise en œuvre  
des enrobés  
Asphalt application  
plant



Un enduit de cure constitué d'une émulsion revêtue de gravillons 4/6 termine l'opération de mise en œuvre de la couche de fondation.  
Quantité totale : 63 000 t de sable traité.

## ■ ENROBÉ À MODULE ÉLEVÉ

L'enrobé à module élevé (EME) type Renfovia est formulé à base de granulats 0/4, 4/6 et 6/14 de la carrière Chavelot. Le liant est un bitume pur 10/20 en provenance de la raffinerie de Feyzin dans le Rhône.

Renfovia est conforme à la norme NF P 98-140 "Couches d'assises : enrobés à module élevé", et souscrit aux exigences des EME de classe 2. Il présente une excellente tenue à l'orniérage (tableau II).

La fabrication de l'enrobé est réalisée par une centrale TSM 21 Eurovia installée à Golbey. Un finisseur grande largeur Titan 511 assure la mise en œuvre et deux cylindres vibrants CC 501 le compactage. Ces derniers effectuent quatre passes en vibrant, deux en lisse et à nouveau quatre en vibrant.

Quantité totale : 21 000 t de Renfovia.

## ■ BÉTON BITUMINEUX DE LIAISON

Le béton bitumineux de liaison fait appel à des granulats de la carrière Chavelot et à un bitume 20/30 en provenance de la raffinerie de Dunkerque. La formulation est 0/10 discontinue 4/6 et conduit à un béton bitumineux mince de type c (BBMc) au sens de la norme NF P 98-132 "Couches de roulement et couches de liaison : bétons bitumineux minces" (tableau III).

La fabrication et la mise en œuvre sont effectuées par les mêmes équipements que pour l'EME, les compacités étant obtenues après quatre passes de CC 501 en vibrant et quatre passes en lisse (photo 6).

Quantité totale : 14 000 t de béton bitumineux mince de liaison.

## ■ BÉTON BITUMINEUX TRÈS MINCE

La couche de roulement est un béton bitumineux très mince (BBTM) à liant modifié Rugovia TM. La formule est 0/10 discontinue 4/6 avec des granulats granitiques provenant de la carrière de Dommartin-lès-Remiremont. Le liant est un bitume modifié par des polymères Polybitume EP70 fabriqué à l'usine Eurovia de Sommesous dans la Marne.

Rugovia TM est un BBTM de type 1 conforme à la norme NF P 98-137 "Couches de roulement : bétons bitumineux très minces" (tableau IV).

Une couche d'accrochage en émulsion de bitume polymère Emulprène est répandue avant l'application du BBTM.

La fabrication et la mise en œuvre sont effectuées par les mêmes équipements que pour les couches sous-jacentes en enrobés déjà appliquées.

## ■ AIDE À LA CONDUITE DES COMPACTEURS

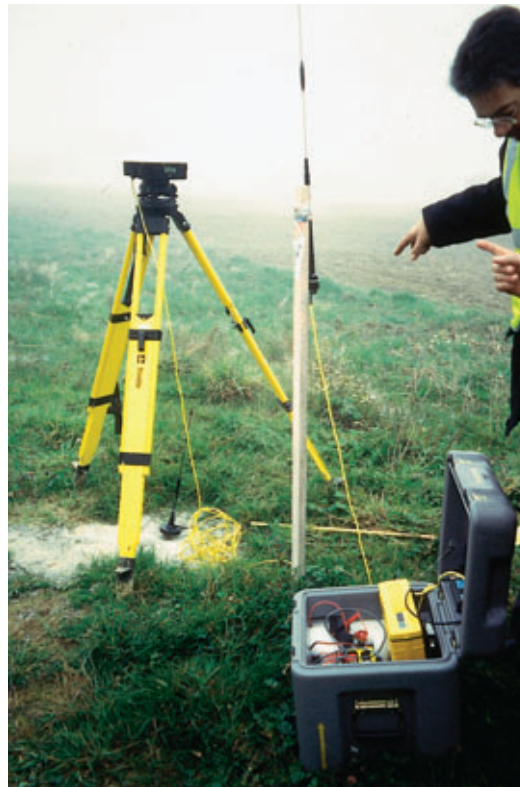
Le chantier fut aussi le cadre de la validation du système de guidage d'ateliers de compactage par GPS MultiCIRCOM. Ce système constitue l'aboutissement de la première phase du projet européen CIRC – Computer Integrated Road Construction – dont les partenaires sont ITMI (Cap Gemini), le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, les universités de Karlsruhe IBM et d'East London UEL, Tekla (Finlande), NLS (Suède) et Eurovia. Il a pour objet l'utilisation du GPS comme outil de guidage d'engins pour la réalisation de travaux de chaussées (photo 7).

Le principe de MultiCIRCOM est le suivant :

- ◆ localisation en plan (X, Y) des compacteurs à l'aide d'un GPS complété par des capteurs permettant de poursuivre leur suivi en cas de zones d'ombres GPS (tachymètre radar, odomètre) ;
- ◆ transmission de cette information aux compacteurs en temps réel ;
- ◆ traitement des données par du matériel embarqué sur ceux-ci visualisant également en temps réel la surface totale balayée par l'ensemble des compacteurs de manière à ce que les conducteurs puissent les prendre en compte dans la conduite de leurs engins.

Pour cela :

- ◆ tous les compacteurs reçoivent un équipement comportant, outre le système CIRCOM de base, un modem radio à courte portée et une antenne ;
- ◆ à intervalle régulier, chaque compacteur diffuse vers les autres machines l'information concernant le travail qu'il a effectué dans les secondes qui précèdent, ceci de manière totalement transparente pour le conducteur ;
- ◆ chaque compacteur peut ainsi entretenir une base de données contenant, en plus de l'image de son propre travail, celle du travail effectué par les autres machines ;
- ◆ chaque conducteur peut visualiser soit son propre travail (cartographie du nombre de passes effectuées), soit celui de l'atelier de compactage complet ; dans ce dernier cas, l'utilisation de la vue consolidée permet le partage des tâches entre compacteurs ainsi que le remplacement temporaire d'une machine par une autre ;
- ◆ lorsqu'un compacteur quitte le chantier (par exemple, pour le remplissage du réservoir d'eau), les données continuent d'être échangées (dans un rayon d'un kilomètre) ; au retour, la base de don-



**Photo 7**  
**Antenne de réception GPS**  
*GPS reception antenna*



**Photo 8**  
**Compacteurs testés dans l'expérimentation de guidage par GPS**  
*Compactors tested during GPS-guidance trials*

nées est toujours à jour, la connaissance de l'ensemble du travail effectué permet de répartir à nouveau les tâches sans perte d'information (photo 8). Cette gestion du compactage permet :

- ◆ la réalisation du compactage requis (nombre de passes) en tout point de la chaussée ;
- ◆ une réduction du compactage excédentaire (recouvrements longitudinaux et transversaux, nombre de passes supérieur au nombre demandé) ;
- ◆ une meilleure homogénéité de la compacité en place ;
- ◆ une plus grande simplicité d'utilisation des compacteurs ;
- ◆ une valorisation de la tâche de conduite des compacteurs ;
- ◆ une économie de matériel pour un chantier donné.

Les tests du MonoCIRCOM, c'est-à-dire, du système de positionnement pour un seul compacteur

sans échange d'informations avec les autres compacteurs de l'atelier, ont été réalisés fin 1998 sur un chantier de l'autoroute A 83 et début 1999 au CER de Rouen.

La validation du MultiCIRCOM a été faite à l'aide des deux vibrants CC 501 sur le présent chantier. Ce système devrait connaître un développement industriel en 2000.

### ■ CONCLUSION

Pour le début de l'année 2000 le département des Vosges va offrir aux usagers de la RD 166 un magnifique investissement et aux habitants des villages contournés, la quiétude à laquelle ils aspirent. L'ensemble du chantier s'est déroulé dans un esprit de coopération constructive avec tous les intervenants, qu'ils soient ouvragistes ou terrassiers ces derniers ayant eu particulièrement à souffrir des conditions climatiques déplorables de l'automne 1998 jusqu'au printemps 1999.

Pour la réalisation des chaussées, le maître d'ouvrage se félicite des choix qu'il a faits.

Une entreprise réalisant des travaux selon des procédés qu'elle a préconisés, se doit de fournir une prestation de qualité. C'est ce qui s'est effectivement passé sur ce chantier. Par ailleurs, le maître d'ouvrage a apprécié les efforts d'adaptation faits par l'entreprise pour satisfaire sa demande de livrer l'ouvrage pour la fin de l'année 1999.

### ABSTRACT

#### **Pavement works on the Darnieulles and Uxegney bypass on highway RD 166 in the Vosges region**

*D. Cavalli, D. Martin, P.-M. Spillemaecker, Fr. Verhee, J.-Cl. Madron*

**The bypass of the RD 166 that goes through the communes of Darnieulles and Uxegney is a major infrastructure for the Vosges region. This project, about 7 km long, was awarded to the company Eurovia Champagne-Ardenne-Lorraine and was completed during the year 1999. Alternative and original pavement structures presented by the company were adopted by the contracting agency, i.e. the Vosges Region Infrastructure Department. These structures make use of :**

- untreated, 0/6 run-of-quarry materials;
- hydraulic binder high-modulus emulsion, thin bituminous concrete and very thin bituminous concrete.

**The project was also the scene of trials and the validation of a GPS-based compacting plant guiding system.**

### RESUMEN ESPAÑOL

#### **Obras de pavimentación de la variante de Darnieulles y Uxegney, en la carretera departamental 166 en los Vosgos**

*D. Cavalli, D. Martin, P.-M. Spillemaecker, Fr. Verhee y J.-Cl. Madron*

**La variante de la carretera departamental 166, que atraviesa los municipios de Darnieulles y Uxegney constituye una importante infraestructura para el departamento de los Vosgos. Estas obras, de una longitud de unos 7 km, han sido encargadas a la empresa constructora Eurovia Champagne-Ardenne-Lorraine y ejecutadas durante el año 1999. Las estructuras de los pavimentos variantes y originales presentadas por la empresa han sido adoptadas por la Dirección de Ordenación de los Vosgos, director técnico. Para estas estructuras se han utilizado los siguientes materiales :**

- sin tratamiento y sin clasificar 0/60;
- tratados mediante aglomerantes hidráulicos, arena prefisurada;
- bituminosos, EME, BBM y BBTM.

**Estas obras han dado también lugar a**

**una experimentación y la validación de un sistema de guiado de un taller de compactación por GPS.**



# La déviation de Saint-Junien en Haute-Vienne

## Des travaux respectueux de l'environnement

La déviation de Saint-Junien, dernière opération à réaliser au titre du XI<sup>e</sup> plan en Haute-Vienne, devrait être mise en service à la fin 2000. Cette opération, bien que d'envergure régionale, a des caractéristiques d'ouvrage de taille importante à savoir : un ouvrage non courant d'environ 140 m de long, de nombreux ouvrages hydrauliques dont les plus grands font 100 m de long et un volume total de déblais d'environ deux millions de mètres cubes.

L'un des objectifs du maître d'ouvrage pour la réalisation de cette nouvelle infrastructure est le respect de l'environnement. Cela s'est concrétisé notamment par les mesures prises pour la traversée du site Corot (site inscrit), pour le franchissement des cours d'eau et en particulier celui de la rivière la Glane alimentant Saint-Junien en eau potable ainsi que pour la réalisation des modelés des terrassements.

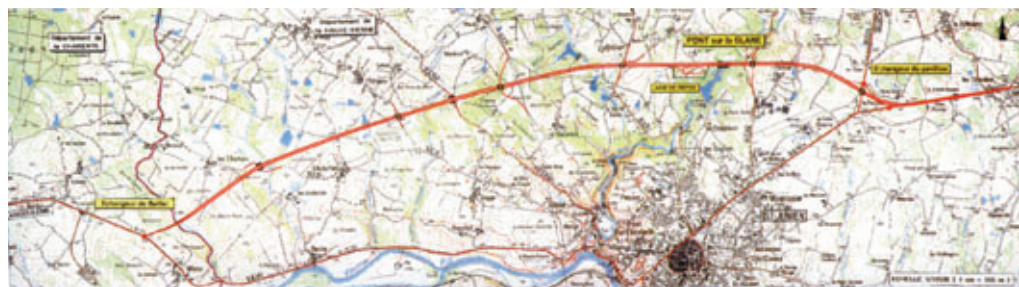
Après l'autoroute A20, c'est au tour de la RN 141 de faire peau neuve en Haute-Vienne. Son aménagement s'inscrit dans une logique d'itinéraire, puisqu'à terme, Limoges et Saintes seront reliées par une infrastructure à 2 x 2 voies dont le statut sera celui d'une route express avec échangeurs dénivelés. Cette liaison s'inscrit dans la "Route Centre Europe Atlantique", qui relie Macon et Chalon-sur-Saône à la façade atlantique.

A l'aube du XI<sup>e</sup> plan s'achève l'opération la plus importante sur la RN 141, dans sa partie haute-viennoise : la déviation de Saint-Junien, dont les travaux ont démarré début 1996.

Outre les contraintes techniques classiques liées à un tel projet, le tracé de la déviation de Saint-Junien, à la limite entre les départements de la Haute-Vienne et de la Charente, s'inscrit pour partie dans le "site Corot" lors du franchissement de la vallée de la Glane, paysage typique du Limousin mis en exergue par le peintre Corot. Cette particularité a conduit la DDE de la Haute-Vienne à afficher comme objectif essentiel le respect de l'environnement aussi bien dans ce site que tout au long du tracé de la déviation (figure 1).

### LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

Longue de 12 km pour un coût voisin de 300 millions de francs, cette nouvelle infrastructure routière offrira à l'utilisateur, dès sa mise en service, une plate-forme de type autoroutier de 23,5 m de largeur se décomposant en deux chaussées de 7 m, 3 m de terre-plein central et 2,5 m de bande d'arrêt d'urgence, prolongée par un accotement de 0,75 m. Cette déviation comporte un échangeur



Carte IGN 1:25 000 : n° 1930 E, 19300, 1931 E et 1931 O - © IGN - Paris 1999 - Autorisation n° 209969

complet avec la RD675 qui relie Saint-Junien à la sous-préfecture de Bellac.

Une aire de repos sera créée à proximité de la Glane dans le sens Angoulême - Limoges. Celle-ci permettra à l'utilisateur de se trouver dans un écrin de verdure en totale coupure avec la circulation routière.

### CALENDRIER

Dès janvier 1996, les travaux ont commencé par la construction du premier ouvrage d'art, un passage supérieur en béton armé permettant le rétablissement d'une route départementale. Les six autres ouvrages d'art courants (quatre passages supérieurs et deux passages inférieurs) qui permettent le rétablissement des voiries locales coupées par la 2 x 2 voies ont été achevés en 1997. Cette année là furent réalisés des ouvrages hydrauliques et passages agricoles (six ouvrages de plus de 60 m de long chacun) ainsi que le démarrage du chantier des terrassements généraux qui ont entraîné le mouvement de près de 2 000 000 m<sup>3</sup> de matériaux.

Les terrassements généraux se terminent à la fin de cette année 1999. Suivra la réalisation des chaussées proprement dites. Celle-ci consistera à la mise en œuvre de près de 200 000 t de matériaux traités. Viendront ensuite les équipements de

**Gilles Payet**



SERVICE  
DES GRANDS TRAVAUX  
DDE 87

**Didier Debord**



SERVICE  
DES GRANDS TRAVAUX  
DDE 87

**Figure 1**  
Plan synoptique  
de la déviation  
*Schematic diagram  
of bypass*

**Photo 1**  
**Pont sur la Glane :**  
**lançage du deuxième**  
**tablier**

**Bridge over the Glane :**  
**launching of second**  
**deck**



► sécurité (signalisation horizontale et verticale, dispositifs de retenue), l'aménagement de l'aire de repos et la réalisation des aménagements paysagers pour une mise en service du projet prévue fin 2000.

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

### L'ouvrage sur La Glane

- 20 m de haut
- 3 travées (42,5 m ; 60 m ; 35 m)
- 10 000 m<sup>3</sup> de terrassements
- 560 t d'acier pour béton armé
- 3 400 m<sup>3</sup> de béton
- 6 000 m<sup>2</sup> de coffrage
- 7 000 m<sup>2</sup> de peinture
- 600 t d'acier pour la charpente métallique
- Coût : 28 millions soit environ 10 % du montant de l'opération

### Les ouvrages hydrauliques

- 6 ouvrages de type arche
- Longueur des ouvrages allant de 60 à 100 m
- Les sections varient de 5 à 15 m<sup>2</sup>
- Coût : 19 millions, soit environ 6 % du montant de l'opération

### Les terrassements de Saint-Junien

- 60 engins de chantiers (dont 6 pelles de forte puissance)
- 8 000 m<sup>3</sup> de terre ont été déplacés en moyenne par jour, soit au total environ deux millions m<sup>3</sup> de déblais et un million de mètres cubes de remblais
- 300 t d'explosifs
- 700 essais de laboratoire
- 15 km de drainage
- Coût : environ 70 millions de francs, soit environ 23 % du montant de l'opération

## ■ FRANCHIR LA GLANE COMME SUR DES ROULETTES

Le franchissement de la rivière la Glane s'effectue grâce à un pont mixte bi-tablier qui allie l'acier et le béton (chacun des deux tabliers repose sur deux poutres métalliques). Cet ouvrage, achevé en 1998, a fait l'objet d'un traitement architectural par M. Zirk, architecte à Toulouse.

Pour cet ouvrage d'art, le maître d'ouvrage s'est imposé des contraintes de réalisation et d'aspect architectural afin de minimiser l'impact sur l'environnement aussi bien en phase construction qu'en service. Les culées et les piles du pont sont en béton ouvragé. Les deux tabliers en béton qui supportent la chaussée reposent quant à eux sur des poutres en acier, à hauteur variable pour en affiner l'esthétique et dont la teinte facilitera l'intégration de l'ouvrage dans le site. Tout a été fait, au stade des études de cet ouvrage, pour en minimiser l'impact et pour ne pas porter atteinte à la vallée de la Glane dans sa partie la plus sensible :

- ◆ neutralisation d'une petite île centrée sur la rivière, aussi bien en phase construction qu'en phase service ;

- ◆ préservation des chaos rocheux à proximité immédiate de la rivière en rive droite ;
- ◆ restitution après travaux du caractère initial du site (requalification paysagère) ;
- ◆ aucun rejet direct des eaux de la plate-forme routière dans la Glane ;
- ◆ transparence de l'ouvrage ("ajouement" des piles et deux tabliers préférés à un seul) pour laisser passer au maximum la lumière.

La partie la plus spectaculaire des travaux de cet ouvrage fût la phase de lancement des poutres métalliques. Mais avant cette phase il a fallu tout d'abord fabriquer les poutres et les assembler :

l'entreprise (Charmes - 88) chargée de la partie métallique de l'ouvrage a approvisionné dans son usine l'ensemble des tôles à épaisseurs variables et profilés nécessaires à la réalisation des poutres et des entretoises. Commença alors l'assemblage par soudure de ces éléments en cinq tronçons pour chaque tablier (durée de fabrication et de montage : 3 mois en usine, y compris l'application de deux couches de peinture). Un assemblage à blanc de ces cinq tronçons a été réalisé en usine pour vérifier la géométrie de l'ensemble qui doit rester conforme au millimètre près, aux plans d'exécution. Les cinq tronçons ont ensuite été acheminés sur le chantier.

Trois d'entre eux ont été assemblés dans un premier temps sur la plate-forme de lancement, juste en amont du premier appui. Ils reposaient sur des chaises de lancement par l'intermédiaire de roulettes. L'ensemble (long de 96 m) a ensuite été peint dans sa couleur définitive.

Au moyen d'un treuil, il fut lancé dans le vide sur environ 45 m pour reposer au moyen d'un avantbec sur le deuxième appui. Cette opération s'est faite en une journée. Il aura fallu quatre semaines de travail sur le site pour en arriver là (photo 1).

## ■ LA VALLÉE DE LA GLANE : DES MESURES PARTICULIÈRES DE PROTECTION

La déviation franchit la rivière la Glane dans un site inscrit et en amont d'une retenue d'eau (retenue du Gué Giraud) qui permet après traitement, l'alimentation de Saint-Junien (ville d'environ 10 000 habitants) en eau potable. Le projet a donc pris en compte ces deux aspects environnementaux : la qualité paysagère et la qualité des eaux.

Différentes mesures ont été ou seront prochainement mises en œuvre. Tout d'abord, un barrage flottant a été mis en place au droit de cette retenue avant le commencement des travaux afin de se prémunir d'un risque de pollution par des substances flottantes à la surface de l'eau. Ce barrage est constitué de caissons métalliques reliés entre eux et bordés par une jupe qui descend à environ 40 cm sous le niveau de l'eau.

Ce dispositif sera complété par la réalisation d'une station de pompage de secours en amont de la nouvelle infrastructure routière, qui permettra de desservir la station de traitement des eaux de la ville de Saint-Junien en cas de pollution de la Glane au droit du pont sur la Glane.

Par ailleurs, une canalisation accrochée à la charpente métallique de l'ouvrage fera transiter les eaux de la plate-forme routière jusqu'à un bassin de traitement.

Afin de pouvoir piéger un éventuel effluent issu d'un déversement accidentel et avant qu'il n'atteigne ce bassin, il est prévu de réaliser des bassins sup-



plémentaires situés de part et d'autre de la plate-forme et jouant le rôle de "fusibles". Ils seront munis de dispositifs permettant de court-circuiter la pollution éventuelle avant rejet dans le milieu naturel (photo 2).

Ce souci de préserver la qualité des eaux de la Glane ainsi que la qualité paysagère de la vallée s'est également concrétisé pendant la durée de construction du pont sur la Glane. Ainsi, les produits nocifs (hydrocarbures, peintures...) ont été stockés sur des plates-formes étanches et tous les travaux de sablage et de peinture ont été réalisés au maximum sur la plate-forme de lancement isolée du site même de la vallée.

Aucun rejet pouvant être nocif ne fut à déplorer : les petits travaux de peinture de finition qui ont été faits au-dessus de la rivière (par nécessité technique) ont été exécutés à l'intérieur de cabines portées par des passerelles roulant sur le tablier de l'ouvrage.

L'ensemble de ces mesures est estimé à environ 7 millions de francs, soit environ 2 % du montant de l'opération.

## ■ RÉALISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES : DES MESURES PARTICULIÈRES...

La déviation de Saint-Junien franchit 34 bassins versants dont les fonds de thalweg les plus importants sont constitués de :

- ◆ la rivière la Glane ;
- ◆ ruisseaux :
  - du Sauvarin,
  - du Grand Bos,
  - de la Vergne,
  - de Chabanas,
  - du Fromager,
  - de chez Le Geai.

La Glane est franchie par un pont de type viaduc. Les autres ruisseaux sont franchis par des ouvrages en arches dont le dimensionnement hydraulique a été calculé pour une crue centennale.

Les services de la D.D.A.F. et du Conseil supérieur de la Pêche ont été associés à la réalisation de ces ouvrages conformément aux engagements pris par l'Etat dans le dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau (photo 3).

Avant le début des travaux de terrassements relatifs aux ouvrages hydrauliques, le Conseil supérieur de la Pêche a réalisé une pêche électrique de sauvegarde dans les cours d'eau principaux avant la mise en eau des dérivations provisoires. Ces opérations ont permis notamment de recenser les espèces présentes et donc de mieux connaître la faune piscicole, ruisseau par ruisseau.

Puis ceux-ci ont été déviés par la création d'un lit provisoire recouvert d'un géotextile synthétique. Cela afin d'éviter l'entraînement de fines pouvant



**Photo 2**  
Pont sur la Glane : des travaux en harmonie avec l'environnement  
*Bridge over the Glane : works in harmony with the environment*



**Photo 3**  
Echelle à poissons : dispositif permettant la remontée du cours d'eau par les poissons lorsque son profil en long est trop pentu

*Fish ladder : system enabling fish to move up the river when its longitudinal profile is too steep*

polluer les frayères, et de réaliser l'ouvrage hors d'eau. Par des enrochements à l'intérieur et aux abords des ouvrages hydrauliques, on a par ailleurs essayé de se rapprocher le plus possible des caractéristiques d'un écoulement naturel.

De plus de nombreux chemins de randonnées pédestres ont été interceptés par le tracé de la déviation. Ceux-ci ont été rétablis par l'intermédiaire des ouvrages hydrauliques dans lesquels ont été aménagés des passages dits "de pêcheur" afin d'assurer la continuité des cheminements. Par ailleurs, il a été réalisé un linéaire d'environ 3 km de chemin de randonnée pédestre autour de la déviation. Ceux-ci ont été réalisés en collaboration avec l'association locale de randonneurs "Par Chemins" depuis l'origine du projet jusqu'à la réalisation.

Démarrés au milieu de l'année 1997, ces travaux se sont terminés au mois de mars 1998 (figure 2).

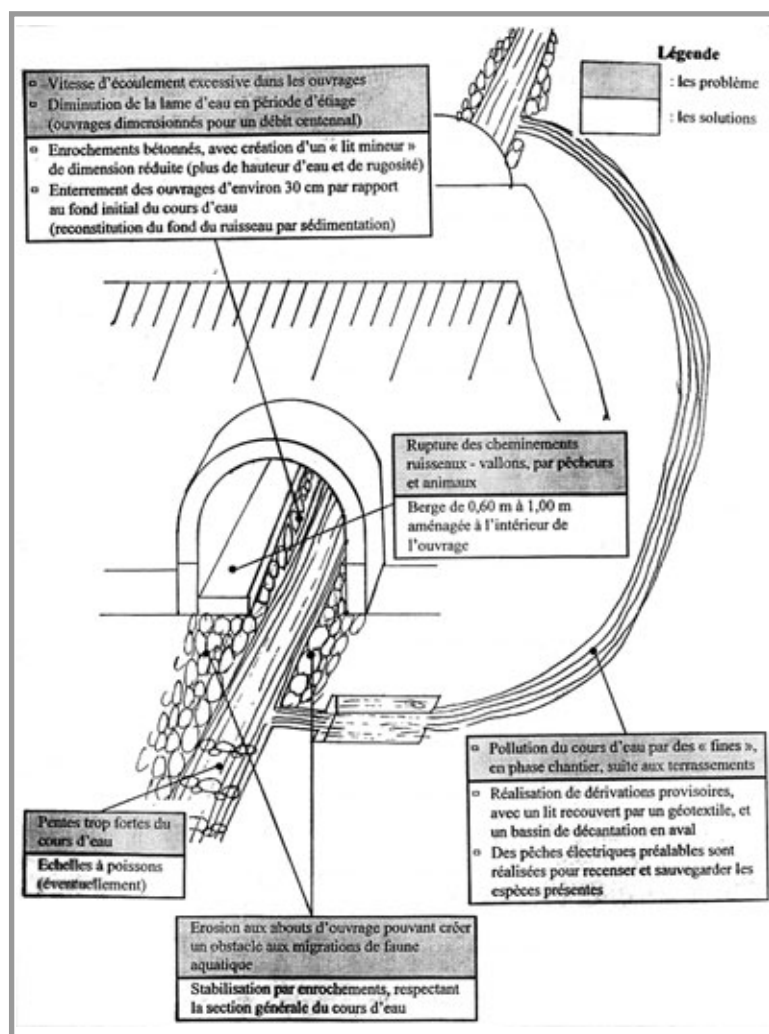
## ■ LES TERRASSEMENTS : DES MOYENS ADAPTÉS AUX VOLUMES DE TRAVAUX

Les terrassements de la déviation ont été réalisés en deux tronçons, dans le cadre de deux marchés : à l'est et à l'ouest de la Glane. Ce découpage a été nécessaire :

- ◆ d'une part, parce que le plus grand déblai de l'opération situé à l'est de la Glane, présentait un potentiel en volume de matériaux rocheux qui pouvait être réutilisés en couche de forme de l'ensemble de la déviation après concassage ;
- ◆ d'autre part, parce que dans le mouvement de terres il ne pouvait pas être envisagé de transfert de matériaux entre les deux zones tant que le pont sur la Glane n'était pas terminé.

Le caractère vallonné de la région fait que des ou-

**Figure 2**  
Aménagements hydrauliques et développement durable : astuces techniques  
*Hydraulic structures and sustainable development : technical expedients*



**Photo 4**  
Déblai de Boisse : le plus gros rocheux de la déviation

*Boisse cutting : the biggest rock cutting of the bypass*



**Photo 5**  
Le remblai du Sauvarin : un exemple d'insertion paysagère

*The Sauvarin fill : an example of landscape insertion*



vrages de taille importante ont été réalisés. Le plus important remblai est celui sur l'ouvrage hydraulique du ruisseau le Sauvarin avec un volume d'environ 300 000 m<sup>3</sup> et une hauteur maximale de 20 m. Pour ce qui est du déblai le plus volumineux c'est celui de Boisse plus de 300 000 m<sup>3</sup> pour une hauteur maximale de 23 m (photo 4).

De tels ouvrages ont nécessité la mobilisation de moyens importants et leur réalisation s'est échelonnée sur près d'un an et demi. Durant cette période des mesures ont été prises afin de préserver en période pluvieuse la qualité de l'eau des ruisseaux rencontrés.

Il s'agit notamment de la réalisation de bassins provisoires de décantation par lesquels transitent toutes les eaux de ruissellement des plates-formes de terrassement avant rejet dans les cours d'eau. Ces terrassements qui étaient globalement excédentaires ont donné lieu à la réalisation de nombreux dépôts, sur lesquels a été porté un soin tout particulier d'insertion paysagère. La paysagiste du projet, M<sup>me</sup> Espiasse de la société Ecep, s'est particulièrement attachée depuis la conception de l'avant-projet jusqu'à la réalisation à ce que tout mouvement de terre soit en harmonie avec l'environnement. Outre les dépôts, les entrées des déblais ainsi que les crêtes ont été travaillées afin de permettre un changement harmonieux des paysages rencontrés (photo 5).

## ■ LE CONCASSAGE SUR SITE : UNE SOLUTION ENVIRONNEMENTALE ET FINANCIÈRE

Lors des études géotechniques préalables à la réalisation du projet de la déviation de Saint-Junien, le déblai rocheux de Boisse avait été détecté comme étant potentiellement utilisable en couche de forme granulaire. Constitué d'un granit dont le volume avoisinait les 300 000 m<sup>3</sup>, ce déblai convenait parfaitement pour la réalisation de cette sous-couche de chaussée.

La réalisation du déblai s'est faite dans le cadre de la tranche ferme du marché de terrassements est. Il a nécessité l'utilisation d'un atelier de minage pendant environ 5 mois. Ces matériaux ont été ensuite stockés sur une aire mise à disposition par le maître d'ouvrage.

Ceux-ci ont ensuite été concassés dans le cadre de la tranche conditionnelle du marché des terrassements est qui s'est déroulé simultanément aux travaux du marché des terrassements ouest, ce qui a permis de gérer les différentes interfaces nécessaires à la gestion globale des quantités pour l'ensemble de l'opération.

Ce concassage a permis :

- ◆ d'une part, de minimiser l'impact d'une telle réalisation sur l'environnement en prenant les maté-



riaux dans un déblai plutôt que de réaliser un emprunt en carrière ou dans l'environnement proche du chantier ;

◆ d'autre part, d'amoindrir les coûts en minimisant les distances de transport entre le gisement et la mise en œuvre.

Ainsi, 200 000 t de matériaux provenant du chantier ont pu être réutilisées dans le cadre de celui-ci.

Il reste néanmoins impératif, de part l'obligation de qualité, d'importer de carrière tous les matériaux nécessaires au corps de chaussée.

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### Maitre d'ouvrage

Etat - Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement

### Maitre d'œuvre

Direction départementale de la Haute-Vienne - Service Grands Travaux

### Entreprises

- Eurovia GPI - Beugnet - Malet : chaussées
- Sogea Sud-Ouest : génie civil
- Ets J.-R. Ducros : charpente métallique en usine du Pont sur la Glane
- Forézienne d'Entreprise : terrassements ouest et trois ouvrages hydrauliques
- Groupement Beugnet - Tinel - Roland : terrassements est et concassage
- SERTP : 3 ouvrages hydrauliques et 2 passages agricoles
- Eurovia : rétablissements des communications
- Laurière - Guintoli : terrassements préliminaires du pont sur la Glane et un passage supérieur
- G.C.A. : ouvrages d'art
- Crobam : confortement des talus rocheux de Boisse

### Sous-traitants

- Matière : fabrication et montage des ouvrages hydrauliques
- Dumond T.P. : terrassements des ouvrages hydrauliques
- Poulain : terrassements des ouvrages hydrauliques
- S.M.C. : montage de la charpente métallique du pont sur la Glane
- Ceri Antirouille : peinture du pont sur la Glane.
- Cochery Bourdin Chausse (agence de Limoges) : terrassements
- Trebuchon et Brule : terrassements
- Setec et SCR Leblond : assainissement des terrassements
- Tamfor et D.T.S. : minage

## ABSTRACT

### Saint-Junien bypass in Haute-Vienne region. Environment-compliant works

G. Payet, D. Debord

The Saint-Junien bypass, the last operation to be completed in connection with the XI Plan in the Haute-Vienne region of France, is scheduled for commissioning by the end of 2000. This operation, although of regional scope, has the design features of a major structure, such as its length of about 140 m, many hydraulic works, the largest of which are 100 m long with a total cutting volume of about 2 million cubic metres.

One of the client's goals in building this infrastructure was environmental compliance. This is reflected in particular by the measures taken when going through the classified protected site of Corot during the crossing of streams and in particular the Glane River supplying Saint-Junien with drinking water, as well as in the design of earthworking models.

## RESUMEN ESPAÑOL

### La variante de Saint Junien en Haute Vienne. Obras ejecutadas con respeto del medio ambiente

G. Payet y D. Debord

La variante de Saint Junien, última operación a ejecutar a título del XI plan en Haute Vienne, deberá entrar en servicio a finales del año 2000. Aun cuando esta operación presenta un alcance regional, corresponde, en todos sus aspectos a características de una estructura de envergadura importante, como, por ejemplo, una estructura no corriente de unos 140 m de longitud, numerosas estructuras hidráulicas, entre las cuales las mayores miden 100 m de longitud y un volumen total de movimientos de tierras de dos millones de metros cúbicos.

Uno de los objetivos de la entidad contratante para la ejecución de esta nueva infraestructura reside en el respeto del medio ambiente, que ha tomado forma concreta, fundamentalmente, por las medidas tomadas para la travesía del paraje Corot, paraje inscrito en el inventario de protección de la naturaleza,

para el franqueo de los ríos y, fundamentalmente, del río la Glane, que alimenta a la localidad de Saint Junien en agua potable, así como para la ejecución de los modelos de movimientos de tierras.



© Photo Moch

Photo 1  
Autoroute en béton armé continu :  
confort, sécurité, durabilité

*Continuously reinforced concrete  
motorway : comfort, safety, durability*

**Les évolutions des techniques routières sont continues, elles améliorent les performances des chaussées les rendant plus durables et plus sûres. Aujourd'hui des exigences supplémentaires apparaissent, en particulier l'écologie. Les progrès de la technique doivent également contribuer à une diminution du prélèvement en matériaux naturels. Les chaussées composites qui permettent de diminuer significativement les épaisseurs des structures vont dans ce sens.**

**Qu'est-ce qu'une chaussée composite ? Schématiquement c'est un revêtement béton (éventuellement armé continu) mis en œuvre sur un matériau bitumineux et recouvert éventuellement d'un béton bitumineux très mince (BBTM). Ce mélange des techniques, qui ne peut troubler que quelques nostalgiques des guerres de religion "blancs-noirs", permet d'utiliser les qualités des deux solutions. Cet article est consacré à la technique du béton armé continu sur grave bitume, qui est considérée aujourd'hui comme une solution optimale que certains, dont les auteurs, n'hésitent pas à qualifier d'idéale.**

### ■ PROBLÉMATIQUE DES CHAUSSÉES BAC EN FRANCE

Le béton armé continu (BAC), inventé aux États-Unis en 1921, s'est développé en France depuis 1983, essentiellement à travers la structure de type BAC + béton maigre.

La structure de type BAC + béton maigre est techniquement performante :

- ◆ le BAC reprend tous les efforts structurels induits par le trafic et les conditions climatiques avec la garantie du maintien de l'uni pendant toute la période de service (absence d'orniérage) ;

- ◆ le béton maigre constitue une couche de fondation non érodable qui garantit la pérennité du support du BAC.

Mais, elle présente l'inconvénient d'être de construction plus onéreuse que la structure bitumineuse épaisse de même capacité structurelle. En effet, son dimensionnement est pénalisé par le décollement de l'interface BAC/béton maigre, recherché à la construction – au moyen d'une émulsion, d'une feuille de polyéthylène ou d'un produit de cure – et destiné à prémunir le BAC de la remontée des fissures de retrait du béton maigre. Nous sommes donc en présence d'une structure rigide classique non optimisée et constituée de deux couches :

- ◆ une couche de BAC assurant le rôle d'une couche de roulement et d'une couche de base dimensionnante ;

- ◆ une couche de béton maigre assurant le rôle d'une couche de fondation non érodable (photo 1).

### ■ COMMENT OPTIMISER LA STRUCTURE BAC

Pour optimiser le dimensionnement d'une structure en BAC, il faut donc écarter le béton maigre au profit d'un matériau jouissant des propriétés suivantes :

- ◆ sans retrait ;
- ◆ pouvant adhérer au béton (collage) ;
- ◆ non érodable ;

# Chaussées Chaussées

- ◆ de rigidité suffisante pour assurer un rôle dimensionnant dans la structure.

La grave bitume (GB) est un matériau qui semble répondre parfaitement aux quatre conditions citées ci-dessus.

### ■ APPARITION DU CONCEPT

Le béton armé continu a été utilisé dès 1983 en renforcement sur l'autoroute A6. Cette technique qui supprime les joints de retrait, améliore la longévité de la chaussée et son confort. Sur les chantiers, il fut constaté que le béton collait aux revêtements bitumineux. Ce point paraissait en contradiction avec la culture ambiante qui voulait que le béton n'adhère pas à la fondation.

Le renforcement de la voie lente de l'autoroute A6 dans le col de Bessey-en-Chaumes par un BAC mis en œuvre sur matériaux bitumineux en 1986 a permis de conforter la présomption de collage. Des carottages effectués en 1998 montrent cette réalité.

En 1988 une partie des chaussées de l'autoroute A71 a été réalisée suivant la technique du BAC sur une couche de béton bitumineux semi-grenu (BBSG). Des carottages faits à la demande du Setra en 1998 ont démontré un collage parfait, et des essais d'ovalisation ont confirmé la transmission parfaite des contraintes de traction à l'interface des matériaux.

Tous ces éléments justifiaient la prise en compte du collage dans les calculs de dimensionnement. Jusqu'à présent les méthodes de dimensionnement (en particulier la méthode Alize) partent du principe que la couche de béton n'est pas solidaire de la fondation. Elles ne prennent en compte aucune transmission de contrainte entre le béton et la fondation, ce qui conduit à une majoration des contraintes horizontales générées par le trafic dans ces deux couches. La conséquence est une augmentation des épaisseurs de chaque couche. La prise en compte de cette observation doit conduire à une diminution des épaisseurs, encore faut-il démontrer l'influence de ce collage (photo 2).

### ■ VALIDATION DU COLLAGE BÉTON/MATÉRIAU BITUMINEUX – LE PROJET NATIONAL FABAC

Un des objectifs de ce projet national lancé en 1995 à l'initiative de la profession des chaussées en bé-



# composites : idéales

**Joseph Abdo**  
RESPONSABLE TRAVAUX PUBLICS  
Cimbeton

**Jacques Gonnet**  
CHEF DE SERVICE TP - AGENCE PISTE  
Bouygues BTP

ton, des producteurs de ciments, des sociétés d'autoroutes et de l'Administration (LCPC – Setra) était de s'assurer que le collage d'une dalle en béton armé continu sur son support en matériau bitumineux était bien effectif et durable sous fatigue prolongée. Le projet est arrivé à son terme mi-1999 et la réponse est positive (photo 3).

## ■ UN NOUVEAU CONCEPT DE CHAUSSÉE COMPOSITE BÉTON ARMÉ CONTINU/GRAVE BITUME

### La structure d'une chaussée composite BAC/GB

Fort des constatations évoquées ci-dessus, un nouveau concept de chaussée est alors né, reposant sur le principe de l'utilisation optimale des qualités mécaniques intrinsèques des matériaux et du collage durable du béton coulé pervibré sur un matériau bitumineux.

Le béton armé continu est un matériau de module élastique élevé ( $E = 35\,000$  MPa) dont la valeur demeure invariable dans le temps, est insensible à la température et à la durée d'application des charges. Sa résistance à la traction est forte vis-à-vis de celle des matériaux bitumineux; par contre, il est peu déformable. Il est ainsi parfaitement adapté à être placé en couche supérieure de chaussée, avec une probabilité de longue durée de service, d'autant plus que du fait de l'existence d'armatures longitudinales, il ne comporte plus de joints transversaux mais se trouve être fissuré transversalement de façon finie et rapprochée (1 m environ) et de manière naturelle, ce qui limite les infiltrations d'eau possible et diminue considérablement les effets de cambrure liés aux gradients thermiques, donc les contraintes en découlant. En outre, les épaisseurs de béton étant plus faibles, elles contribuent à minorer ce dernier phénomène. Une grave-bitume, par exemple, est un matériau bitumineux de module élastique variable dans le temps (fatigue et fluage) et sensible à la température ( $E = 20\,000$  MPa à  $-10$  °C,  $E = 1\,000$  MPa à  $+40$  °C). Sa résistance à la traction est relativement faible et aussi essentiellement variable. Par contre, elle admet des déformations assez fortes sans rupture, mais celles-ci peuvent se révéler permanentes à haute température, son faible module d'alors lui conférant une forte relaxation sous charges répétées ou permanentes (orniérage). Elle est donc mieux adaptée à être placée en couche de fondation. En outre,



**Photo 2**  
Carotte prélevée dans une structure composite après plusieurs années de service prouve que le collage est durable

*Core sample from a composite structure after several years of service, showing that bonding is durable*



**Photo 3**  
Vue de la machine Fabac

*View of Fabac machine*

la grave-bitume est un matériau relativement économique aujourd'hui, du moins en regard du béton armé continu.

La nouvelle chaussée composite devient alors une structure bicouche à interface collée : une couche de roulement en béton armé continu et une couche de fondation en grave bitume. Mais, compte tenu de l'hypothèse de collage à l'interface béton/matériau bitumineux, la structure se comporte comme une structure monolithique ayant une durée de vie équivalente à celle d'une structure en BAC classique (BAC - béton maigre).

### Fonctionnement mécanique de la structure type BAC/GB

Du fait de sa rigidité élevée et de l'hypothèse de collage à l'interface BAC/GB, la grave bitume joue le rôle d'une couche dimensionnante. Les efforts de traction par flexion induits par le trafic sont répartis sur deux couches traitées, au lieu d'une seule.

L'innovation de cette structure de chaussée a été de profiter de la présence de la couche de fondation traitée au bitume en tant que couche non érodable, pour l'intégrer à la structure et la faire travailler comme une couche de base dimensionnante. Nous ne sommes pas en présence d'une

	Structures validées (Catalogue des Structures Types de Chaussées Neuves) (LCPC-SETRA, 1998)			Structure innovante
<b>Hypothèses de dimensionnement : PF<sub>3</sub> /30 ans /VRS</b>	<b>Bitumineuse épaisse</b>	<b>Rigide</b>	<b>Rigide</b>	Rigide
	<b>BB + GB<sub>3</sub> + GB<sub>3</sub></b>	<b>BAC + BC<sub>m</sub></b>	<b>BAC + BC<sub>sg</sub></b>	<b>BAC + GB<sub>3</sub></b>
<b>TC<sub>430</sub></b>	<b>6 cm BB 9 cm GB<sub>3</sub> 9 cm GB<sub>3</sub></b>	<b>15 cm BAC 15 cm BC<sub>2</sub></b>	<b>16 cm BAC 5 cm BB<sub>sg</sub></b>	<b>12 cm BAC 8 cm GB<sub>3</sub></b>
	24 cm	30 cm	21 cm	20 cm
<b>TC<sub>530</sub></b>	<b>8 cm BB 10 cm GB<sub>3</sub> 11 cm GB<sub>3</sub></b>	<b>17 cm BAC 15 cm BC<sub>2</sub></b>	<b>18 cm BAC 5 cm BB<sub>sg</sub></b>	<b>14 cm BAC 8 cm GB<sub>3</sub></b>
	29 cm	32 cm	23 cm	22 cm
<b>TC<sub>630</sub></b>	<b>8 cm BB 13 cm GB<sub>3</sub> 13 cm GB<sub>3</sub></b>	<b>19 cm BAC 15 cm BC<sub>2</sub></b>	<b>20 cm BAC 5 cm BB<sub>sg</sub></b>	<b>16 cm BAC 8 cm GB<sub>3</sub></b>
	34 cm	34 cm	25 cm	24 cm
<b>TC<sub>730</sub></b>	<b>8 cm BB 10 cm GB<sub>3</sub> 10 cm GB<sub>3</sub> 11 cm GB<sub>3</sub></b>	<b>19 cm BAC 18 cm BC<sub>2</sub></b>	<b>22 cm BAC 5 cm BB<sub>sg</sub></b>	<b>17 cm BAC 12 cm GB<sub>3</sub></b>
	39 cm	37 cm	27 cm	29 cm

**Tableau I**  
Structures neuves  
de chaussées classiques type  
catalogue et structures  
innovantes BAC/GB

*New structures of conventional pavements (catalogue, CRC/ATB innovative structures)*



**Photo 4**  
Déviation des Rassats-Favrauds,  
RN 141 (nord-est d'Angoulême).  
Vue générale du chantier  
de mise en œuvre  
de la technique du béton armé  
continu (BAC) sur grave bitume

*Rassats-Favrauds diversion on highway RN 141 (northeast of Angoulême). General view of works during which continuously reinforced concrete (CRC) is placed over an asphalt-treated base*



structure rigide classique mais d'une structure originale constituée de :

- ◆ une couche en BAC assurant le rôle d'une couche de roulement et d'une couche de base dimensionnante ;
- ◆ une couche de grave bitume (GB) assurant le rôle



**Photo 5**  
Déviation des Rassats-Favrauds. Avant l'atelier de bétonnage, les armatures du BAC sont positionnées, à mi-hauteur de la dalle béton, au-dessus de la couche de grave bitume

*Rassats-Favrauds diversion. Before the concreting plant, the CRC reinforcements are placed, at mid-height in the concrete slab, over the asphalt-treated base layer*

d'une couche de fondation non érodable et d'une couche de base dimensionnante.

## Domaines d'emploi

Le concept BAC/GB à interface collée, est destiné aux routes à moyen et fort trafics ; telles les autoroutes, les routes nationales et une partie des routes départementales.

Il s'applique :

- ◆ soit en construction neuve : la structure innovante est alors réalisée en totalité sur une plateforme support de bonne qualité ;
- ◆ soit en renforcement de structures bitumineuses : dans ce cas, le BAC est coulé sur le support bitumineux existant, rendu propre et rugueux par rabotage ou fraisage.

## Dimensionnement de la structure BAC/GB

Le dimensionnement a été conduit à partir du catalogue des structures Setra - LCPC de 1998 et du logiciel de calcul ECOROUTE avec l'hypothèse "interface collée" entre le béton et la grave bitume. Le tableau I présente les différentes structures neuves de chaussées classiques type catalogue et la structure innovante BAC/GB établies, pour une





**Photo 6**  
Contournement de la commune de Maizières (Meurthe-et Moselle). Devant l'atelier de bétonnage, les armatures longitudinales du BAC sont positionnées à la hauteur voulue au-dessus de la couche de grave bitume  
*Maizières bypass (Meurthe-et-Moselle region). Before the concreting plant, the longitudinal CRC reinforcing steel is positioned at the desired height over the asphalt-treated base layer*



**Photo 7**  
Contournement de la commune de Maizières. Coulage du béton à l'aide d'une machine à coffrage glissant  
*Maizières bypass. Pouring of concrete using a slipform machine*

plate-forme PF3 et pour une durée de service de 30 ans, et ceci pour les trafics TC430, TC530, TC630 et TC730.

## CONCLUSION

En 1998, un chantier expérimental a été réalisé sur la déviation de Rassats-Favrauds au nord-est d'Angoulême sur la RN 141 dans le but de s'assurer du bon comportement structurel, in situ, d'une structure originale de type BAC/GB et de valider par conséquent l'hypothèse du collage entre béton et bitume (photos 4 et 5).

En 1999, la municipalité de Maizières, en Meurthe-et-Moselle, a construit une chaussée en béton armé continu collé sur une fondation en grave bitume pour raccorder le CD 974 à la RD 331 (photos 6 et 7).

Le bon comportement du chantier expérimental, de la déviation des Rassats-Favrauds (RN 141), a encouragé l'Administration française à lancer en l'an 2000, avec la même technique, un nouveau chantier expérimental de longueur 7 km sur la RN4 dans la Moselle.

Du côté de la Profession (Cimbéton - Specbea), on espère que cette solution économique et originale séduira d'autres maîtres d'ouvrages dans l'avenir.

## ABSTRACT

### Composites pavements : ideal pavements

*J. Abdo, J. Gonnet*

Roadbuilding techniques are evolving continuously, offering improved performance of pavements, and making them more durable and safer?

Additional requirements are appearing today, in particular with regard to ecology. Engineering progress must also contribute to reduced borrowing of natural materials. Composite pavements, which afford a significant reduction in the thickness of structures, are in keeping with this principle.

What is a composite pavement? Schematically, it is a concrete (possibly continuously reinforced) surfacing applied over an asphalt layer and possibly covered with very thin bituminous concrete (BBTM in France). This combination of techniques, which can be troublesome only to those suffering from the nostalgia of the "black-white" holy wars, uses what is best in both techniques. This article is devoted to continuously reinforced concrete applied over an asphalt-treated base, considered today to be an optimum solution, and even the ideal solution according to some, including the authors.

## RESUMEN ESPAÑOL

### Pavimentos compuestos : pavimentos ideales

*J. Abdo y J. Gonnet*

Las evoluciones de las técnicas viales son continuas, y mejoran siempre las características de los pavimentos para que sean más duraderos y más seguros. Actualmente, aparecen requerimientos suplementarios y, fundamentalmente, derivados de la ecología. Los progresos de la técnica deben también contribuir para disminuir la extracción de materiales naturales. En este sentido, los pavimentos compuestos que permiten disminuir de forma significativa los espesores de las estructuras constituyen un ejemplo interesante.

¿Qué es un pavimento compuesto? Esquemáticamente, se trata de un revestimiento de hormigón (llegado el caso de hormigón armado en continuo) aplicado sobre un material bituminoso y recubierto, en su caso, de un hormigón bituminoso de muy reducido espesor

(BBTM). Esta combinación de las técnicas, que puede incluso chocar a algunos nostálgicos de las guerras de religión entre productos "blancos y negros", permite aprovechar las cualidades de ambas soluciones. Este artículo está dedicado al procedimiento del hormigón armado en continuo sobre grava betún que actualmente se considera como una solución óptimas por parte de muchos especialistas, entre los cuales figuran los autores que no vacilan en calificarlo como "ideal".



En utilisant des dérivés d'huiles végétales, Gerland Routes a mis au point une solution alternative à l'utilisation de liants de répandage à chaud fluxés d'origine carbochimique. Les études en laboratoire ayant confirmé l'intérêt du produit pour l'environnement et la sécurité – aussi bien des hommes que des installations – un chantier expérimental a été réalisé dans le Jura. Sur 50 000 m<sup>2</sup> soumis à un trafic T3 ou T4, trois planches ont été réalisées avec respectivement, des liants types Bioflux, Bioflex et Routoflex R 10 classique. Les deux derniers liants modifiés ont été appliqués sur la portion la plus circulée. Aucune différence n'a été constatée entre ces planches. Ce résultat satisfaisant valide une série de choix techniques et décide l'entreprise à produire industriellement ces produits.

# Bioflux et Bioflex : les à chaud "écologiques"

## Un chantier expérimental

À la suite d'échanges entre la direction technique de Gerland Routes et les représentants du département du Jura, une convention d'innovation routière a été signée. Son but : réaliser des enduits superficiels en utilisant des liants d'épandage écologiques afin d'améliorer les conditions de réalisation des chantiers en matière d'environnement, d'hygiène et de sécurité par rapport à l'emploi des liants de répandage à chaud classiques.

Le site choisi a été la RD4, entre Poids-de-Fiole et l'entrée de Crancot. La traversée des villages rencontrés n'était pas incluse dans le contrat.

Pour les besoins de l'étude, trois liants ont été mis en œuvre : un Bioflux (liant fluxé non modifié), un Bioflex R 10 (liant fluxé modifié élastomère) et un Routoflex R 10 (liant fluxé modifié élastomère) classique. Ce dernier, fluxé par un produit pétrochimique, constituait la référence.

Le chantier (d'une surface globale de 50 000 m<sup>2</sup> pour un trafic T3 - T4) s'est déroulé les 20, 21 et 22 juillet 1999. La technique retenue est un enduit

des produits, a travaillé dès 1996 sur des solutions alternatives à l'usage de fluxants pétro ou carbochimiques qui, dans la technique des enduits superficiels, constitue une source d'émission de COV (composé organique volatil).

Approfondissant sa démarche, Gerland souhaitait également progresser dans le sens d'une meilleure prise en compte de tous les problèmes d'environnement (sol, air), de conditions de travail et de sécurité des installations. Dans cette logique, la recherche s'est portée sur les esters d'origine végétale, déjà étudiés par les pétroliers comme substituants du gazole. Les premiers essais, tant au laboratoire que sur chantiers expérimentaux, ont permis d'identifier les avantages suivants :

- ◆ quasi disparition des fumées de répandage ;
- ◆ meilleure maîtrise de la réalisation des chantiers ;
- ◆ point éclair du liant supérieur à 200 °C ;
- ◆ utilisation de matière première renouvelable ;
- ◆ nouveau débouché agricole ;
- ◆ suppression des dopes d'adhésivité.

Par ailleurs, la faible volatilité des esters végétaux empêche la remontée de consistance du liant par évaporation, mais les monoesters insaturés d'origine végétale réagissent avec l'oxygène de l'air selon une réaction de polymérisation appelée siccation. Cette réaction se traduit également par une remontée de consistance qui rend l'enduit pérenne.

Ce principe a ensuite été décliné afin d'obtenir une gamme de liants fluxés, modifiés ou non, appelés respectivement Bioflex et Bioflux.

### ■ LE CHANTIER DU JURA

Dans le cadre de la convention d'innovation routière signée avec le Jura le suivi a été assuré par les services techniques du département, le LRPC d'Autun et le laboratoire central de Gerland Routes. Il a consisté en :

- ◆ une visite du site avant travaux ;
- ◆ le suivi de la réalisation des travaux ;
- ◆ un point après une semaine ;
- ◆ un point après deux mois.

### ■ SITUATION DU CHANTIER

Le plan du site sur lequel a été conduit le chantier est représenté sur la figure 1. Cet itinéraire, qui supporte un trafic T3 - T4 est relativement plat et

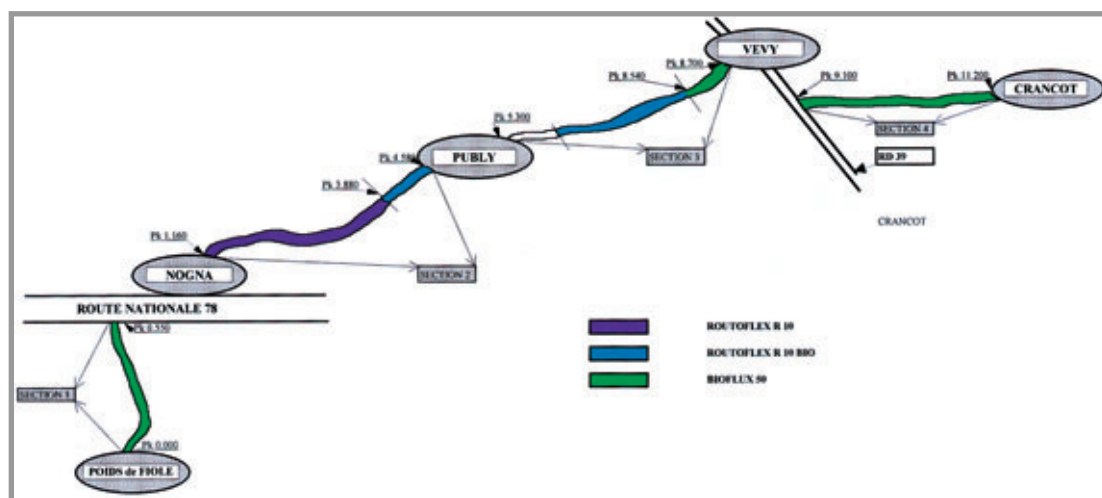


Figure 1  
Chantier expérimental RD4 dans le Jura. Situation  
Experimental site on highway RD4 in the Jura region. Location

monocouche simple gravillonnage 6/10. Cet article présentera succinctement les produits Bioflux et Bioflex, ainsi que les résultats obtenus sur le chantier lors de la mise en œuvre et après suivi en collaboration avec le LRPC d'Autun.

### ■ BIOFLUX - BIOFLEX

L'entreprise Gerland soucieuse d'anticiper les futures réglementations européennes en matière d'émission de composés organiques volatils (COV), tant au niveau des installations de fabrication que

# liants de répannage

## sur la RD4 (Jura)

**Jérôme Marcilloux**



RESPONSABLE  
RECHERCHE &  
DÉVELOPPEMENT  
Gerland Routes

**Jean-Pierre Antoine**



DIRECTEUR TECHNIQUE  
Gerland Routes

rectiligne, à l'exception d'un secteur situé entre Nogna et Publy (PR 2 à 3), où l'on trouve des virages en légère pente, à l'ombre d'une forêt. Le reste du chantier est relativement dégagé.

La qualité du support varie selon les tronçons :

- ◆ du panneau sortie de Poids-de-Fiole à la RN 78 (550 m) : ancien enduit 6/10 avec reprofilage récent dans un virage ;
- ◆ à la sortie de Nogna (PK 1.160) sur 500 m : ancien enduit, puis jusqu'à Publy (PK 4.580) : reprofilage pleine largeur datant de novembre 1998 ;
- ◆ de la sortie de Publy (PK 5.3) à l'entrée de Vevy (PK 8.7) : alternance d'anciens enduits et de reprofilages en pleine largeur ;
- ◆ du croisement avec la RD 39 (PK 9.1) à l'entrée de Crançot : enrobé très lisse de 1997, légèrement faïencé par endroit.

### ■ PRESCRIPTION

La répartition des liants sur le chantier a été déterminée en fonction du trafic prévu et en tenant compte de la présence d'une carrière et d'un poste d'enrobage en bordure de route, ce qui engendre parfois un accroissement du trafic lourd, essentiellement entre Vevy et Publy. Ce choix est indiqué sur la figure 1.

Les dosages prescrits étaient :

- ◆ pour la section 1, de 1,55 kg/m<sup>2</sup> ;
- ◆ pour les sections 2 et 3, de 1,5 kg/m<sup>2</sup> + 50 g/m<sup>2</sup> dans les parties ombragées ;
- ◆ pour la section 4, de 1,45 kg/m<sup>2</sup>.

Le Routoflex R10 (liant de référence) a été retenu pour la réalisation de la section 2 entre la RN 78 et le PK 3.880 en raison du trafic plus lourd, afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

### ■ RÉALISATION DU CHANTIER

Les trois liants fabriqués à l'usine Gerland de Corbas ont été appliqués à 160 °C dans les conditions météorologiques et techniques décrites dans le tableau I. Les granulats 6/10 utilisés proviennent de la carrière Ige (71). Propres mais très humides, ils étaient stockés sur place.

Le chantier a été réalisé au moyen de :

- ◆ une répandeuse Acmar de 13 000 l ;
- ◆ trois gravillonneurs portés ;
- ◆ un compacteur à pneus Caterpillar PS 300 B non lesté.

Aucune difficulté particulière n'a été identifiée lors



Les liants "Bio" se mettent en œuvre comme les liants pétrofluxés, la fumée en moins

*The "Bio" binders are applied like fluxed petroleum binders, minus the smoke*

	BIOFLUX 50	ROUTOFLEX R10	ROUTOFLEX R10 BIO
date de réalisation	le 20/07/99	le 21/07/99	le 22/07/99
localisation	section 1 : Pk 0.000 à 0.550 section 4 : Pk 11.200 à 9.100 Pk 8.700 à 8.500	section 2 : Pk 1.160 à 3.000	section 3 : Pk 3.000 à 4.580 Pk 8.500 à 5.300
dosage liant mesuré	section 1 : 1.530 kg/m <sup>2</sup> section 4 : 1.400 kg/m <sup>2</sup>	section 2 matin : 1.450 kg/m <sup>2</sup> section 2 a.midi : 1.550 kg/m <sup>2</sup>	section 3 matin : 1.520 kg/m <sup>2</sup> section 3 a.midi : 1.450 kg/m <sup>2</sup>
dosage liant préconisé	section 1 : 1.550 kg/m <sup>2</sup> section 4 : 1.450 kg/m <sup>2</sup>	section 2 : 1.500 kg/m <sup>2</sup> +50 g/m <sup>2</sup> si ombre	section 3 : 1.500 kg/m <sup>2</sup> +50 g/m <sup>2</sup> si ombre
météo	couvert le matin dégagé l'après-midi	couvert le matin dégagé l'après-midi	couvert le matin couvert l'après-midi
T ° C support	de 24 à 30 °	de 24 à 30 °	de 22 à 32 °
T ° C extérieur	de 19 à 30 °	de 21 à 28 °	de 17 à 23 °

**Tableau I**  
Données techniques sur les liants et conditions météorologiques lors de l'application sur le chantier RD4 dans le Jura

*Technical data on binders and weather conditions during application on highway RD4 in the Jura region*



La pollution de l'air est diminuée

*Less air pollution*

de la réalisation du chantier. On a toutefois noté un trafic plus important que prévu.

### ■ VISITE DU SITE APRÈS TRAVAUX

Réalisées en collaboration avec le LRPC d'Autun, ces visites ont permis d'établir une comparaison au jeune âge de ces liants. Après une semaine, on constate un léger noircissement, notamment dans la zone 2, sinueuse et à l'ombre, où le Routoflex R 10 a été utilisé. Cela s'explique par le nombre



La visibilité sur le chantier est nettement améliorée

*Clearly improved visibility*



de camions plus important que prévu. Pour les deux sections réalisées avec les liants Bioflux et Bioflex : rien à signaler.

Après deux mois, le ressuage du Routoflex R10 constaté après une semaine s'est légèrement accru sans s'étendre à d'autres points de la planche d'essai. Pour le reste, ainsi que pour les sections "Bio", la mosaïque est bien en place ; l'aspect d'ensemble est homogène.

## ■ CONCLUSION

La finalité de ce chantier de démonstration technique est de vérifier les similitudes de comportement entre la gamme Bioflux - Bioflex de liants anhydres pour répardage à chaud, et un liant modifié pétrofluxé : le Routoflex R10.

Aucune différence significative n'a été observée à ce jour que ce soit à la mise en œuvre ou dans les premiers mois confirmant les suivis réalisés sur les chantiers de la saison 1998 après un cycle hiver/été.

On peut donc conclure à l'heure actuelle, que les compromis viscosité/cohésivité, quantité de fluxant/vitesse de remontée en consistance obtenue par optimisation de ces produits, effectués par l'entreprise sont pertinents. Cela a constitué une remise en question des façons de formuler ce type de liant de répardage. La réussite de ce chantier d'essai a permis de justifier un passage en phase industrielle qui anticipe les futures directives européennes sur les COV.

## ABSTRACT

**Bioflux and Bioflex : "ecological" hot-laid binders. An experimental site on highway RD4 in the Jura region**

*J. Marcilloux, J.-P. Antoine*

Using vegetal oil derivatives, Gerland Routes has developed hot-laid fluxed binders of carbochemical origin. Laboratory studies confirmed the advantages of the product for the environment and safety - for people as well as installations - and an experimental site was completed in the Jura region. On 50,000 sq. m. subjected to T3 or T4 traffic, three sections were completed using, respectively, Bioflux, Bioflex and Routoflex R 10 conventional binders. The latter two modified binders were applied on the most heavily trafficked section. No difference was observed between these sections. These satisfactory results confirm the validity of the technical decisions made, and have motivated the company to produce these products industrially.

## RESUMEN ESPAÑOL

**Bioflux y Bioflex : aglomerantes "ecológicos" de esparcido en caliente. Obra experimental en la carretera departamental RD4, en el Jura**

*J. Marcilloux y J.-P. Antoine*

Gerland Routes ha desarrollado - utilizando derivados de aceites vegetales - una solución alternativa del empleo de aglomerantes de esparcido en caliente fluidificados, de origen carboquímico. Una vez confirmado mediante ensayos en laboratorio el interés del producto para el medio ambiente y la seguridad - tanto de los hombres como de las instalaciones - se ha ejecutado una obra experimental en el departamento del Jura. Sobre 50 000 m<sup>2</sup> sometidos a un tráfico T3 ó T4, se han ejecutado tres secciones de ensayos con, respectivamente, aglomerantes de tipos Bioflux, Bioflex y Routoflex R 10 convencionales. Los dos últimos aglomerantes modificados se han aplicado en la sección de mayor tráfico rodado. "ideal". No se ha comprobado ninguna diferencia entre estas secciones. Así, este resultado satisfactorio viene a validar

una serie de opciones técnicas, que han decidido a la empresa constructora para producir industrialmente estos productos.



# Mâchefers valorisés : première application en couche de fondation sur la RN 2

**Fabrice Marchal**  
DIRECTEUR D'AGENCE  
STRF (Société des Travaux et Routes  
Francilienne, filiale EJL)

**Gérard Thomin**  
DIRECTEUR DE TRAVAUX  
STRF

**Ivan Drouadaine**  
RESPONSABLE TECHNIQUE  
MATÉRIAUX  
EJL Ile-de-France

L'aménagement en 2 x 2 voies de la RN2 est l'occasion d'une première en technique routière : l'application de Scorcim® C en couche de fondation d'une chaussée supportant un trafic T0. Les matériaux recyclés issus des MIOM (mâchefers d'incinération d'ordures ménagères) voient donc leurs domaines d'emploi considérablement élargis et ne se cantonnent plus aux remblais, couches de forme et couches d'assise de chaussées à faible trafic. Le chantier de la RN2 préfigure ainsi des techniques routières de demain qui intégreront de plus en plus les matériaux à caractère "écologique" issus du recyclage.

**A**djudicataire du chantier d'aménagement en 2 x 2 voies (sur 2 100 m) de la RN2 entre Dammartin-en-Goële et Le Plessis-Belleville (Seine-et-Marne), STRF (Société des Travaux et Routes Francilienne, filiale d'Entreprise Jean Lefebvre) propose une variante technique : substituer un Scorcim® C (cf. encadré page suivante) au sable ciment initialement prévu pour la couche de fondation. Une proposition qui s'inscrit dans la continuité du chantier de la RN12 – 2 000 tonnes de Scorcim® C en couche de forme à la hauteur de Pontchartrain (photo 1) –, réalisé en 1998 à titre expérimental dans le cadre de la charte innovation conclue entre le Setra et Entreprise Jean Lefebvre. Suite aux résultats satisfaisants de cette planche d'essai, la DDE de Seine-et-Marne et sa subdivision de Lagny (ETN3), acceptent d'aller plus loin dans le cadre d'une application "grandeur nature" de Scorcim® C en couche de fondation sur la RN2. Afin de permettre de futurs comparatifs, la chaussée est divisée en deux sections. La première (environ 30 %) sera construite selon la solution de base : couche de fondation en sable ciment de classe S2. La seconde (70 %) reprend la même structure avec du Scorcim® C en lieu et place du sable ciment (figure 1 et photo 2). Objectif : comparer les caractéristiques mécaniques des deux structures de chaussée correspondant à un trafic lourd de type T0 évalué à quelque 22 000 véhicules/jour (dont 11 % de poids lourds) avec une progression estimée à 5 % par an.

## LE CHANTIER DANS SES GRANDS CHIFFRES

Commencés le 24 octobre 1999, les travaux de la RN2 devraient durer cinq à six mois et générer les quantités suivantes :

- ◆ terrassements : 8 500 m<sup>3</sup> ;
- ◆ bande d'arrêt d'urgence : 2 500 m<sup>3</sup> de grave naturelle, 8 500 m<sup>3</sup> de Scorgrave® ;



Photo 1  
RN12 (Yvelines) :  
2 000 t de Scorcim® C  
en couche de forme

RN12 (Yvelines region) :  
2,000 t of Scorcim® C  
in subgrade

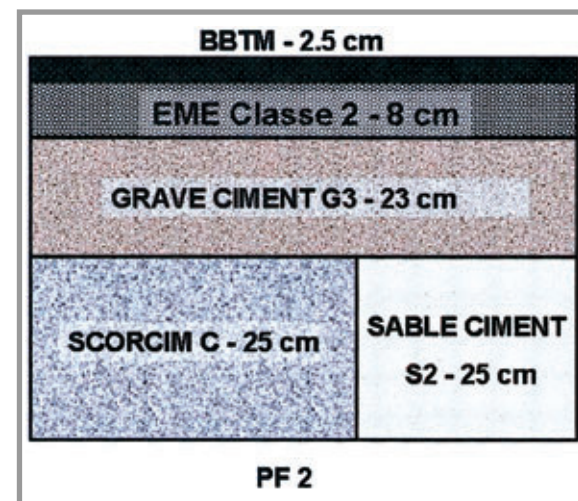


Photo 2  
RN2 (Seine-et-Marne) :  
le Scorcim® C remplace  
du sable ciment  
en couche de fondation

RN2 (Seine-et-Marne region) :  
Scorcim® C replaces  
cement-treated sand  
in subbase

Figure 1  
Structures de chaussée RN2  
voie neuve côté Nord

Structures of RN2 pavement,  
new carriageway on north side



**Tableau I**  
**Tableau comparatif des paramètres de référence et des résultats obtenus sur le Scorgrave® entrant dans la composition du Scorcim® C appliqué sur la RN 2**  
*Comparative table of reference parameters and results obtained on Scorgrave® entering into the composition of Scorcim® C applied on highway RN 2*

Paramètre	Seuil "V"	Scorgrave®
Fraction soluble	< 5 %	2,5 %
Mercuré	< 0,2 mg/kg	< 0,03 mg/kg
Plomb	< 10 mg/kg	0,75 mg/kg
Cadmium	< 1 mg/kg	< 0,09 mg/kg
Arsenic	< 2 mg/kg	< 0,07 mg/kg
Chrome VI	< 1,5 mg/kg	0,60 mg/kg
Sulfates	< 10 000 mg/kg	4 771 mg/kg
COT	< 1 500 mg/kg	1 443 mg/kg

**Photo 3**  
**CTVM de SPL à Saint-Ouen l'Aumône (Val-d'Oise) : 200 000 t de capacité de production annuelle**

**SPL plant at Saint-Ouen l'Aumône (Val-d'Oise region) : 200,000 t of annual production capacity**



## DU SCORGRAVE® AUX SCORCIM®

Le Scorgrave® est un matériau élaboré à partir de MIOM, résidus solides issus de l'incinération d'ordures ménagères, et valorisable (catégorie "V" de la circulaire du ministère de l'Environnement du 9 mai 1994). Dans les CTVM, le mâchefer brut subit un important traitement mécanique : criblage, déferrailage, concassage, élimination des métaux non ferreux à l'aide d'une machine à courant de Foucault. Le matériau de base, épuré des métaux ferreux et non ferreux ainsi que des imbrûlés légers qu'il pouvait contenir, subit à l'issue de cette préparation une phase de maturation de trois mois minimum qui permet de le stabiliser chimiquement (carbonatation, oxydation...). On obtient alors un Scorgrave® qui peut être traité ou non.

Les Scorcim® B et C correspondent à un Scorgrave® traité, en centrale de malaxage, avec un liant hydraulique spécifique et des additifs. Ils s'apparentent respectivement à des sables traités de classe S1 et de classe S2.

- ◆ couche de forme : 4 000 m<sup>3</sup> de Scorgrave®;
- ◆ couche de fondation : 5 000 t de sable ciment et 7 000 t de Scorcim® C;
- ◆ couche de base : 13 700 t de grave ciment;
- ◆ grave bitume 0/14 : 1 400 t;
- ◆ EME 0/14 : 5 000 t (pour la partie nord);
- ◆ BBSG 0/14 : 5 000 t (pour la partie sud);
- ◆ BBTM 0/10 : 4 600 t;
- ◆ enduits et couche d'accrochage : 190 000 m<sup>2</sup>;
- ◆ assainissement : 500 ml de canalisations (diamètre 300 à 800); 660 ml de caniveaux béton;
- ◆ ouvrage cadre 3 000 x 2 000, y compris les murs d'extrémité en aile (66 ml), pour passage du ru existant.

La section nord du chantier (hors enrobés BBTM) était achevée fin 1999. Après une trêve hivernale, les travaux reprendront par l'application du BBTM et le basculement de la circulation sur la partie nord de la chaussée, ce qui permettra d'engager les tra-

voux de la partie sud (aménagement des deux voies existantes) dont la durée est estimée à trois mois et demi.

## DES TRAVAUX SOUS HAUTE SURVEILLANCE

Acceptée dans un esprit d'innovation certain, la variante proposée par STRF sur la RN 2 a fait l'objet de toutes les attentions. Ainsi, au-delà des travaux proprement dits, cette réalisation bénéficie d'un protocole d'auscultation et de suivi s'inscrivant dans un PAQ spécifique en amont de la fabrication du Scorcim® C lui-même. Pour SPL (Société Paridu Letourneur), filiale d'Entreprise Jean Lefebvre assurant la fabrication du Scorcim® C, l'enjeu était de taille. Son CTVM (centre de traitement et de valorisation de mâchefers, photo 3) de Saint-Ouen-l'Aumône, le plus important en France avec une capacité de production de 200 000 t par an, a suivi avec le laboratoire d'EJL Ile-de-France la caractérisation des matériaux dès l'élaboration du Scorgrave® entrant dans la composition du Scorcim® C de la RN 2 (tableau I).

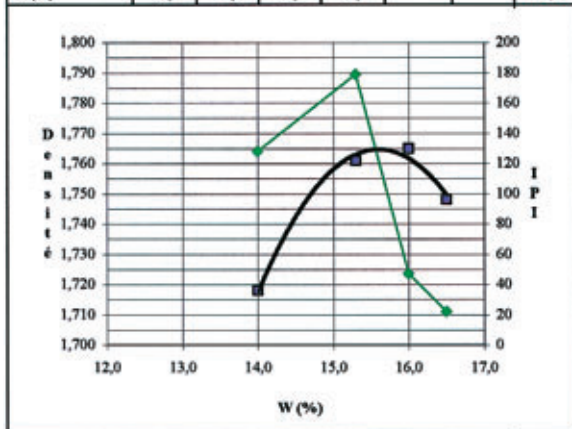
Paramètre principal conditionnant la réussite : la maîtrise de la teneur en eau qui doit être constante et précise (+ ou - 1 % par rapport à la teneur en eau à l'optimum proctor modifié soit : 14,5 % - 16,5 %). Compte tenu du caractère innovant du chantier, les contrôles de fabrication et d'application étaient plus importants que sur un chantier classique. Ils ont été réalisés pour la plupart conjointement par le laboratoire d'Entreprise Jean Lefebvre (contrôle externe) et le LREP (contrôle extérieur). Au cours de la fabrication, les teneurs en eau, celles en liant et les densités théoriques (OPM) ont été vérifiées sur site. Parallèlement, le laboratoire de l'Administration renouvelait l'étude de formulation du Scorcim® C afin de contrôler et attester des résistances annoncées par le laboratoire d'EJL Ile-de-France (tableau II). En effet, mises à part les utilisations pour lesquelles les résistances mécaniques des matériaux issus de MIOM ne sont pas en jeu – et qui sont reconnues dans le guide technique des matériaux régionaux (édition novembre 1998, parution juin 1999) –, l'Administration ne peut encore certifier de méthode générale quant à leur emploi en structure de chaussée, les résultats des entreprises spécialisées étant trop divergents. Aussi, chaque produit composé de MIOM proposé par une entreprise est scrupuleusement examiné par les services de l'Administration.

La mise en œuvre du Scorcim® C a également fait l'objet de contrôles attentifs; comme le Scorgrave®, le produit peut être classé parmi les matériaux de difficulté de compactage de niveau 2 (DC2) et son application fait appel au matériel traditionnel des travaux routiers, niveleuse et atelier de compactage (photo 4). Sur le chantier, le laboratoire



Etude de : <b>SCORCIM C</b> <b>NF - P 98-113</b>					DIRECTION : SPL CENTRE/AGENCE ST OUEN		CR n° PAQ-St Ouen DATE 09/12/99	
---	--	--	--	--	--	--	------------------------------------	--

DS (t/m3)	1,718	1,761	1,765	1,748	OPM	1,765
IPI	128	179	47	22		120,0
W (%)	14,0	15,3	16,0	16,5		15,5



**FORMULE :**

SCORGRAVE	93,0%
Liant Routier	6,0%
Stabilisant E.J.L.	1%

AGE	Rtb (MPa)	Etb (MPa)	Observation
28 jours	0,3	3408	
60 jours	0,8	7420	S2
Estimation 360 j		S3	
Spécification		S2	

Tamis mm	31,5	20,0	10,0	6,3	5,0	4,0	3,15	2,0	1,0	0,500	0,200	0,08
% Passant	97,7	94,5	70,4	55,4	49,7	45,0	40,0	34,1	26,1	20,4	15,3	12,3

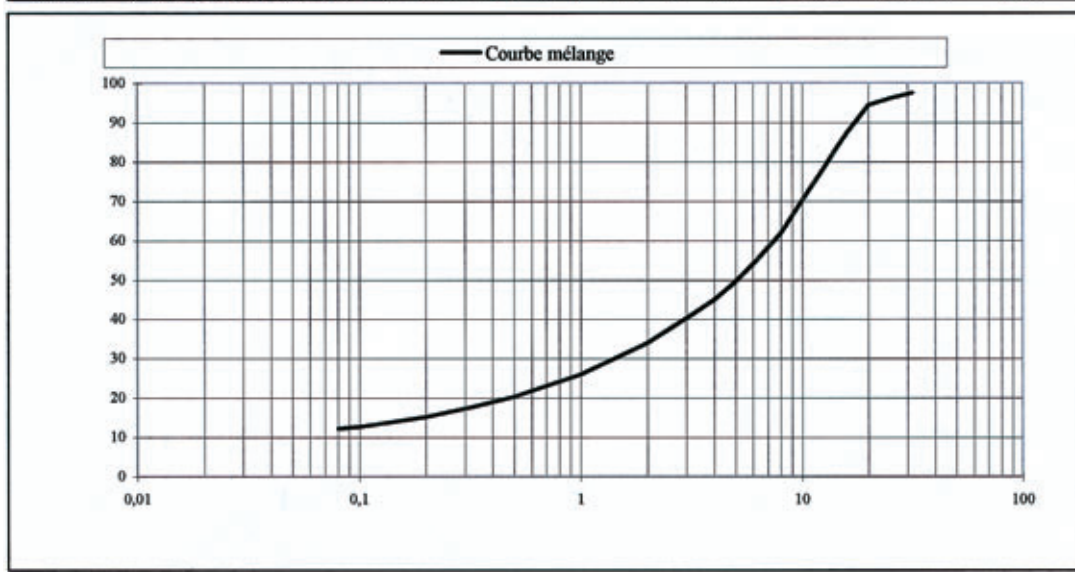


Tableau II  
Etude de formulation  
du Scorcim® C  
*Mix design of Scorcim® C*



Photo 4  
Niveleuse, cylindre vibrant V4  
et compacteur P3 : le Scorcim®  
est mis en œuvre  
avec du matériel traditionnel  
*Grader, vibrating cylinder V4  
and compactor P3 : Scorcim®  
is applied with conventional  
equipment*

### LA GAMME DES SCORMAT

Fort de son engagement dans la valorisation des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères – une dizaine de centres de traitement seront opérationnels à l'horizon 2000 et produiront plus d'un quart des 4 millions de tonnes de mâchefers produites en France chaque année –, le groupe Jean Lefebvre a développé toute une gamme de matériaux utilisables en technique routière. Rassemblés sous le terme Scormat ils comprennent :

- ◆ le Scorgrave® : matériau non traité qui s'utilise directement en remblais ou en sous-couche comme une grave routière classique 0/31,5 ;
- ◆ les Scorcim® (B, C) : Scorgrave® traité aux liants hydrauliques et enrichi avec un agent stabilisant. Ces matériaux, aux performances mécaniques prouvées, peuvent s'utiliser jusque dans les couches dites nobles des chaussées ;
- ◆ le Scormousse® : Scorgrave® traité aux liants hydrocarbonés. Son utilisation est envisageable pour toutes les couches d'assises de chaussée, ses performances mécaniques étant comparables à celles de la Grave-mousse ou à une grave émulsion plus classique ;
- ◆ le Scorcan® : produit de remblaiement auto-compactant semi-liquide traité à l'aide de liants hydrauliques et d'additifs. Ses domaines d'application recoupent ceux de l'Autocan® développé par Entreprise Jean Lefebvre pour le remblaiement de tranchées et cavités diverses.



**Photo 5**  
**Vingt points de contrôle quotidiens**  
**au gammadensimètre**  
**20 daily test points with gammadensimeter**

d'EJL assurait le suivi des densités au gammadensimètre avec une vingtaine de points de contrôle quotidiennement relevés (photo 5), le niveau de compactage à atteindre étant de type Q2 (> 97 % de compacité). La DDE pratiquait de plus une auscultation générale à l'aide du GDM45.

Les travaux terminés (printemps 2000), un suivi sera assuré. Ainsi, des mesures de déflexion seront pratiquées sur la section en Scorcim® C et sur celle en sable ciment pour comparer les données théoriques de leurs dimensionnements à la réalité. Ces contrôles pourraient alors être reconduits à six mois, à un an et à deux ans afin de mieux appréhender l'évolution des données de dimensionnement. Par ailleurs, des carottages sont prévus pour mesurer les caractéristiques mécaniques en place des deux structures à six mois et à un an. Les premiers résultats obtenus sur le chantier de la RN 2 confirment le bien-fondé de l'utilisation du Scorcim® C en couche de fondation de chaussée à trafic élevé. Un atout supplémentaire pour les produits à base de MIOM dont les caractères écologique (économie de matériaux naturels) et économique (suppression des coûts de mise en décharge) ne sont plus à démontrer. L'évolution de la recherche sur la valorisation des MIOM autorise désormais leur emploi pour la quasi totalité des structures de chaussées ; produits et domaines d'application se multiplient. L'avenir apparaît prometteur pour les Scormat.

## ABSTRACT

**Gainful use of clinker : first application in subbase layer on highway RN 2**

*F. Marchal, G. Thomin, I. Drouadaine*

**On the RN 2 worksite (dual two-way carriageways provided along 2,100 m), the cement-treated sand called for in the subbase was replaced by Scorcim® C. This is a first-time achievement on a heavy traffic pavement, extending the utilisation possibilities of household refuse incineration clinker. Scorcim® C, developed by Entreprise Jean Lefebvre, is the result of incineration clinker rid of undesirable elements (ferrous or non-ferrous metals, unburnt matter) treated with cement or other hydraulic binders. Its manufacture and application (conventional) on RN 2 involved many tests by the company and the administration; the results confirm the new field of application for this type of ecological, low-cost material.**

## RESUMEN ESPAÑOL

**Escorias revalorizadas : primera aplicación en subbase en la carretera nacional RN 2**

*F. Marchal, G. Thomin e I. Drouadaine*

**El arena cemento proyectado para la subbase se ha sustituido por el producto Scorcim, C en las obras de la carretera nacional RN 2 (acondicionada en 2 x 2 canales de tráfico sobre 2 100 m). Una primicia al tratarse de un pavimento que soporta un tráfico elevado, que viene a ampliar los ámbitos de empleo de materiales procedentes de la revalorización de las escorias derivadas de la incineración de residuos domésticos (MIOM). El Scorcim, C, diseñado por Entreprise Jean Lefebvre, procede de MIOM en que se han eliminado los elementos indeseables (metales ferrosos o no, residuos de combustión) tratados mediante aglomerantes hidráulicos. Su fabricación y su implementación (convencional) en la carretera RN 2 han sido objeto de numerosos controles y ensayos por parte de la empresa y de la Administración. Los resultados han venido a confirmar el nuevo campo de utilización de este material ecológico y económico.**



# Europort Vatry

## Une plate-forme multimodale dédiée au fret au cœur de la Marne

**Europort Vatry est une plate-forme trimodale (air, fer, route) d'envergure européenne et internationale, exclusivement dédiée au fret. Cette plate-forme qui se déploie sur près de 2000 hectares présente une zone aéroportuaire articulée autour d'une piste de 3 860 m, et une zone terrestre comprenant une réserve foncière de 920 hectares pour la construction d'une ZAC.**

**Pour réaliser en moins de 2 ans ce chantier monumental, d'importants moyens matériels ont été mobilisés. La réalisation de ces différents marchés de travaux de ce chantier ont présenté différentes originalités techniques, basées essentiellement sur la réutilisation des matériaux du site tels que la craie, la graveluche, et les bétons de démolition.**

### ■ PRÉSENTATION DU SITE

Point d'interface entre les différents modes de transports, l'un des grands atouts de l'Europort est d'être situé au cœur de l'économie de l'Europe du Nord. A 150 km de Paris, en Champagne, il se trouve à proximité de deux grands axes autoroutiers : un axe nord-sud reliant l'Angleterre (via le tunnel sous la Manche) à l'Europe du Sud (Italie, Espagne), et un axe est-ouest reliant la France à l'Allemagne, au Benelux et à la Suisse. Europort Vatry est directement connecté au réseau routier et autoroutier (A26 et A4). Il permet en outre le développement de plusieurs activités :

- ◆ fret aérien "tout cargo";
- ◆ fret "express";
- ◆ activités liées au transport terrestre et à la logistique;
- ◆ activités industrielles et commerciales;
- ◆ centres européens de distribution.

Ce projet aura nécessité un chantier de 30 mois : terrassement, construction des infrastructures primaires, construction de la tour de contrôle et des bâtiments aéroportuaires, mise en place des équipements d'aide à la navigation aérienne. Réalisé grâce à la mobilisation de nombreuses entreprises, le budget global de travaux s'élève à environ 600 millions de francs TTC.

### La zone aéroportuaire

Spécialisée dans le traitement des marchandises, dotée d'une aire d'installation capable d'accueillir les plus gros porteurs, la plate-forme aéroportuaire d'Europort Vatry est articulée autour d'une piste de 3 860 m.

Les caractéristiques actuelles sont les suivantes :

- ◆ une piste de 3 860 m<sup>2</sup>;
- ◆ une première aérogare publique de 4 500 m<sup>2</sup>;
- ◆ entrepôts logistiques;
- ◆ un parking avions tout cargo;



© Photo Screg Est

### Les finisseurs sur la piste Pavers on runway

- ◆ service 24 heures/24.
- Les objectifs à terme sont :
- ◆ mouvements aériens/an : 30 000;
  - ◆ parking avions tout cargo : trois postes de quatre avions;
  - ◆ parking avion fret express : 40 hectares;
  - ◆ fret aérien/an : 600 000 t;
  - ◆ fret terrestre routier/an : 2,8 millions de tonnes;
  - ◆ fret ferroviaire/an : 1 million de tonnes;
  - ◆ entrepôts logistiques : 2 000 000 m<sup>2</sup>.

### La zone terrestre

Cette zone est destinée au fret terrestre (routier et ferroviaire). Constituée d'un centre de distribution logistique et d'une zone d'affaires et de services, elle a pour vocation d'accueillir les entreprises. Elle comprend :

- ◆ un secteur entrepôts avec unités de 5 000 à 45 000 m<sup>2</sup>;
- ◆ un secteur dédié aux services aux entreprises;
- ◆ un secteur logistique embranché fer;
- ◆ une "base vie" comprenant bureaux, hôtels et services.

**Jean-Pierre Guerin**  
DIRECTEUR CHAMPAGNE ARDENNE  
Screg Est

**Benoît Bolot**  
CADRE TECHNIQUE  
Screg Est

### LES PRINCIPAUX OPÉRATEURS D'EUROPORT VATRY

- Le Conseil général de la Marne qui assure la maîtrise d'ouvrage.
- La SEM Europort Vatry (Société d'économie mixte). Créée en 1992 par le Département (le Conseil général de la Marne détient 51 % du capital), la SEM

Europort Vatry a pour objectif de mener à bien la réalisation d'Europort Vatry.

Ses missions : maîtrise du foncier, aménagement et commercialisation des ZAC, réalisation des infrastructures et promotion du site.

La SEM exerce ses missions dans le cadre d'une concession d'aménagement de ZAC, d'un mandat foncier et d'un mandat d'études, de travaux et de promotion.

- La SEVE (Société d'exploitation de Vatry Europort). Ses

missions : assurer l'exploitation, la gestion et le développement de la zone aéroportuaire. La SEVE est liée au Conseil général par un contrat de délégation de service public pour une durée de 20 ans.

**Photo 1**  
Fossés étanches  
avec membrane  
Colétanche  
*Waterproof trenches  
with Colétanche  
membrane*



© Photo Screg Est

► Au total, Europort Vatry met à la disposition des entreprises une ZAC de 265 hectares. Une seconde ZAC de 160 hectares est en cours de création.

## Les implantations d'entreprises

Dans l'immédiat, les objectifs sont fixés à 17 000 t de trafic aérien pour l'année 2000 et 15 hectares de terrains commercialisés par an.

La plate-forme Europort Vatry est entièrement dédiée aux entreprises spécialisées dans le domaine du transport et de la logistique. Parmi les entreprises déjà installées, on trouve :

◆ Air Liquide Welding ;

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

(hors terrassement)

- 500 000 m<sup>3</sup> de déblais
- 300 000 m<sup>3</sup> de remblais
- 25 000 t de graveluche traitée en centrale de malaxage de capacité 600 t/h
- 1,4 millions de m<sup>2</sup> de couches de cure
- 65 000 m<sup>2</sup> d'étanchéité par géo-membrane
- 1,5 km de fossés étanches par la membrane Colétanche
- 8,5 km de bordures coulées en place
- 12 km de canalisations pour les eaux usées et les eaux pluviales
- 50 000 m<sup>2</sup> d'espaces verts
- 265 000 t de grave recomposée humidifiée réalisée en centrale de malaxage de capacité 1 000 t/h
- 265 000 t de grave bitume et enrobés réalisés par deux centrales TSM 25 Senior
- 20 000 m<sup>3</sup> de béton de ciment réalisé par deux centrales à béton

## LES GRANDES ÉTAPES DE RÉALISATION

### 1992

Création de la SEM Europort Vatry

### Octobre 1995

Le Conseil général de la Marne décide de devenir maître d'ouvrage du projet

### 11 février 1997

Autorisation de création d'un aérodrome de catégorie A par arrêté ministériel ; décret de déclaration d'utilité publique

### Automne 1997

Acquisitions de l'emprise ferroviaire et des terrains privés pour la ZAC concertation et procédure du plan d'exposition au bruit

### Mars 1998

Début des travaux de terrassement des chaussées aéronautiques et des infrastructures primaires, travaux d'installation des premiers clients

### 10 juillet 1998

Le Conseil général de la Marne décide de confier l'exploitation de la zone aéroportuaire et le développement commercial de la SEVE, en étroite liaison avec la SAEM

### Août 1998

Premières mise en service des entreprises sur la ZAC : démarrage du Centre européen de distribution d'Air Liquide Welding

### 15 décembre 1998

Démarrage de la plate-forme de distribution JCH et Associés

### Janvier 1999

Début des travaux des bâtiments de la zone publique aéroportuaire

### Mars 1999

Arrêté PEB (Plan d'exposition au bruit)

### Mai 1999

Fin des travaux d'infrastructures (pistes, voiries primaires, lagunes...)

### Juin 1999

Mise en service de la voie ferrée

### Fin été 1999

Livraison de la tour de contrôle et des bâtiments opérationnels

### Janvier 2000

Mise en service commerciale de l'aéroport

◆ JCH et Associés.

Les prochaines installations :

◆ Géodis Logistics ;

◆ Scapest ;

◆ Vetry Poids Lourds Service.

Les négociations en cours :

◆ CCI de Châlons-en-Champagne ;

◆ Les Transports Vertusiens ;

◆ Sogaris ;

◆ Prologis.

## ■ RÉALISATION DES TRAVAUX

### Les quatre opérations principales

Elles comprennent :

◆ chaussées aéronautiques (6 lots) ;

◆ voiries primaires (5 lots) ;

◆ navigation aérienne (5 lots) ;

◆ bâtiments (2 marchés).

Pour les chaussées aéronautiques le lot chaussées rigides a été confié au groupement Screg Est/Wegebo et le lot chaussées souples au groupement Eurovia/SCR/EJL. Pour les voiries primaires, un lot a été confié au groupement Screg Est/Routière Morin/Urano/Sade. Il comprenait :

◆ les terrassements de la voirie primaire et des ouvrages hydrauliques ;

◆ l'assainissement et les réseaux secs ;

◆ les bassins de traitement des eaux ;

◆ les chaussées de la voie primaire.

### Les originalités techniques

Ces marchés de travaux ont profité de différentes originalités techniques, basées essentiellement sur la réutilisation des matériaux du site.

#### Les terrassements

Pour les terrassements, les entreprises ont réutilisé en remblais les craies du site classées R 12 selon la norme NF P 11-300. Ces craies provenaient entre autres des bassins de traitement des eaux.

#### Le respect de la loi sur l'eau

Dans le cadre de la loi sur l'eau, la plate-forme d'Euport Vetry est dotée de sept bassins de traitement qui reçoivent l'ensemble des eaux de ruissellement du site, pour les traiter avant infiltration dans la nappe. Il est à noter que dans ce même esprit, les eaux de ruissellement issues des voiries primaires sont collectées dans des fossés étanchés avec la membrane Colétanche (photo 1). Dans la zone aéroportuaire, la réalisation de ces bassins représente 600 000 m<sup>3</sup> de terrassement, et dans la zone terrestre 500 000 m<sup>3</sup>. Ces ouvrages sont constitués :

◆ d'un premier bassin de rétention étanché par un film en PEHD pris en sandwich entre deux films de



Photo 2  
Bassin  
de rétention  
*Retention  
basin*

© Photo Screg Est

géotextile et recouvert de grave puis de terre végétale (photo 2) ;

◆ d'une station de traitement des eaux ;

◆ d'un second bassin d'infiltration.

En ce qui concerne les eaux usées, celles-ci sont envoyées dans deux lagunes étanches au PEHD de 35 000 m<sup>2</sup>, puis dans une lagune étanche à l'argile pour traitement microbiologique.

#### La chaussée de la voie primaire

La chaussée de la voirie primaire a été réalisée en réutilisant un matériau présent sur le site, la graveluche ; un matériau bien connu sur le plan régional et qui a déjà été utilisé par le passé pour la réalisation de travaux routiers. La graveluche est le produit du fractionnement de la craie sous l'effet des alternances gel/dégel au cours des périodes glaciaires. Sa granularité est comprise entre 0/5 et 0/10 mm ; associée à un liant routier, le mélange permet d'obtenir un sable traité performant non gélif.

Cette formule a été retenue dans le cadre de la variante technique de chaussée présentée par le groupement.

Sur une arase AR2 en craie (EV2 > 50 MPa), a été réalisée une couche de forme structurante de classe PF4 en graveluche traitée en centrale à 6 % de liant routier Ligex 2R sur une épaisseur de 65 cm. Ce traitement a permis d'obtenir au minimum une classe mécanique 5. Il est à noter que l'épaisseur de cette couche de forme a été déterminée en fonction de la tenue au gel de la chaussée alors qu'une épaisseur de 45 cm aurait pu suffire. La mise en œuvre a été effectuée par réalisation en tiroir de 35 et 30 cm de façon à obtenir un bon niveau de densification.

Les couches de base et de fondation ont été réalisées en enrobé à module élevé 0/14 classe 2 conforme à la norme NF P 98-140 (deux couches de 7 cm). Il s'agit du produit Compomodule H au liant bitumineux dur spécial présentant une excellente tenue à l'orniérage et une bonne tenue en fatigue (photo 3). Les granulats utilisés sont des



© Photo Screg Est

Photo 3  
Voirie primaire  
en Compomodule H  
*Primary roadway  
in Compomodule H*



**Photo 4**  
**Mise en œuvre**  
**de BB aéronautique**  
**sur la piste**

*Application of bituminous  
 concrete on runway*



© Photo Screg Est

### **Les chaussées souples aéronautiques**

Celles-ci concernent la piste proprement dit et les taxiways. La structure de la piste existante ayant été conservée sur sa partie centrale (1800 m), les travaux de chaussée ont porté sur son agrandissement en longueur et en largeur (création de bandes anti-souffle). La longueur totale de la piste a ainsi été portée à 3860 m.

En ce qui concerne les taxiways, les anciennes chaussées en béton ont été concassées pour produire une grave 0/31.5. Corrigé avec un sable alluvionnaire afin d'obtenir une courbe granulométrique conforme à la norme NF P 98-129, ce produit a ensuite été employé pour la réalisation de l'assise en GNT des bandes anti-souffle de part et d'autre de la piste.

La structure de chaussée mise en œuvre sur la piste et les taxiways a également fait appel à la réutilisation de la graveluche du site. Sur une arase AR2 en craie (EV2 > 50 MPa), a été réalisée une couche de forme de 35 cm d'épaisseur en graveluche traitée en centrale à 6 % de liant routier.

La couche de fondation a été exécutée en GNT 0/20 de type B (GRH) et était conforme à la norme NF P 98-129. Les granulats provenaient des calcaires de la région de Saint-Dizier (Haute-Marne) et des alluvions silico-calcaires de la région de Brienne-le-Château. La mise en œuvre a été effectuée par des pousseurs et niveleuses, ces dernières équipées de guidage laser.

La couche de base, constituée de deux couches de 7 cm d'épaisseur de grave bitume 0/14 classe 2 est conforme à la norme NF P 98-138. Le liant utilisé est un bitume 50/70. Les granulats sont des alluvions silico-calcaires de la région de Brienne-le-Château. La mise en œuvre a été effectuée par deux finisseurs équipés de poutre et un alimentateur.

La couche de roulement réalisée en béton bitumineux aéronautique continu 0/10 répond à la norme NF P 98-131, et le liant est un bitume 50/70. Pour les granulats, le sable provenait des ballastières d'alluvions silico-calcaires de la région de Brienne-le-Château, et les gravillons de la carrière de Trapp à Raon l'Etape. La mise en œuvre a été effectuée par deux finisseurs en 7,5 m de large équipés de poutres et servis par deux alimentateurs (photo 4).

Il est à noter que sur l'ancienne piste conservée, ont été effectués un fraisage partiel et un reprofilage guidé sur fil en grave bitume avant la mise en œuvre de la couche de roulement.

### **Les chaussées rigides aéronautiques**

Les chaussées rigides aéronautiques concernent les aires de stationnement gros porteurs et de dégivrage. Ces chaussées rigides sont constituées de 32 cm de béton BC6, 15 cm de béton maigre sur une plate-forme PF3 en graveluche traitée. Les dalles de la couche de roulement, de dimensions

**Photo 5**  
**Mise en œuvre**  
**du béton de roulement**  
**sur l'aire de stationnement**  
**gros porteurs**

*Application of wearing-course  
 concrete on jumbo jet  
 parking area*



© Photo Screg Est

**Centrale de noir**  
**TSM 25**

*TSM 25 asphalt  
 mixing plant*



© Photo Screg Est

▶ alluvions silico-calcaires de Brienne-le-Château (Aube) et de Matignicourt (Marne).

La couche de roulement a été réalisée en béton bitumineux à module élevé 0/10 conforme à la norme NF P 98-141. Il s'agit du produit Compolastic au bitume polymère Bitulastic EC présentant à la fois une grande résistance à l'orniérage et une bonne tenue en fatigue. Ce produit est particulièrement adapté aux contraintes spécifiques de type zone industrielle avec giratoires. Les granulats utilisés sont du sable silico-calcaire de Brienne-le-Château et des gravillons Trapp de Raon l'Etape (Vosges).



© Photo Screg Est

**Vue aérienne du site**  
**Aerial view of site**

7 m x 7 m, ont été posées sur une membrane bitumineuse. Elles ont ensuite été goujonnées par des aciers de diamètre 32. Des joints de dilatation transversaux ont été disposés tous les 49 m.

Pour la confection de ces deux types de béton, des gravillons calcaires de la région de Saint-Dizier, et un sable silico-calcaire de la région de Romilly-sur-Seine corrigé par apport de Sablon ont été employés.

Le béton maigre présente une courbe granulométrique assez sableuse, et a été produit avec 180 kg/m<sup>3</sup> de CPJ CEM III 32.5.

Le béton BC6 de roulement présente une courbe granulométrique plus grenue et un dosage en CPJ CEM III 32.5 de 350 kg/m<sup>3</sup>. Sa surface a été traitée par striage (photo 5).

## Bibliographie

RGRA n° 750, avril 1997, pages 12 à 14.

## ABSTRACT

**Europort Vatry.**  
**A multimodal platform**  
**dedicated to freight in the**  
**heart of the Marne region**

*J.-P. Guerin, B. Bolot*

**Europort Vatry is a tri-modal (air, rail, road) platform of European and international scope dedicated exclusively to freight. This platform, which extends over almost 2,000 hectares, offers an airport zone designed around a 3,860-metre runway, and a land zone comprising a reserve of 920 hectares for the construction of a business activity zone.**

**To complete this monumental project in less than 2 years, significant equipment resources were mobilised. The award of these different works contracts for the project was characterised by original technical aspects based essentially on the re-use of site materials such as chalk, gravel, and demolition concrete.**

## RESUMEN ESPAÑOL

**Europort Vatry. Plataforma multimodal dedicada a las operaciones de carga de mercancías, en pleno centro del departamento del Marne**

*J.-P. Guerin, B. Bolot*

**Europort Vatry constituye una plataforma trimodal (fletes aéreos, por ferrocarril o por carretera) de envergadura europea e internacional exclusivamente dedicada a las operaciones de carga de mercancías. Esta plataforma, que se extiende sobre cerca de 2000 hectáreas, presenta una zona aeroportuaria, articulada sobre una pista de 3860 metros y una zona terrestre, que incluye una reserva de terrenos de 920 hectáreas para la construcción de una Zona de Actividades (ZAC). Para ejecutar en menos de dos años estas obras monumentales, se han utilizado importantes medios materiales. Para la ejecución de estos distintos contratos de trabajos de estas instalaciones se han aplicado diversos procedimientos técnicos originales, fundados principalmente en la reutilización de los materiales del propio emplazamiento como, por ejemplo, creta, pedregal y hormigones procedentes de derribos.**



# Réseaux

## Transeuropéens de transport

**Un rapport sur l'avancement de la construction des 14 Projets Prioritaires de Réseaux Transeuropéens de Transport au 31/12/98 vient d'être publié par la FIEC. Si certains projets progressent de manière satisfaisante, d'autres souffrent de retards importants. La construction de la totalité de ces 14 projets ne devrait pas être terminée avant 2020 alors que les Etats membres avaient pris la décision en 1994 de les achever en 2010.**

### **45,9 % du montant total des projets était financé en 1998**

Le financement de ce projets reste l'obstacle majeur. Seulement 45,9 % de ces projets sont financés contre 39,8 % à la fin de 1997.

Le taux annuel de progression est de 5 % du budget total estimé pour les 14 projets. A la fin de l'année 1999, moins de 25 % du total des projets devrait être réalisé, ce qui correspond à 24-25 milliards d'Euros alors que 40 % du total des projets aurait dû être réalisé. Selon les résultats de l'enquête de la FIEC, le montant des travaux qui doivent être lancés après 2000 s'élève environ a 55 milliards d'Euros .

Le niveau d'avancement du financement des projets présente de fortes disparités :

- \* quatre projets seulement sont financés à 100 % et un projet est financé à plus de 95 % ;
- \* pour deux projets, le financement est compris entre 60 et 80 %,
- \* pour deux projets, le financement se situe entre 40 et 50 % et pour un projet, il est légèrement supérieur à 30 %
- \* quatre projets sont financés à moins de 25 % dont deux projets à moins de 10 %

La construction des projets est faiblement avancée :

- \* deux projets sont quasiment achevé et un projet est réalisé à plus de 65 %,
- \* trois projets se situent à un niveau de réalisation compris entre 25 et 35 %,
- \* cinq projets se situent à un niveau de réalisation compris entre 15 et 25 %
- \* pour trois projets, la construction réalisée correspond à moins de 4 % de l'infrastructure totale prévue.

### **Décalage entre financement et avancement de la construction**

La part des travaux réalisés ne correspond pas toujours au niveau d'avancement du financement. Ainsi, 100 % du projet de la ligne de Betuwe était financée en 1998 alors que seulement 15,5% des travaux étaient réalisés.

Le projet qui connaît le retard le plus important au niveau du financement et de la réalisation est le TGV Lyon-Turin (HST France-Italie)

### **4,9% du total des travaux des RTE réalisé en 1998 contre 4,6 % en 1997**

En 1998, dans l'ensemble, les projets ont davantage progressé qu'en 1997. La construction du lien fixe de l'Oresund et celle de l'aéroport de Malpensa se sont accélérées en 1998. Les travaux de voies ferrées en Irlande sont sur le point de s'achever. Les travaux de construction de la ligne de la Betuwe et ceux du corridor routier Irlande-Royaume-Uni ont été plus importantes en 1998 qu'en 1997.

En revanche, le construction du PBKAL et celle des autoroutes grecques à moins progressé en 1998 qu'en 1997. Le montant des travaux sur les chantiers des trains à grande vitesse Est, Sud et France-Italie reste très faible en 1998.

Selon les projets, la part des différents financeurs dans les montants déjà financés varie fortement. Chaque projet est un cas particulier.

<b>Avancement par projet</b>			
<b>Au 31/12/98</b>			
<b>N°</b>	<b>Projets</b>	<b>% construit</b>	<b>% financé</b>
<b>9</b>	<b>Lien ferroviaire Irlandais</b>	<b>98,3%</b>	<b>100,0%</b>
<b>11</b>	<b>Oresund</b>	<b>90,5%</b>	<b>100,0%</b>
<b>10</b>	<b>Aéroport de Malpensa</b>	<b>67,6%</b>	<b>100,0%</b>
<b>12</b>	<b>Triangle nordique</b>	<b>35,3%</b>	<b>40,1%</b>
<b>13</b>	<b>Corridor routier Irlande-Royaume-Uni</b>	<b>26,0%</b>	<b>50,0%</b>
<b>2</b>	<b>PBKAL</b>	<b>25,4%</b>	<b>95,2%</b>
<b>8</b>	<b>Lien multimodal Espagne-Portugal</b>	<b>23,1%</b>	<b>23,1%</b>
<b>1</b>	<b>HST Nord-Sud</b>	<b>17,7%</b>	<b>32,6%</b>
<b>14</b>	<b>Ligne ferroviaire de la côte ouest britannique</b>	<b>17,6%</b>	<b>17,6%</b>
<b>7</b>	<b>Autoroutes grecques</b>	<b>17,5%</b>	<b>76,6%</b>
<b>5</b>	<b>Ligne de la Betuwe</b>	<b>15,5%</b>	<b>100,0%</b>
<b>3</b>	<b>HST Sud</b>	<b>3,9%</b>	<b>8,2%</b>
<b>4</b>	<b>HST Est</b>	<b>1,1%</b>	<b>64,4%</b>
<b>6</b>	<b>HST France-Italie</b>	<b>1,1%</b>	<b>1,4%</b>
<b>Total 14 projets</b>		<b>18,7%</b>	<b>46,2%</b>

Dans l'ensemble, le gouvernement et les autorités publiques ont concouru à 59,3 % des montants déjà financés. Les prêts représentent 28,1 % , les fonds européens contribuent à 5,4 % et les propriétaires à 5,3 %. La ligne budgétaire de l'union Européenne allouée aux RTE représente 1,8% des montants financés.

**La France, premier pays pour l'importance des projets à financer**

La France est le pays qui a le montant le plus important (14 102 millions d'euros) à financer pour la réalisation des RTE.

<b>Comparaisons de l'évolution des RTE entre 1997 et 1998</b> (au 31/12/98)							
en millions d'Euros							
N°	Projets	1997			1998		
		Réalisé au 31/12/97	Réalisé durant l'année 97	% du total réalisé en 97	Réalisé au 31/12/98	Réalisé durant l'année 98	% du total réalisé en 98
1	HST Nord-Sud <sup>(*)</sup>	1792	290	2,0%	2384	592	4,4%
2	PBKAL	3711	1116	6,9%	4636	925	5,1%
3	HST Sud <sup>(*)</sup>	266	180	1,4%	548	282	2,0%
4	HST Est <sup>(*)</sup>	47	28	0,5%	52	5	0,1%
5	Ligne de la Betuwe	366	246	6,0%	660	294	6,9%
6	HST France-Italie <sup>(*)</sup>	190	35	0,2%	207	17	0,1%
7	Autoroutes grecques	1215	477	7,5%	1239	24	0,3%
8	Lien multimodal Espagne-Portugal	170	62	5,6%	253	83	7,6%
9	Lien ferroviaire irlandais	328	165	46,2%	351	23	6,4%
10	Aéroport de Malpensa	473	113	10,3%	696	223	21,7%
11	ORESUND	1775	829	24,7%	3295	1520	41,7%
12	Triangle nordique	2956	676	6,7%	3522	566	5,7%
13	Corridor routier Irlande-Royaume-Uni	639	119	3,3%	945	306	8,4%
14	Ligne ferroviaire de la côte ouest britannique	287	237	7,9%	553	266	8,5%
<b>Total 14 projets prioritaires</b>		<b>14215</b>	<b>4573</b>	<b>4,6%</b>	<b>19 341</b>	<b>5126</b>	<b>4,9%</b>

(\*) High Speed Train



En effet, trois projets dont les montants sont très élevés se situent, pour partie, sur le territoire français : HST Est, HST France-Italie, HST Sud et PBKAL. En 1998, La France n'a financé que 21,2% de ses projets.

Avec le HST France-Italie et l'aéroport de Malpensa, l'Italie est le deuxième pays pour le montant des financements à accorder (13 335 millions d'euros). Seulement 12,7% des projets étaient financés en 1998.

### **Plus de 65% des projets financés en Allemagne**

En Allemagne, 65,1% du montant des projets étaient déjà financés en 1998, ce qui représente 7 963 millions d'euros. En effet, une part importante du HST Est, le tiers du HST Nord-Sud et le quasi totalité du PBKAL sont financés.

### **Plus de 69% des projets financés au Royaume-Uni**

Au Royaume-Uni, 69,8% des projets étaient financés en 1998, ce qui correspond à 7 987 millions d'euros. Il s'agit du financement d'une ligne à grande vitesse Londres-tunnel sous le Manche, d'une partie de celui du lien ferroviaire

irlandais, de celui de la ligne ferroviaire de la côte ouest britannique et du corridor routier Irlande-Royaume-Uni.

Aux Pays-Bas, 89,7% des projets étaient financés en 1998, ce qui représente 7 419 millions d'euros. Ainsi, la ligne de la Betuwe est entièrement financée et PBKAL est en voie d'achèvement.

En Suède, 44,9% des projets étaient financés à 100% mais moins de moitié du triangle nordique, projet auquel la Suède participe, est financé.

En Grèce, 76,6% des projets (autoroutes) étaient financés en 1998, ce qui représente 5 412 millions d'euros. Plus de 64% de ces montants déjà financés proviennent de fonds européens et de prêts.

En Autriche, seulement 8,9% des projets étaient financés en 1998. Le HST Sud dont une partie se situe en Autriche figure parmi les projets les moins avancés.

### **100% des projets financés en Belgique et au Danemark**

En Belgique, 100% des projets (PBKAL) étaient financés en 1998. Au Danemark, le projet (Oresund)

était aussi totalement financé en 1998.

En Finlande, 55% des projets étaient financés (2 004 millions d'euros en 1998. En effet, moins de la moitié du triangle nordique, à la construction duquel la Finlande participe, est financée.

En Irlande, 47,1% des projets étaient financés en 1998 (838 millions d'euros). Ils correspondent à la construction du lien ferroviaire irlandais (357 millions d'euros totalement financés) et à la participation de ce pays à la réalisation du corridor routier Irlande-Irlande-Royaume-Uni.

### **Faibles montants financés aux Portugal et au Luxembourg**

Au Portugal, seulement 8,5% des projets étaient financés en 1998 (46 millions d'euros). Ils s'agit d'une partie de la construction du lien multimodal Espagne-Portugal.

Le Luxembourg est le pays dont la participation à la réalisation des RTE (PBKAL) est la plus faible et où seulement 2,5% des projets étaient financés en 1998 (1 million d'euros).

(Source FNTP)

<b>Financement des 14 projets prioritaires</b>														
(au 31/12/98)														
en millions d'Euros					Répartition des montants financés									
N°	Projets	Montant total	Montant financé	Reste à financer	Propriétaire		Gouvernement et autorité publique		Fonds Européens		Ligne budgétaire de l'UE allouée aux RTE		Prêts	
					Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part
1	HST Nord-Sud	13463	4387	9076	40	0,9%	3832	87%	0	0,0%	141	3,2%	374	8,5%
2	PBKAL	18260	17376	884	0	0,0%	10847	62%	0	0,0%	234	1,3%	6295	36,2%
3	HST Sud	14026	1146	12880	7	0,6%	556	49%	552	48,2%	31	2,7%	0	0,0%
4	HST Est	4813	3098	1715	948	30,6%	1980	64%	0	0,0%	51	1,6%	119	3,8%
5	Ligne de la Betuwe	4250	4250	0	0	0,0%	4208	99%	0	0,0%	42	1,0%	0	0,0%
6	HST France-Italie	18860	266	18594	12	4,5%	171	64%	0	0,0%	83	31,2%	0	0,0%
7	Autoroutes grecques	7064	5412	1652	251	4,6%	1628	30%	1683	31,1%	35	0,0%	1815	33,5%
8	Lien multimodal Espagne-Portugal	1095	253	842	0	0,0%	232	92%	0	0,0%	21	8,3%	0	0,0%
9	Lien ferroviaire irlandais	357	357	0	90	25,2%	45	13%	178	49,9%	0	0,0%	44	12,3%
10	Aéroport de Malpensa	1030	1030	0	378	36,7%	429	42%	0	0,0%	16	1,6%	207	20,1%
11	Oresund	3642	3642	0	299	8,2%	1115	31%	0	0,0%	98	2,7%	2130	58,5%
12	Triangle nordique	9965	3998	5967	0	0,0%	2132	53%	0	0,0%	65	1,6%	1801	45,0%
13	Corridor routier Irlande Royaume-Uni	3629	1815	1814	0	0,0%	1038	57%	168	9,3%	9	0,5%	600	33,1%
14	Ligne ferroviaire de la côte ouest britannique	3140	553	2587	518	93,7%	0	0%	0	0,0%	35	6,3%	0	0,0%
<b>Total 14 projets</b>		<b>103594</b>	<b>47583</b>	<b>56011</b>	<b>2543</b>	<b>5,3%</b>	<b>28213</b>	<b>59,3%</b>	<b>2581</b>	<b>5,4%</b>	<b>861</b>	<b>1,8%</b>	<b>13385</b>	<b>28,1%</b>

## Financement des 14 projets prioritaires par pays

(au 31/12/98)

en millions d'Euros				Répartition des montants financés										
Pays	Montant total	Montant financé		Reste à financer	Propriétaire		Gouvernement et autorité publique		Fonds européens		Ligne budgétaire de l'UE allouée aux RTE		Prêts	
		Montant	en % du total		Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part	Montant	Part
<b>France</b>	<b>14102</b>	<b>2983</b>	<b>21,2%</b>	<b>11119</b>	<b>750</b>	<b>25,1%</b>	<b>2030</b>	<b>68,4%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>77</b>	<b>2,6%</b>	<b>117</b>	<b>3,9%</b>
<b>Italie</b>	<b>13335</b>	<b>1689</b>	<b>12,7%</b>	<b>11646</b>	<b>378</b>	<b>22,4%</b>	<b>1021</b>	<b>60,4%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>83</b>	<b>4,9%</b>	<b>207</b>	<b>12,3%</b>
<b>Allemagne</b>	<b>12241</b>	<b>7963</b>	<b>65,1%</b>	<b>4278</b>	<b>214</b>	<b>2,7%</b>	<b>7585</b>	<b>95,3%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>95</b>	<b>1,2%</b>	<b>69</b>	<b>0,9%</b>
<b>Espagne</b>	<b>11967</b>	<b>1333</b>	<b>11,1%</b>	<b>10634</b>	<b>2</b>	<b>0,2%</b>	<b>747</b>	<b>56,0%</b>	<b>552</b>	<b>41,4%</b>	<b>32</b>	<b>2,4%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>
<b>Royaume-Uni</b>	<b>11448</b>	<b>7987</b>	<b>69,8%</b>	<b>3461</b>	<b>597</b>	<b>7,5%</b>	<b>2591</b>	<b>32,4%</b>	<b>15</b>	<b>0,2%</b>	<b>79</b>	<b>1,0%</b>	<b>4705</b>	<b>58,9%</b>
<b>Pays-Bas</b>	<b>8270</b>	<b>7419</b>	<b>89,7%</b>	<b>851</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>7329</b>	<b>98,8%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>90</b>	<b>1,2%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>
<b>Suède</b>	<b>7863</b>	<b>3534</b>	<b>44,9%</b>	<b>4329</b>	<b>149</b>	<b>4,2%</b>	<b>1364</b>	<b>38,6%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>77</b>	<b>2,2%</b>	<b>1944</b>	<b>55,0%</b>
<b>Grèce</b>	<b>7064</b>	<b>5412</b>	<b>76,6%</b>	<b>1652</b>	<b>251</b>	<b>4,6%</b>	<b>1628</b>	<b>30,1%</b>	<b>1683</b>	<b>31,1%</b>	<b>35</b>	<b>0,6%</b>	<b>1815</b>	<b>33,5%</b>
<b>Autriche</b>	<b>5410</b>	<b>482</b>	<b>8,9%</b>	<b>4928</b>	<b>40</b>	<b>8,3%</b>	<b>42</b>	<b>8,7%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>81</b>	<b>16,8%</b>	<b>319</b>	<b>66,2%</b>
<b>Belgique</b>	<b>3790</b>	<b>3790</b>	<b>100,0%</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>1490</b>	<b>39,3%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>107</b>	<b>2,8%</b>	<b>2193</b>	<b>57,9%</b>
<b>Finlande</b>	<b>3642</b>	<b>2004</b>	<b>55,0%</b>	<b>1638</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>1056</b>	<b>52,7%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>26</b>	<b>1,3%</b>	<b>922</b>	<b>46,0%</b>
<b>Danemark</b>	<b>2102</b>	<b>2102</b>	<b>100,0%</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>7,1%</b>	<b>827</b>	<b>39,3%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>60</b>	<b>2,9%</b>	<b>1065</b>	<b>50,7%</b>
<b>Irlande</b>	<b>1778</b>	<b>838</b>	<b>47,1%</b>	<b>940</b>	<b>11</b>	<b>1,3%</b>	<b>458</b>	<b>54,7%</b>	<b>331</b>	<b>39,5%</b>	<b>9</b>	<b>1,1%</b>	<b>29</b>	<b>3,5%</b>
<b>Portugal</b>	<b>542</b>	<b>46</b>	<b>8,5%</b>	<b>496</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>36</b>	<b>78,3%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>10</b>	<b>21,7%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>
<b>Luxembourg</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>2,5%</b>	<b>39</b>	<b>1</b>	<b>100,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>
<b>Total 14 projets prioritaires</b>	<b>103 594</b>	<b>47 583</b>	<b>45,9%</b>	<b>56 011</b>	<b>2 543</b>	<b>5,3%</b>	<b>28 213</b>	<b>59,3%</b>	<b>2 581</b>	<b>5,4%</b>	<b>861</b>	<b>1,8%</b>	<b>13 385</b>	<b>28,1%</b>