

Revue Générale des Routes

VOIRIE ▶ ÉQUIPEMENTS ▶ AUTOROUTES ▶ AÉROPORTS



Dossier Le béton au quotidien | **Agrégats d'enrobés** Liants et chantiers départementaux |
Série Comportement et étude des graves-émulsion (3/11)





Jean-Louis MARCHAND
Président
RGRA



Anticiper des exigences croissantes

La fin d'année est propice à un bilan : l'analyse des sommaires des revues parues depuis le numéro 890, daté de décembre 2010-janvier 2011, illustre la très grande variété des articles publiés, signe de la diversité des problématiques auxquelles les lecteurs de la RGRA se trouvent désormais confrontés.

Les mobilités sont devenues plurielles, tant par les types d'infrastructures que par les véhicules utilisés ou les énergies les propulsant. Les contraintes sont multiples, financières et environnementales. Les attentes sont immenses, en termes de sécurité, de fiabilité, de disponibilité, de multimodalité. Les techniques se complexifient : elles allient historiquement la mécanique, la chimie, la géologie et la géotechnique, mais doivent à présent intégrer les apports des nouvelles technologies d'information et de communication, et de différentes spécialités des sciences humaines, tant les aspects comportementaux déterminent un usage optimal des infrastructures.

Telle est l'ambition de la RGRA, au fil de ses parutions, d'éclairer les acteurs de la communauté des infrastructures routières sur ce foisonnement croissant, et de leur donner des repères pour asseoir leurs décisions sur les informations, les orientations et les développements les plus récents.

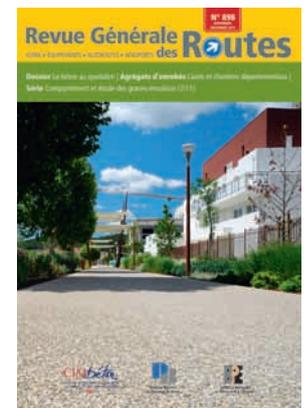
Ce numéro 898 s'inscrit tout à la fois dans cette ambition et dans la tradition de la RGRA, qui conduit à faire annuellement le point sur les techniques liées à l'usage du béton dans les aménagements routiers et urbains. Il contribue à l'« œcuménisme » auquel les entreprises de construction routière sont appelées : elles sont désormais obligées d'offrir une gamme étendue de techniques et de procédés, pour être capables de répondre à des exigences croissantes en matière d'esthétique ou de performance, tout en maîtrisant les coûts associés.

Mais les qualités intrinsèques des produits proposés ne suffisent pas : les entreprises doivent rester vigilantes sur leur capacité à les mettre en œuvre. Maintenir les compétences humaines et les savoir-faire qu'ils requièrent reste la condition *sine qua non* de la qualité et de la durabilité des ouvrages.

Différents articles illustrent la variété des actions menées au titre du développement du recyclage : quelle que soit l'origine des matériaux, des solutions de réutilisation sont proposées. La priorité dorénavant donnée à la préservation des ressources naturelles ou à la diminution des émissions de gaz à effet de serre va offrir à tous de nouvelles opportunités ; elles constitueront un gisement important de sujets récurrents pour les numéros à venir de la RGRA.

2012, à bien des égards et dans de nombreux domaines, sera une année d'évolutions, de changements ou de remises en cause que la RGRA ne manquera pas d'accompagner. A chacun d'entre vous, auteurs ou lecteurs, et à tous ceux qui vous sont chers, j'adresse tous mes vœux pour cette nouvelle année.

Draguignan
Crédit photo CEMEX - Julien Vallé



REVUE GÉNÉRALE DES ROUTES ET DES AÉRODROMES

132, rue de Rivoli – 75001 Paris

Tél. : +33 (0) 1 40 73 80 00

Fax : +33 (0) 1 49 52 01 80

Abonnement

(11 numéros dont 2 European Roads Review)

France : 250 € • Etranger : 260 €

Vente au numéro

Le numéro courant : 26 €

Le numéro hors-série : 35 €

Présidents d'honneur

François Bonis Charandé

Yves Ghiron

Directeur de la publication

Président

Jean-Louis Marchand

jlmarchand@editions-rgra.com

Directeur des rédactions

Rédacteur en chef

Marie-Françoise Ossola

mfossola@editions-rgra.com

Chef de rubrique

Françoise Marmier

fmarmier@editions-rgra.com

Comité de pilotage

G. Beurier/AITF, J.-P. Christory

M. Courbot/AITF, J.-L. Gautier/Colas,

B. Héritier/Eiffage Travaux Publics,

E. Layerle/Eurovia, J.-M. Masson, J.-L. Perrot

Publicité et ventes

Emmanuelle Hammaoui

ehammaoui@editions-rgra.com

Tél. : 01 40 73 80 07

Traduction anglaise

Lester John Estremera

Maquette

REDLINE Tél. : 01 41 14 01 80

Réalisation

Pinkart Ltd

Tél. : +(230) 466 0001

Commission paritaire n° 0116780258

Imprimerie Chirat

744 rue de Sainte-Colombe

42540 Saint-Just-la-Pendue

Tél. : 04 77 63 25 44 - Fax : 04 77 63 50 13

Dépôt légal • décembre 2011

ISSN 1290-256X

INDEX DES ANNONCEURS

BP 4^e DE COUV.

CIMBETON SNPB SNBPE 1^e DE COUV. ET 54

COLAS 100

EUROVIA 5 ET 7

EURASPHALT & EUROBITUME 35

FNTF 2^e DE COUV.

LAFARGE CIMENT 3^e DE COUV.

PRO BTP 25

SACER 115

SECMAR 17

SHELL BITUMES 99

SPECBEA 36

VIA-PONTIS 84

ENCART ABONNEMENT

ENTRE LES PAGES 31 ET 32



Les articles figurant au sommaire de la Revue générale des routes sont publiés sous l'entière responsabilité de leurs auteurs. Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France ou étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (Copyright by RGRA). Ouvrage protégé; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

38

Dossier

Le béton
au quotidien

Concrete day by day



61



76

1

Editorial

Anticiper des exigences
croissantes

Jean-Louis Marchand
Président

Actualité générale

Françoise Marmier

4

Les hommes

Au DLR : ces femmes qui font des métiers
d'hommes

8

Focus PPP

Les rencontres internationales
des partenariats public-privé

J.-L. Perrot

12

International

Union pour la Méditerranée

16

Agenda

18

Bibliographie



Routes&Services

20

Assemblée générale ADSTD

Comment prolonger « Le Grenelle » ?

J.-L. Perrot

22

A suivre

26

Événements

Viabilité hivernale dans les transports
Les 15 mesures gouvernementales



30

Faits et chiffres

La BEI finance le tramway d'Ile-de-France

38

Préface

Le béton trace de nouvelles voies
et aménage notre environnement

Concrete offers new prospects
and environmental enhancement

C. Genet

39

Site internet du SPECBEA

SPECBEA internet site

F. Pero

40

Premiers résultats d'une étude
sur le recyclage de granulats
de béton concassé

Initial results of study on crushed concrete
aggregate recycling

Th. Sedran, D.-T. Dao, F. de Larrard

44

SEVE et les ouvrages en béton

SEVE and concrete structures

T. Cornu, M. Dunand, C. Leroy, F. Pero

48

L'enduit hydraulique fibré rainuré (EHFR)

Un matériau prometteur
pour des couches de roulement
à longue durée de vie

Grooved fibre-reinforced cementitious surface
dressing (EHFR)

A promising material for long-life wearing courses

F. de Larrard



55

Partenariat public-privé autoroutier en Pologne

Le choix d'une chaussée en béton

Public-private partnering for motorway in Poland
Choice of a concrete pavement

A. Staebner, J.-P. Marchand

61

Voie ballastée ou voie sans ballast Un sujet d'actualité pertinent pour les acteurs du ferroviaire

Ballasted track or unballasted track
A relevant news subject for railway players

J. Malod-Panisset, J. Abdo

68

Dispositifs routiers de retenue (DRR) Evolution de la normalisation et de la réglementation ; incidences sur les barrières en béton coulé en place

Road restraint systems (RRS)
Evolution of standards and regulations; effect on concrete barriers cast in place

C. Chevalier, F. Pero

71

La résistance du béton en zones logistiques

Concrete strength in logistic zones

S. Horvath, F. Gratessolle

73

Les domaines de prédilection du béton

F. Gratessolle, C. Chevalier, A. Depetrini

76

Tour de France 2011 d'un compagnon bétonnier

C. Chevalier, P. Chifflet, J.-L. Ciceron, C. Genet, H. Grillet, C. Henri, A. Joly, G. Pelissier, O. de Poulpique, A. Depetrini

81

Bétons d'aménagement et décoratifs Résultats du concours 2011

M.-F. Ossola

85

Mobilisation du liant des agrégats d'enrobés (AE) et contribution à la performance des enrobés

Mobilisation of asphalt aggregate binder and contribution to mix performance

X. Carbonneau, F. Lubineau, B. Yvinec

92

Fenixfalt RM : Donner une seconde vie au bitume de nos routes

Fenixfalt RM: a new lease on life for asphalt on our roads

P. Chifflet, V. Larrochette, E. Lopez

Préface

E. Martinez

96

Biocold L'enrobé à haute valeur environnementale

Biocold

Asphalt mix of great environmental value

L. Boulangé, D. Claudel, H. Dumont, S. Perier

101

Comportement et étude des graves-émulsion Coopération public-privé Chantier expérimental de la RD 44 Présentation du site et de son instrumentation

Behaviour and design of grave-emulsion

Public-private cooperation

Ille-et-Vilaine department – RD44 experimental site

Presentation and instrumentation

L. Wendling, D. Guedon, L. Odie, J.-C. Fabre, V. Gaudefroy, J. Siry, J.-M. Balay, A. Millien, C. de La Roche

108

Swift La réparation durable, économique et ergonomique des nids de poule

Swift

Durable, low-cost, ergonomic repair of potholes

J. Bonvallet, Y. Gerbel, F. Marmier

110

Matériel, produits et procédés

F. Marmier

120

Resúmenes

Notre revue en espagnol

■ Mouvements préfectoraux

Ont été nommés préfets :
Région Bourgogne, département de la Côte d'Or : Pascal Mailhos
Finistère : Jean-Jacques Brot
Indre-et-Loire : Jean-François Delage
Hautes-Pyrénées : Jean-Régis Borius
Pyrénées-Orientales : René Bidal

■ DREAL Languedoc-Roussillon

Didier Kruger est nommé directeur régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

■ FRTP Champagne-Ardenne

Hervé Noël a été élu à la présidence de la Fédération régionale des Travaux publics (FRTP).

■ Alsace

René Studli a été élu président de la FRTP.

■ SPRIR Alsace

Thierry Klotz, directeur régional d'Eiffage Travaux Publics Est, a été élu président du Syndicat professionnel régional de l'industrie routière (SPRIR).

■ Poitou-Charentes

François Barenis, directeur de Bellin TP, filiale de l'entreprise Malet, succède à Claude Pochier à la présidence du syndicat.

■ Ville de Rennes

Nicolas Ferrand deviendra au 1^{er} janvier 2012 directeur général de l'aménagement et de l'urbanisme de la ville de Rennes et de la communauté d'agglomération Rennes Métropole.

■ AMF

Lors du Congrès des maires et des collectivités locales, le bureau de l'Assemblée des maires de France (AMF) a réélu à sa présidence Jacques Péliissard, député-maire de Lons-le-Saulnier (Jura), pour un troisième et dernier mandat.

■ CSER

Jean-Luc Nevache, délégué à la sécurité et à la circulation routières, est nommé président du Conseil supérieur de l'éducation routière (CSER).

■ Ademe

François Loos a été nommé membre du conseil d'administration de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) en qualité de représentant de l'Etat. Il remplace Philippe Van de Maele.

OPPBTB Les apprentis et la prévention des risques

Pour la troisième année consécutive, l'Organisme professionnel de prévention du BTP (OPPBTB), en collaboration avec le Comité de concertation et de coordination de l'apprentissage BTP (CCCA-BTP), organise partout en France 450 sessions de sensibilisation aux risques professionnels auprès de 26 000 apprentis du BTP de 1^{re} année.

Cette campagne dans les centres de formation des apprentis (CFA), intitulée 100 minutes pour la vie, s'est déroulée jusqu'au 16 décembre 2011. Y ont été abordés de manière ludique et interactive, les principaux risques liés aux accidents du travail : TMS (troubles musculo-squelettiques), risques routiers et ceux liés à la consommation d'alcool et de drogues. En 2011, pour les CFA TP, le thème chutes de hauteur a été remplacé par le thème ensevelissement lors des travaux de tranchées.

www.100minutespourlavie.fr



Un service Internet sur les conditions de travail et la pénibilité

L'OPPBTB ouvre sur son site Internet un espace dédié aux conditions de travail dans le BTP : www.oppbtb.fr/conditions_de_travail

Cette rubrique accompagne la sortie des nouveaux textes sur la pénibilité. Son objectif : aider les entreprises du BTP à mieux comprendre les attentes réglementaires et décrypter les situations de travail difficiles afin de les améliorer.

Après sa participation active à la conception du site Internet sur les conditions de travail de la direction générale du Travail, l'OPPBTB développe son expertise sur son propre site. L'organisme a transposé aux métiers du BTP toutes les obligations et informations liées aux décrets d'application de la loi de novembre 2011 sur les retraites et la pénibilité.

En effet, la loi impose la prise en compte de la pénibilité dans les évaluations des risques et les plans d'actions des entreprises. Et, d'ici à la fin de l'année, sauf en cas d'accord de branche pour les entreprises de moins de 300 salariés, les entreprises de plus de 50 salariés, dont plus de la moitié des effectifs est exposée à des travaux pénibles, vont devoir conclure un accord ou élaborer un plan d'action pour prévenir les travaux pénibles.

La loi et ses décrets d'application prévoient même plus largement que chaque chef d'entreprise est responsable des conditions de travail de ses collaborateurs.



OPPBTB et PRO BTP s'unissent pour la prévention

L'OPPBTB et PRO BTP s'allient pour renforcer leurs actions au service de tous les professionnels du BTP.

Au travers d'une convention signée le 7 novembre, PRO BTP et l'OPPBTB formalisent leur collaboration sur la publication de messages de prévention de l'OPPBTB dans plusieurs supports de PRO BTP (publications, site Internet, ...). Ainsi, PRO BTP Infos, la revue destinée aux actifs du BTP, accueillera à partir de janvier 2012 une bande dessinée sur la prévention rédigée avec l'OPPBTB.

Sur le terrain, un test est actuellement effectué dans la région Pays de la Loire. Dans le cadre de leurs contacts avec les entreprises, les conseillers de PRO BTP proposent l'offre des services de l'OPPBTB. Le bilan qui sera effectué à la fin de l'année 2011 laissera envisager le déploiement de cette action sur toute la France.

Trophée 2011 Eugène Freyssinet

Le Trophée Eugène Freyssinet a pour objet de récompenser les jeunes constructeurs, ingénieurs ou chercheurs ayant apporté une contribution concrète au développement durable par un progrès dans l'optimisation de la matière, et ayant tiré un meilleur parti des matériaux de construction, à l'image d'Eugène Freyssinet inventant la précontrainte.

Franck Guyon, président de l'association Eugène Freyssinet, Jérôme Stubler, directeur du groupe Freyssinet, et Michel Virlogeux, président du jury, ont remis les prix de l'édition 2011.



Mise en œuvre d'enrobés GB5

Le 1^{er} prix a été décerné à une équipe du département matériaux de l'IFSTTAR, menée par Nicolas Roussel pour le projet « Vers un captage du CO₂ dans les bétons de démolition ».

Le 2^e prix a été attribué à François Olard, Eiffage Travaux Publics, pour le « Projet GB5[®] : optimisation des bétons bitumineux, matériaux composites routiers à hautes performances ».

► RGRA 888, octobre 2010, pp. 54-58

■ Catalogue 2012 des formations qualifiantes en éclairage

Le Centre de formation et de perfectionnement en éclairage (CFPE), géré par la société d'éditions et de formation Lux, publie le catalogue de formation en éclairage pour 2012. Son contenu est élaboré par l'Association française de l'éclairage (AFE). Parce que l'AFE est une association à but non lucratif, composée de 1 000 adhérents apportant chacun un angle de vue à ses actions, et parce que son rôle est de défendre le « juste éclairage » en dehors de toute considération commerciale, la qualification des formations du CFPE prend tout son sens.

Elles s'adressent notamment aux collectivités locales, architectes, fabricants, concepteurs, etc., pour connaître les notions de base de l'éclairage, appréhender l'impact de la lumière, concevoir et réaliser des projets simples ou complexes en éclairage intérieur ou extérieur, connaître la réglementation actuelle et à venir et l'intégrer dans l'élaboration des projets.

Le CFPE propose également des formations « à la carte » qui s'adaptent aux requêtes, même les plus spécifiques, d'une entreprise. Pour un grand nombre d'entre elles, les connaissances acquises par le stagiaire sont validées par un diplôme obtenu après examen. Pour choisir une formation adaptée, les connaissances en éclairage peuvent être testées, grâce à l'*e-learning* de l'AFE.

Le programme 2012 est disponible sur www.afe-eclairage.com.fr/formation.php.

■ Observatoire interministériel de l'accessibilité et de la conception universelle

Philippe Bas prend la présidence de l'Observatoire interministériel de l'accessibilité et de la conception universelle. Il succède au sénateur Sylvie Demarecaux.

Conseiller d'Etat, ministre délégué à la Sécurité sociale, aux personnes âgées, aux personnes handicapées et à la famille entre 2005 et 2007, Philippe Bas est aujourd'hui sénateur de la Manche et vice-président du conseil général de la Manche.

Sétra

Eric Le Guern est nommé chef du Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (Sétra), en remplacement de Philippe Redoulez.

Amine Hamoudi est nommé chargé d'études Granulats et caractéristiques de surface de chaussées. Pascal Rossigny est nommé directeur technique, chef de centre de la Sécurité, de l'Environnement et du Patrimoine (CSEP).

La nouvelle adresse du Sétra

Depuis le 16 décembre 2011, les coordonnées du Sétra sont les suivantes :

110 rue de Paris – BP 214

77487 Sourdun

Tél : 01 60 52 31 31 (standard)

01 60 52 suivi des 4 derniers numéros

du téléphone du site de Bagneux (individuel)

Fax : 01 60 52 31 69

Accidents du travail et maladies professionnelles Le nouveau service « compte AT/MP »

Plus de 100 000 comptes accidents du travail/maladies professionnelles (AT/MP) ont été ouverts depuis la mise en place de ce service sur net-entreprises.fr en avril 2011, dont plus de la moitié par des entreprises de plus de 150 salariés.

Avec le compte AT/MP, les entreprises consultent leurs taux de cotisation notifiés, font le point en temps réel sur les sinistres récemment reconnus affectant leurs futurs taux et disposent des barèmes des coûts moyens de leur secteur d'activité. Ce service est accessible sur net-entreprises.fr.

L'objectif est de donner à l'entreprise, en toute transparence, davantage de détails sur les éléments de calcul des taux précédemment notifiés et de suivre au quotidien l'évolution de sa sinistralité. Une entreprise multi-établissements pourra ainsi tous les suivre à partir d'un seul et même compte.

Plus de deux millions d'entreprises sont déjà inscrites sur le site, qui a enregistré en 2010, 18 millions de télédéclarations.

Pour découvrir le compte AT/MP, une démonstration est en ligne sur www.net-entreprises.fr/demonstrateurs/compte-at-mp/at-mp.htm

Le Meilleur Ouvrier de France en taille de pierre forme les apprentis du CFA de l'Unicem

Le 25 novembre 2011, Arnaud Landroit, formateur au Centre de formation des apprentis (CFA) de l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (UNICEM) de Lacrouzette (Tarn), a reçu des mains du président de la République la médaille du Meilleur Ouvrier de France, en taille de pierre. La cérémonie s'est déroulée au Palais de l'Élysée à Paris.

Cette prestigieuse distinction lui a été décernée pour sa réalisation du sujet imposé : une niche sur plan circulaire. Après plusieurs étapes qualificatives, Arnaud Landroit a dressé les plans et les

gabarits de son projet, puis a réalisé la niche dans son atelier, en près de 400 heures de travail. C'est lors de l'épreuve finale à Clermont-Ferrand qu'il a achevé en 40 h la partie laissée vierge de son œuvre, sous le regard des membres du jury.

Reconnu pour ses compétences de tailleur de pierre et d'artiste depuis de nombreuses années, Arnaud Landroit est formateur à Lacrouzette depuis 1994, dont il est lui-même un ancien apprenti, dans les spécialités taille de pierre ainsi que gravure et polissage de roches.

Au DLR : ces femmes qui font des métiers d'hommes

Créé en 1965, le DLR est la fédération nationale des distributeurs, loueurs et réparateurs de matériels de BTP et manutention. Il regroupe plus de 500 membres.

Les métiers de maintenance de matériels de TP et de manutention ont longtemps souffert d'une image peu attractive et exclusivement masculine, alors qu'ils offrent un large éventail de débouchés professionnels, dans un univers où la valeur humaine est particulièrement appréciée. Ils font par ailleurs appel à de nouveaux savoirs car les matériels intègrent des technologies de pointe nécessitant des connaissances en hydraulique, électronique et informatique, ... Une réelle évolution pour cette activité qui ne se limite plus aux compétences techniques et à la force physique. Les femmes l'ont bien compris : elles sont de plus en plus nombreuses à occuper des postes de dirigeantes, commerciales ou techniciennes dans les entreprises du DLR.

Des compétences élargies

Les entreprises DLR comptent 15 à 16 % de femmes, un chiffre stable depuis 2003, avec une évolution toutefois notable : la proportion occupant un poste administratif diminue nettement en 6 ans (de 80 à 61 %) tandis que leur nombre double dans les services commerciaux (vente et magasin : de 15 à 32 %).

Si à l'atelier et dans les fonctions techniques l'effectif féminin oscille généralement entre 1 et 2 % (à l'exception de l'année 2003 où ce chiffre a atteint 5 %), cette évolution dénote un intérêt croissant des femmes pour les métiers liés au matériel et à sa maintenance : du conseil à la démonstration, de la négociation à la fidélisation, elles élargissent leurs compétences et s'investissent de plus en plus sur le terrain.

Longtemps absentes des bancs et des ateliers des lycées professionnels et centres de formation d'apprentis (CFA), les jeunes filles



Laure Vanrussel, électro-mécanicienne, 25 ans

représentent désormais 1 % des jeunes en formation scolaire ou en alternance dans les diverses sections de CAP, Bac Pro et BTS en maintenance des matériels de travaux publics et de manutention. La licence professionnelle « commerce de matériels de TP et de véhicules industriels » accueille même cette année, pour la première fois depuis sa création par l'IUT de Caen et le lycée Claude Lehec (Manche), 25 % d'étudiantes.

Les rencontres internationales des partenariats public-privé

AUTEUR

Jean-Louis Perrot
Comité de pilotage
RGRA

La 5^e édition des rencontres internationales des partenariats public-privé (PPP), organisée en étroite collaboration avec la Mission d'appui aux partenariats public-privé (MaPPP) et le soutien de l'Institut de la gestion déléguée (IGD), a réuni plus d'un millier plus d'auditeurs, élus et décideurs publics de collectivités territoriales et d'administrations centrales, d'acteurs du monde économique et de représentants de gouvernements ou de membres de délégations étrangères témoins sur la façon de mettre en œuvre les PPP. Deux jours de débats ont été consacrés aux échanges, et retours d'expériences, à l'analyse des ajustements réglementaires de procédure nécessaires et à partager les atouts du PPP français dans la compétition internationale.



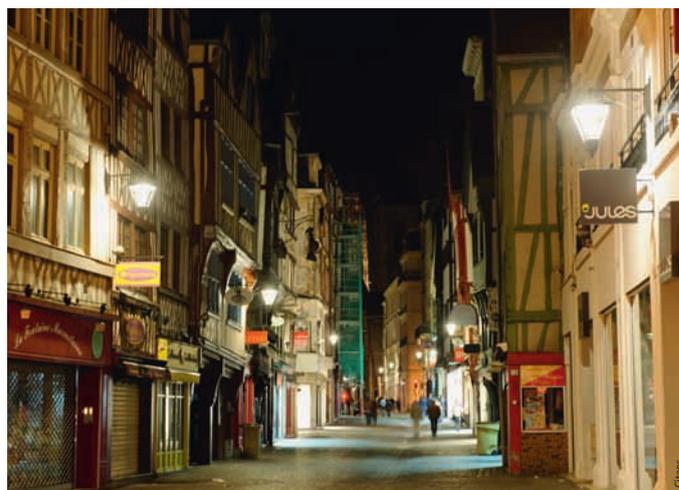
Norscut, une concession de 155 km au Portugal

La France occupe la première position en termes de volume des investissements européens traités sous forme de PPP. Le monde change profondément ; les infrastructures doivent s'adapter à la modernité et le PPP peut être un vecteur de croissance intéressant de ces investissements dans un contexte de raréfaction de financement public. Il est également un outil de croissance pour le monde entier, dont les pays en voie de développement, aussi « *il convient de le valoriser en s'appuyant sur l'effet de vitrine de ce qui se fait en France* » souligne dans son propos d'ouverture des rencontres Marc Teyssier d'Orfeuil, délégué général du Club des PPP, fondateur de Com'Publics.

Bilan et perspectives d'un outil au service des infrastructures publiques

Depuis 2008, 47 contrats de PPP ont été conclus par les collectivités et 15 par l'Etat. Représentant 6 % de la commande publique, le PPP devient un élément déterminant et adapté à une commande publique durable. Réfléchir à la valeur résiduelle d'un investissement sur 25 ou 30 ans est la garantie d'une bonne gestion des deniers publics à l'heure où les liquidités et les financements se font de plus en plus rares. On dispose aujourd'hui d'un cadre législatif stabilisé très complet. Avec 9 à 10 milliards d'euros en stock cumulé de contrats signés, la France est au 1^{er} rang européen parmi les 24 pays sur 27 qui se sont engagés sur la voie du PPP. Au rythme de 20 projets signés par an, le montant moyen des contrats avoisine les 100 millions d'euros et de fait, le marché reste dominé par les projets de petites tailles. Le domaine de la construction concerne 41 % des projets ; dans les travaux publics,

le plus grand nombre porte sur l'éclairage public. Les nouvelles technologies n'occupent pour le moment qu'une place résiduelle.



PPP éclairage public pour la ville de Rouen

53 % des projets respectent strictement le coût initial et dans 91 % des cas, la dérive reste limitée à 3 %. 40 % des projets livrés à temps ont subi pourtant des retards intermédiaires qui ont été résorbés en cours de travaux, ce qui montre la capacité des opérateurs à s'adapter. Plusieurs intervenants soulignent combien l'esprit partenarial à développer entre public et privé est un facteur clé de succès. Sur les 70 PPP signés par les collectivités

territoriales, la moitié l'est par les communes ; une amorce s'opère au niveau des intercommunalités.

Selon Pierre Monzani, préfet de Seine-et-Marne, le PPP s'inscrit dans un paysage qui n'est pas perturbateur. L'Etat a une vieille culture de mariage entre la sphère publique et la sphère privée. Le rôle du préfet est de veiller à ce que l'administration suive le rythme, avec une double mission, « celle de conseil et d'éclairage d'une part, et celle de dialogue avec le privé pour être certain d'être en phase, d'autre part ».

Quatre grands projets sont engagés à ce jour par Réseau Ferré de France (RFF) en PPP pour un montant global de 13 milliards d'euros :

- la LGV Tours/Bordeaux de 6,6 milliards d'euros, dont la mise en service est prévue pour 2019,
- le projet de télécommunication GSM-R signé en février 2010 et livrable entre 2012 et 2015,
- la LGV Le Mans-Rennes pour 3 milliards d'euros, et
- la LGV Nîmes-Montpellier de 1,5 milliard d'euros.

Pour RFF, le PPP est un accélérateur d'investissements publics avec un transfert calculé des risques, une maîtrise des coûts, sans oublier pour autant l'innovation avec les progrès qui en découlent sur les modes constructifs. Pourquoi ne pas étendre le PPP à des projets de rénovation et de régénération du réseau ferré ?

Plessentiel, titulaire du PPP de la voirie et de l'éclairage public du Plessis-Robinson

Plessentiel, société constituée par trois filiales de Colas (Screg Ile-de-France Normandie, Colas Ile-de-France Normandie, Aximum) et ETDE (filiale Energies et Services de Bouygues Construction), a signé avec la Ville du Plessis-Robinson (Hauts-de-Seine) un contrat de partenariat public-privé (PPP) d'une durée de 20 ans portant sur le financement, la rénovation, l'entretien et la maintenance de la voirie et de l'éclairage public d'une partie du territoire de la commune.

Ce contrat est le premier PPP en France qui allie rénovation/entretien de voirie urbaine et éclairage public.



Le parc de la mairie du Plessis-Robinson

Le montant du contrat s'élève à 52 millions d'euros, dont 21 millions d'euros pour les travaux d'investissements initiaux.

Ceux-ci consistent en la rénovation totale de 17 km de voirie, dans la continuité des aménagements existants et le respect de la charte esthétique de la Ville du Plessis-Robinson. Ils incluent l'éclairage public des rues ainsi que des aménagements de voirie visant à améliorer la sécurité et le confort des usagers. Ils seront réalisés dans un délai de 30 mois par un groupement constitué de Screg Ile-de-France Normandie, Colas Ile-de-France Normandie, Aximum et ETDE, en partenariat avec Sorec Ingénierie et Jardin Service. Ils ont démarré fin novembre 2011.

Plessentiel assure également, depuis l'entrée en vigueur du contrat et pour une durée de 20 ans, le renouvellement, l'entretien et la maintenance des ouvrages.



Circulation d'un TGV en Meuse

Jacques Pélissard, président de l'Association des maires de France (AMF), souligne la nécessité de conserver des investissements publics. Pour ce faire, l'Etat a changé d'approche culturelle par rapport aux PPP. Parmi les difficultés à surmonter se posent celles de la liquidité du secteur bancaire de court terme et la mise en place d'un outil gouverné par les collectivités territoriales au travers d'une agence publique de financement des collectivités locales qui serait une solution pérenne à la disparition de Dexia.

Le CPE, outil d'optimisation de la dépense énergétique

Dans la dynamique du Grenelle de l'environnement, l'efficacité énergétique consiste à définir les justes besoins, à consommer moins et mieux. Plusieurs exemples présentés par la ville de Montluçon, le conseil général de La Manche ou par les acteurs du site Balard du ministère de la Défense démontrent que les politiques ont la volonté d'encourager le développement durable et que le PPP leur offre une vision globale en termes d'objectifs et un processus décisionnel très rationnel à partir des trois paramètres précités. L'efficacité énergétique est devenue une réalité incontournable ; elle stimule l'optimisation des usages, l'éclosion de nouvelles technologies et va jusqu'à bouleverser les conceptions architecturales. Le contrat de performance énergétique (CPE) doit se concrétiser par un engagement contractuel simple à partir d'un système complexe à gérer, la déréglementation de l'électricité étant depuis peu un élément supplémentaire de cette complexité.

Le PPP est le contrat attaché à l'éclairage public, un éclairage public qui, avec 9 millions de foyers, représente 40 % de la facture énergétique des communes avec un tiers du patrimoine qui a plus de 30 ans et une consommation double de celle de l'Allemagne. Une rénovation avec pour objectif d'éclairer juste peut se traduire par 30 % d'économie en KW/h.



La ville de Longjumeau a choisi un PPP pour l'éclairage public

Focus Partenariats public-privé

Les services, un enjeu significatif sur la durée de vie d'un PPP

Le premier des services est de répondre aux attentes, aux besoins exprimés ; mais de quels services s'agit-il ? Cela va de la maintenance de bâtiments, le plus répandu, à des services d'accueil, de nettoyage, de gestion du travail de détenus en centres pénitentiaires, de gestion de salles de spectacles, de centres aquatiques, de facturation de transactions sur Internet ou de dématérialisation des ordonnances du ministère de la Justice. Dans un PPP, l'investissement précède la rémunération à la performance et c'est ainsi en premier lieu un contrat de confiance et d'intérêts réciproques.



Le centre hospitalier sud francilien

Toutefois, en contractualisant sur 30 ans, on rigidifie les besoins à la personne sur une longue durée d'où la nécessité à mi-parcours de disposer de mécanismes pour se reposer des questions et ajuster les prestations aux vrais besoins. Il convient de ne pas avoir d'approches idéologiques et d'externaliser un maximum de prestations qui ainsi, tout au long du contrat, resteront à budget constant. Il est essentiel de bien distinguer ce qui doit relever du domaine public et ce qui doit être externalisé, sans perdre de vue que, sur un contrat de longue durée, il est indispensable de prévoir des mécanismes pour anticiper les évolutions ou les accompagner, en particulier concernant les systèmes d'information et de communication. La gestion d'un contrat n'est pas simple et doit être avant tout un partenariat et non une source de conflits d'où l'intérêt de partager les expériences acquises pour enrichir le dialogue et aboutir à un juste équilibre.

Infrastructures nationales et locales de transport : PPP et aménagement durable du territoire

« Les Français ont découvert, il y a bien longtemps, l'affermage, la concession ... On faisait du PPP sans le savoir ; cela ne s'est pas fait tout seul et les choses ne sont pas encore abouties. Au côté des marchés publics, le contrat de partenariat se révèle un outil parfaitement adapté aux différentes infrastructures de transport », précise Dominique Perben, ancien ministre, président de l'Agence de financement des infrastructures de transport de France (AFITF). Selon le ministre, « l'administration a une vieille tradition de savoir-faire. Faire faire est plus difficile et en particulier la fonction de négociation n'est pas dans la culture de la fonction publique. Le PPP va s'étendre inéluctablement vers des profils de projets plus petits pour faire autant avec moins d'argent ; mais jusqu'où peut-on descendre ? ».

Le fait que les PPP soient utilisés par des collectivités de tailles très variées est un signe encourageant et, devant la complexité, on est toujours plus intelligent à plusieurs que seul. La concurrence va s'affirmer si la gamme des projets diminue en termes d'importance et ainsi les acteurs autres que les grandes entreprises devraient y trouver leur place.

Quelques exemples

Pour le canal Seine-Nord, Voies navigables de France (VNF) est dans la phase dialogue compétitif entre deux candidats. Le choix du titulaire devrait être effectif courant du 2^e semestre 2012 en prévision d'une ouverture en 2017. La richesse de la phase dialogue compétitif permet de s'inspirer de retours d'expériences sur des clés de succès de projets innovants et de construire une offre sur mesure.

La liaison tram Lyon-aéroport Lyon – Saint-Exupéry, réalisée à l'initiative du conseil général du Rhône, s'avère être un contrat PPP réussi de 12 millions d'euros sur 30 ans d'exploitation et d'entretien. L'exploitant a été associé d'entrée de jeu au montage. C'est un marché gagnant-gagnant sur trois points : accélération de la mise en œuvre d'un investissement public par rapport à ce qui était traditionnellement possible, montage en partenariat faisant appel à la créativité et à l'innovation et enfin garantie de résultat sur la durée. La contribution du département du Rhône n'est que de 3,5 millions d'euros et le risque sur les recettes du trafic est porté par l'exploitant.

Sur l'A63, toutes les procédures ont été bouclées en six mois ; concernant le contournement de Tarbes (40 millions d'euros), les travaux commencent un an après la signature du contrat.

Le PPP est un outil efficace pour le développement des infrastructures de transport en France. En effet, certains projets sont difficiles à mener à bien en cas de délégation de service public (DSP), en particulier s'ils ne dégagent pas assez de recettes. Toutefois, il faut bien intégrer le fait que les clauses contractuelles permettant aux financeurs de se prémunir contre un certain nombre de risques ne sont pas neutres, ni accessoires. Il faut donc faire preuve de vigilance sur les questions du financement et trouver, là aussi, le juste équilibre.



Rhônexpress, navette reliant le centre de Lyon à l'aéroport Lyon – Saint-Exupéry

Ce n'est pas un hasard si les PPP « bâtiments » se développent plus que les PPP « routes », ce développement étant d'ordre culturel avec la culture du faire et non du faire-faire. De l'avis général, un bon dialogue compétitif s'effectue avec 3, 4 ou 5 candidats maximum. Ce dialogue est fondamental mais, dans ce dernier, il faut protéger les bonnes idées et éviter qu'elles aillent aux candidats concurrents. « Le diable est dans le détail », selon Dominique Perben.

Ce n'est pas parce que l'on choisit un PPP que les contraintes financières n'existent plus. Il est important que les collectivités ne prennent pas de risques financiers supérieurs au passé sachant par ailleurs que la question du portage politique est essentielle pour assurer la pérennité de ces contrats au-delà des changements de majorité politique, d'où l'importance des questions de transparence dans l'information et l'attribution.

Comment renforcer et multiplier les sources de financement face au développement de PPP de toutes tailles ?

Avant 2007, tout était financé sur le marché bancaire avec des maturités très longues (30 ans) et une flexibilité très grande sur le

tirage des fonds. Depuis, la raréfaction de la liquidité est apparue, d'où la mise en œuvre de sources de liquidités complémentaires, tels le Plan de relance qui apporte la garantie de l'Etat, une enveloppe de 8 milliards d'euros de la Caisse d'épargne ou une intervention plus régulière de la Banque européenne d'investissement (BEI) couvrant du risque projet.

Ces différents éléments de soutien sont conjoncturels ; il est indispensable de trouver d'autres solutions structurelles face à un marché bancaire qui, dorénavant, sera présent dans une moindre mesure. Le fonds commun de titrisation ou le marché obligataire avec la création de l'Agence de financement des collectivités locales sont des pistes à explorer.

Pour la Caisse des Dépôts, le moteur de croissance du PPP est le PPP territorial d'un montant allant de 2 millions à 30-40 millions d'euros, toutefois lourd, compliqué et coûteux en structure. Peut-être convient-il de réfléchir en termes de seuils, de procédures simplifiées pour favoriser l'accès aux PPP. La solution pourrait résider dans la constitution de vrais outils dédiés comme un fonds multi-projets qui financerait un portefeuille de projets et qui se refinancerait sur ce dernier. Le crédit bail est peut être une solution pour les petits projets sans risques. Enfin, tout ce qui tend vers plus de standardisation avec l'élaboration de contrats types va dans le bon sens.

Directement concernées, les collectivités locales

Etant les plus concernées, les collectivités territoriales doivent s'armer, s'organiser pour se mettre en capacité de discuter, de négocier les causes d'un contrat de PPP et de disposer d'équipes familiarisées avec cette procédure. Elles doivent s'endetter de manière responsable et alors le PPP sera un vrai relais de croissance. Si, de l'avis général, la standardisation paraît une bonne solution pour réduire les coûts actuels de structuration, il faut qu'elle s'accompagne de la remise en cause de tous (banquiers, conseils, ...) vis-à-vis de la recherche de la perfection et de « pinailleries » qui risquent de tuer le système, quelle que soit sa taille. Chacun doit prendre une part des risques correspondant à son métier. La Mission d'appui des PPP (MaPPP) a désormais un rôle supplémentaire à jouer afin d'être le gardien de règles et de leurs évolutions de nature à encourager les porteurs de projets, les prêteurs et les investisseurs.

Sports et loisirs : pourquoi les collectivités se sont-elles ouvertes au PPP ?

La perspective de l'Euro 2016 crée de l'effervescence, sachant que 90 % des enceintes sportives de Ligue 1 et 80 % du parc des équipements sportifs en France appartiennent aux collectivités locales. La thématique sports-loisirs-culture est très structurante et extrêmement porteuse. Les équipements nécessaires impliquent toutefois des contraintes et des risques qui peuvent dissuader la venue d'investisseurs.

L'idée dominante actuelle consiste à positionner un stade comme un véritable actif générateur de recettes au-delà de la billetterie directement tirée des prestations du spectacle sportif et ainsi à s'adapter à la vraie vie des territoires. Les attentes des collectivités en la matière se situent dans un contrat global allant de la conception à la commercialisation, avec une forte notion de performances associées, dans un équipement multi-fonctionnel se prêtant à plusieurs types d'activités et disposant d'une capacité à vivre en dehors des manifestations principales et enfin, constituant une opération d'aménagement urbain. Le stade vélodrome de Marseille, le vélodrome de Saint-Quentin-en-Yvelines, le futur stade de Nice sont emblématiques de ces équipements à fort potentiel d'optimisation qui sont en recherche de performances et qui vivent au service d'un territoire.



Le futur stade vélodrome de Marseille

L'opérateur privé se doit d'être en mesure d'apporter l'expertise sur le business plan, de penser globalement l'équipement et d'en assurer la gestion, la commercialisation, la maintenance dans un cadre contractuel adéquat, celui de l'exploitation du contrat de partenariat. C'est également valable pour des projets plus modestes comme un centre nautique, des équipements de loisirs ou de culture ou dans un tout autre domaine comme le zoo de Vincennes.

En résumé, l'intérêt du partenariat est bien réel en termes de rapidité des procédures, d'engagements fermes sur les délais et sur les coûts et d'optimisation du projet généré par le dialogue compétitif, d'optimisation de la maintenance et de l'exploitation et d'absence d'impact significatif dans la section investissement d'un budget.

Parmi les personnalités présentes durant ces deux journées, Christian Estrosi, ancien ministre, député-maire de Nice, a évoqué plusieurs projets : Autobleue, le futur stade de 35 000 places, qui montrent que sa ville ne fonctionne pas au jour le jour, mais s'inscrit dans une démarche de planification allant de pair avec la cohésion économique et sociale. « Une collectivité ne peut pas assumer tous les métiers alors que le PPP le permet ainsi que de faire face à beaucoup d'attentes eu égard aux priorités incontournables d'une agglomération. Dans un mandat, le maire doit apporter une réponse globale et le PPP est un outil pour répondre à de multiples priorités face à une crise sans précédent ».

Devant de nombreux représentants de pays africains, Pierre Lelouche, secrétaire d'Etat chargé du commerce extérieur, a souligné que la France doit être aux côtés de pays partenaires pour proposer des solutions convaincantes issues d'expériences réussies de PPP. « Dans le basculement vécu dans le monde arabe, des gens regardent l'avenir avec optimisme ». Selon le ministre, il s'agit d'accompagner le monde arabe avec prudence et en étant là. Il considère que les entreprises ont une expérience reconnue et, malgré les révolutions qui ont eu lieu, il n'y a pas eu de chute majeure des exportations françaises. Au 21^e siècle, l'Afrique sera un continent de croissance et il incite les entreprises à ne pas avoir peur d'y aller et d'être des partenaires de long terme.

Conclusion

Ces rencontres internationales des PPP ont ainsi permis de débattre concrètement sur ce qui fonctionne et sur ce qui pourrait être amélioré. Peu à peu, on quitte la règle d'or selon laquelle le règlement de problèmes passe toujours par plus de dépenses publiques ; et les décideurs adoptent le principe selon lequel il est beaucoup plus performant dans une logique de régulateur, d'intégrateur plutôt que celle d'opérateur.

Le PPP doit apparaître comme un outil à la disposition de tous les acteurs, un outil de développement aussi bien local que national et mondial dans la mesure où la dimension mondiale s'inspire de solutions à l'échelle du territoire. ■

■ Malaisie

Thales : contrat de signalisation pour le Monorail de Kuala Lumpur

Thales a obtenu un contrat d'une valeur de 13,5 millions d'euros pour moderniser le système de signalisation du Monorail de Kuala Lumpur. Scomi Engineering Bhd, chargé de réaliser cette modernisation pour l'opérateur Prasarana, a choisi Thales pour fournir une solution de signalisation clés en main. En service depuis 2003 dans la capitale malaise, le Monorail va augmenter sa capacité de transport en mettant en service de nouvelles rames à quatre voitures et en remplaçant la signalisation actuelle du réseau de onze stations. Le contrat porte sur une solution de signalisation ETCS niveau 1 pour la section de la ligne principale et le dépôt, de nouveaux systèmes d'enclenchement électronique et centre de contrôle opérationnel. Thales installera également des ordinateurs de bord ETCS niveau 1 sur 12 nouveaux véhicules.



Ce programme représente un défi particulier pour Thales, car le système doit être intégré dans un délai très court et sans perturber le fonctionnement quotidien de l'infrastructure : l'exécution du contrat devra être achevée d'ici à août 2012, l'inauguration de la nouvelle structure étant prévue en novembre 2012.

■ Prêt de la BERD à la Bosnie Herzégovine

La Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD) a obtenu un prêt de 16,5 millions d'euros pour une première phase d'investissement dans les infrastructures urbaines de la ville de Sarajevo. Il financera l'élargissement de deux sections routières traversant la ville. Le prêt souverain aidera le Sarajevo Canton Roads Directorate à entreprendre les travaux de la 12^e Transversal Road (0,9 km) et de la Southern Longitudinal Road (2,4 km).

Union pour la Méditerranée Les politiques de mobilité urbaine au cœur des échanges d'experts

Plus de 70 spécialistes, opérateurs et décideurs du transport urbain se sont retrouvés à Barcelone, pour débattre des « outils de gouvernance, de planification et de financement pour accompagner les évolutions de la mobilité urbaine durable en Méditerranée ».

Cette rencontre, la 3^e d'un cycle de 5 ateliers du programme sur les « transports urbains durables » du Centre pour l'intégration en Méditerranée (CMI), piloté par l'Agence française du développement (AFD), représente un pas supplémentaire vers une meilleure prise en compte des politiques de transport et de mobilité dans les villes méditerranéennes. Au-delà de la diversité des territoires, les échanges ont souligné les problématiques communes et notamment mis en évidence l'importance d'intégrer le transport public dans la stratégie globale d'aménagement urbain.

Enjeux communs et diversité des approches

Ainsi, des représentants de tout le pourtour méditerranéen ont convergé en Catalogne pour travailler sur l'organisation, la coordination et la régulation des transports urbains. D'une part, les participants ont pu constater que ces agglomérations partagent des enjeux communs vis-à-vis de la planification et la gestion de la mobilité. D'autre part, à travers la présentation de cas de Casablanca, Izmir, Alger, Toulouse (etc.), ils ont pu également apprécier la diversité des approches selon les pays, en fonction des cadres institutionnels nationaux de l'avancement des processus de décentralisation, mais également des contextes locaux et des dynamiques urbaines.



Système de véhicules légers sur rail - Izmir (Turquie)

Dans les pays du sud et de l'est de la Méditerranée, il existe des problématiques plus spécifiques, comme la concurrence peu maîtrisée, sinon illégale, de systèmes de transport artisanaux, les taxis collectifs. D'où la nécessité de disposer d'une autorité organisatrice forte, qui soit aussi capable de prendre en compte l'ensemble des types de transport et de les intégrer dans un plan cohérent de transports publics.

Pour Thierry Gouin, expert du département « déplacements durables » du CERTU : « Cela nous permet de cerner les grandes questions à régler, et de les décliner par rapport au contexte local, avec pragmatisme, en se donnant le temps qu'il faut pour bâtir une solution adaptée à la réalité locale ». Florence Saint-Paul, chef du département « déplacements aménagement » de Toulouse (DDAT) au Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE), estime en effet qu'il faut faire « attention au copié-collé ! Il n'existe pas de solution toute faite que nous pourrions reproduire à l'identique ».

Le consensus est pratiquement acquis sur ces grandes questions, à commencer par la nécessaire intégration de tous les modes de transport public dans l'aménagement urbain, au même titre que la voirie, le stationnement, le transport de marchandises ; « parce que dans un contexte d'une ville qui évolue, comme c'est le cas partout en Méditerranée, notamment au plan démographique, il faut que le système de transport public prenne en compte le développement urbain », souligne Xavier Hoang, responsable Transports à la division Environnement et Equipement de l'AFD. Cela suppose de dépasser les difficultés de dialogue entre les collectivités publiques et les opérateurs privés, qui ont affleuré justement au cours des rencontres de Barcelone ; parfois par défaut d'expertise du côté de la puissance publique, en particulier dans les pays du sud de la Méditerranée, où les moyens financiers ne permettent pas toujours de mettre en place les formations nécessaires. « D'où la nécessité de trouver des solutions pour mutualiser les forces au niveau d'une région » ajoute Thierry Gouin. « Mais il faut aussi que l'opérateur privé qui s'engage dans un contrat de gestion déléguée ne se défausse pas au moment d'assumer les aléas liés aux risques, ce qui arrive malheureusement parfois », note Abdellatif Chadali, directeur de la Planification et de l'Équipement au ministère de l'Intérieur du Maroc.

« Révolution intellectuelle »

Evidemment, dans un contexte de crise économique et financière généralisée, la question des financements paraît cruciale. Même si Xavier Hoang se veut positif sur ce plan : « Je crois que les ressources existent ; mais elles vont presque automatiquement aujourd'hui sur les investissements d'infrastructures, de voirie. Je crois qu'il y a nécessité de rééquilibrer les budgets pour avoir des systèmes de financement qui prennent en compte tous les besoins de déplacements urbains, et pas simplement l'usage de la voiture, qui est trop souvent privilégié dans les budgets ». Il s'agit donc d'abord d'une question de hiérarchisation des priorités et de stratégie.

Florence Saint-Paul va plus loin : « Aujourd'hui, nous nous apercevons que les projets de transport urbain sont valorisés d'un point de vue foncier, mais qu'il n'existe pas de redistribution de la manne financière issue de l'usage des sols pour financer les projets de transports publics. Nous trouvons sans doute là une piste de réflexion en matière de financement ». A condition, ajoute la représentante du CETE, « de bien prendre soin d'impliquer toutes les personnes réellement concernées par les transports urbains : usagers, commerçants, habitants de la ville ».

Pour Bernard Rivalta, président du Sytral, l'Autorité organisatrice des transports publics (AOT) du Grand Lyon, cette démarche implique une « révolution intellectuelle majeure, car il faut non seulement intégrer les problématiques de transports en commun dans les plans d'aménagements de la ville, mais également travailler au niveau de la communication, pour changer l'image des transports publics auprès des usagers, en valorisant notamment les applications de nouvelles technologies dans les transports urbains ».

Rendez-vous est pris en mai 2012, à Marseille, pour un prochain atelier qui sera consacré aux apports, mais également aux limites, de l'innovation en matière de mobilité urbaine durable.

■ Slovaquie

Ouverture de la voie express construite en PPP

Les trois premiers tronçons de la voie express R1 baptisée PR1BINA construite par Granvia Construction (filiale d'Eurovia CS) ont été inaugurés. Ce projet de 52 km constitue le premier partenariat public-privé (PPP) jamais réalisé dans ce pays pour une infrastructure routière. Il sera exploité par le groupe Vinci Concessions pendant 30 ans. Il relie les villes de Nitra et de Tekovské Nemce, à l'est de la capitale Bratislava. Le contournement de la ville de Banská Bystrica sera ouvert à la circulation en juillet prochain.



Pour réaliser cette route de 2 x 2 voies, Eurovia a mobilisé jusqu'à 3 000 personnes. Les travaux de terrassement ont déplacé 4,5 millions de m³, et 275 000 nouveaux arbres ont été plantés. La réalisation des trois premiers lots, soit 46 km, n'aura duré que 25 mois, ce qui constitue une performance compte tenu des aléas climatiques de cette région et de la longueur du projet. Enfin 78 ponts ont été érigés, d'une longueur totale de 6 843 m, et ont nécessité 300 000 tonnes de béton.

Avant sa mise en service, la voie express a été ouverte aux promeneurs qui ont pu la parcourir à pied, en roller ou à vélo.

La photo du mois



Autoroute à péage au Sénégal

Sénégal

Inauguration du premier tronçon de l'autoroute de l'Avenir

Le président sénégalais, Abdoulaye Wade, a procédé le 28 octobre dernier à la mise en service du premier tronçon de l'autoroute de l'Avenir, qui reliera Dakar à Diamniadio, soit une distance d'environ 40 km.

Cette autoroute est réalisée par la Société Eiffage de la nouvelle autoroute concédée (Senac), filiale à 100 % d'Eiffage, dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP) d'une durée de trente ans. Eiffage en assurera l'exploitation jusqu'en 2039.

Ce chantier illustre la pérennité d'Eiffage au Sénégal, où le groupe est implanté depuis 85 ans et compte notamment à son actif la réalisation du port de Dakar et la réhabilitation du pont Faidherbe à Saint-Louis.

Chili

Nouveaux développements pour Eurovia

Filiale d'Eurovia au Chili, Bitumix réalisera deux nouveaux projets dans le nord du pays, une région de forte activité économique puisqu'elle concentre une grande part de l'activité minière et qu'elle constitue un carrefour d'échanges routiers internationaux.

A 1 360 km au nord de la capitale Santiago, dans le cadre de la concession « Rutas de Antofagasta », Bitumix appliquera 220 000 t d'enrobés sur un linéaire de 45 km, tandis que Probisa, autre filiale locale d'Eurovia, fournira 35 000 t de liants importées directement des Etats-Unis et livrées dans son nouveau terminal de Mejillones, entré en opération fin juillet.



Réhabilitation de l'autoroute panaméricaine

Le second projet concerne la réhabilitation d'un tronçon de 25 km de l'autoroute panaméricaine, à

quelque 300 km au nord d'Antofagasta, en plein désert d'Atacama, dans l'oasis de Quillagua. Ce chantier est situé dans la région réputée la plus aride du globe. L'institut géographique local a relevé moins d'un demi-centimètre de pluie au cours des quatre dernières décennies.

Si Bitumix est déjà présente depuis près de 40 ans dans le sud du pays ainsi que dans la région centrale de Santiago, ces deux nouveaux contrats constituent les premiers projets de sa nouvelle agence dans le nord du pays. L'entreprise disposera ainsi d'une implantation de proximité pour poursuivre son développement sur un marché régional fortement porteur.

Colombie

Le secteur des infrastructures : une priorité d'investissement

Du 16 au 18 novembre 2011, la ville de Carthagène a accueilli le 3^e forum international d'infrastructures, organisé conjointement par la Chambre d'infrastructures de Colombie et Proexport Colombia. L'objectif du forum pour les sociétés colombiennes et internationales était d'identifier les opportunités existantes et à venir ainsi que de favoriser les alliances pour se positionner sur les grands projets d'infrastructures en Amérique du Sud, et particulièrement en Colombie.

Une quarantaine d'entreprises internationales, notamment plusieurs sociétés françaises, parmi

lesquelles Egis, et 90 sociétés d'ingénierie colombiennes ont participé.

1,2 milliard de dollars d'investissements

Le gouvernement colombien, via son ministre des Transports, Germán Cardona, a annoncé le lancement de plusieurs appels d'offres pour la réalisation d'études, la conception et la maîtrise d'ouvrage associées à de grands travaux d'infrastructures estimés à 1,2 milliard de dollars, dont plus de 532 millions consacrés au secteur routier.

« *L'investissement dans les infrastructures de transport en Colombie devrait dépasser les 40 milliards de dollars dans les dix prochaines années. 30 % de ce montant sera financé par le secteur privé* », a déclaré Germán Cardona.

Lors d'une rencontre avec les investisseurs et représentants du secteur public espagnol, le ministre a expliqué le Plan de développement 2011-2014, approuvé par le Congrès, qui envisage des projets d'amélioration dans les secteurs routier, ferroviaire, fluvial, maritime, portuaire, aéroportuaire et urbain. Il a fait remarquer la nécessité de développer un réseau ferroviaire en Colombie afin, notamment, de dynamiser le transport d'hydrocarbures et de ressources minérales et agricoles. Il a ainsi fait référence à la prolongation de deux lignes de train : le *Ferrocarril Central* (de plus de 800 kilomètres) et le *Tren del Carare* et à la construction de quatre autoroutes à deux voies qui relieront les différentes régions du pays.

En ce qui concerne le domaine aéroportuaire, le ministre a souligné l'urgence de trouver une solution alternative à l'aéroport d'El Dorado de Bogotá. Enfin, en matière de fluvial, il a évoqué la possibilité de faire des fleuves Magdalena et Meta, une voie de transport multiple.

Par ailleurs, Germán Cardona a annoncé que la France et la Chine avaient déjà manifesté leur intérêt pour le développement des projets ferroviaires et l'Espagne pour la construction de tunnels.

Belgique Lancement à Anvers des travaux de la plus grande écluse au monde

Réunis au port d'Anvers le 21 novembre 2011, Hilde Crevits, ministre flamand de la Mobilité et des Travaux publics, Philippe Maystadt, président de la Banque européenne d'investissement (BEI), et Marc Van Peel, échevin communal à Anvers, en charge du port et président de la régie portuaire, ont donné le coup d'envoi officiel de la construction de la deuxième écluse sur la rive gauche de l'Escaut.

Ce nouvel ouvrage sera l'un des plus grands projets d'infrastructures de ces prochaines années en Flandre. Environ 255 personnes y travailleront chaque jour. Cette plate-forme, qui devrait coûter près de 340 millions d'euros et sera financée à 50 % par la BEI, entrera en service en 2016.

Localisation

L'écluse sera construite à l'extrémité du dock Deurganck et assurera la liaison maritime entre l'Escaut et le canal de Waasland. En sortant, le trafic maritime pourra accéder rapidement à tous les autres docks de la rive gauche de l'Escaut : le dock de Doel, celui de Verrebroek, celui de Vrasene et les

bassins portuaires nord et sud. Le site devant accueillir l'écluse abrite actuellement la voie Saint Antoine (Sint Antoniusweg) et une digue de retenue qui disparaîtra lorsque l'écluse sera terminée. Grâce aux ponts prévus permettant d'accéder à l'écluse, la voie Saint Antoine restera une voie de communication. Toute une série de mesures permettront de réduire au maximum les nuisances pour la circulation routière.

Calendrier

La construction de cette écluse durera 53 mois et sera assurée par un groupement de cinq entreprises constitué pour le projet : Jan De Nul, CEI-De Meyer, Betonac, Herbosch-Kiere et Antwerpse Bouwwerken. Le consortium a débuté les travaux préparatoires sur le terrain fin octobre 2011. Le site a été nettoyé et des relevés topographiques ont été effectués. Le puits de fondation est en cours d'excavation et ces travaux dureront jusqu'à l'été 2014. Le groupement assurera ensuite les activités de bétonnage jusqu'à la fin de cette même année. Pendant toute cette période, les structures en acier seront réalisées. Les infrastructures de l'écluse sortiront de terre dès l'automne 2013 et seront terminées au printemps 2015. Le dragage final devrait durer un an, de la fin 2014 à la fin 2015, après quoi l'écluse pourra entrer en service dès le début de l'année 2016.

Quelques chiffres

La nouvelle écluse sera construite sur le modèle de celle de Berendrecht, qui est actuellement la plus grande écluse au monde. Comme cette dernière, elle aura une longueur de 500 mètres et une largeur de 68 mètres. Toutefois, le fond sera situé à 17,80 mètres en dessous du niveau de la mer. Elle sera donc plus profonde que celle de Berendrecht.



L'écluse de Berendrecht

Cette opération constituera un véritable exploit. En quelques années, ce n'est pas moins de 9,1 millions de m³ de terre qui seront déblayés. Un peu moins d'un tiers de ce volume – 2,7 millions de m³ pour être précis – sera réutilisé pour remblayer les cavités le long des murs de quais. Le reste comblera le dock de Doel. La construction de l'écluse nécessitera 20 000 tonnes d'acier, soit trois fois plus que pour la tour Eiffel, ainsi que 795 000 m³ de béton armé, ce qui correspond au volume occupé par un terrain de football d'une hauteur de 106 mètres. Finalement, les 57 000 m² de palplanches que le groupement placera correspondent à la superficie de 80 terrains de football. Bien que l'écluse affiche des dimensions gigantesques, l'édifice reste un ouvrage de précision. A titre d'exemple, les quatre portes devront se fermer de manière parfaitement hermétique et le mécanisme actionnant les ponts mobiles est un véritable travail d'horlogerie.

■ Infrastructure routière : coopération franco-vietnamienne

Thierry Mariani, ministre chargé des Transports, a reçu Le Manh Hung, vice-ministre vietnamien des Transports, à l'occasion de la signature de coopération pour la construction d'un important chantier d'infrastructure routière au Vietnam.

Trois accords ont ainsi été conclus entre la société concessionnaire vietnamienne Déo Ca et les entreprises françaises Egis, Vinci Construction Grands Projets, Société Générale et Crédit Agricole, faisant suite à ceux entérinés à Paris en juin 2010 pour les premières études de faisabilité. Le projet, lancé il y a un an, porte sur la construction d'une nouvelle section routière de plus de 13 km située sur l'axe majeur reliant le nord au sud du Vietnam, d'Hanoi à Ho Chi Minh Ville. Il comprend deux tunnels, cinq ouvrages d'art ainsi que des routes d'approche. Il vise à accroître la capacité et la vitesse des échanges sur cet axe routier essentiel pour le pays en garantissant une meilleure sécurité des usagers.

Ces accords entraînent le lancement, dès le 1^{er} trimestre 2012, de l'étude de conception technique détaillée, qui sera menée par la société Egis. Elle ouvre la voie à la préparation d'une offre clés en mains, proposée par Vinci Construction Grands Projets, et au financement global du projet par les banques Société Générale et Crédit Agricole.

■ Etats-Unis

Cofiroute USA ouvre une division de conseil

Cofiroute USA, qui a été la première à révolutionner l'automatisation des routes à péage avec la 91 Express Lane, dans le comté d'Orange en Californie, a lancé une division de conseil pour collaborer avec les agences publiques, les entrepreneurs, ... en développant des projets pour de nouvelles routes à péage ou en convertissant en voies régulées par un péage (*high-occupancy toll (HOT)*) les voies existantes pour bus et covoiturage (*high-occupancy vehicle (HOV)*).

Gary Hausdorfer, président and CEO de Cofiroute USA, a déclaré que la division a été créée pour répondre à la demande croissante en expérience dans la planification des routes à péage, voies HOT et dans les partenariats public-privé (PPP) notamment pour les péages. Cofiroute est actuellement consultée pour des projets en Californie, Caroline du nord, Géorgie et en Floride.

22-26 janv 2012

TRB 2012

Washington (Etats-Unis)

Le programme de la 91^e édition *Transportation Research Board (TRB)* couvre tous les modes de transport, avec plus de 4 000 présentations dans près de 650 sessions et ateliers sur le thème *Transportation : Putting Innovation and People to Work*.

www.trb.org

31 janv-1 fév 2012

Les Entretiens du Certu 2012 Lyon (France)

La 2^e édition des Entretiens du Certu est organisée conjointement par le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu) et le Centre national de la fonction publique territoriale (CNFPT).

Le thème principal sera « métropolisation et nouvelles urbanités ».

Ce seront deux jours de débats, d'échanges et de rencontres avec des personnalités et des professionnels de la ville. Une série de treize ateliers seront proposés, entourés par deux séances plénières en ouverture et clôture des débats.

Ces deux jours sont ouverts à tous professionnels publics et privés, élus, chercheurs, bureaux d'études, etc.

www.certu.fr

1-2 février 2012

Congrès ATEC-ITS France Versailles (France)

Le prochain congrès ATEC-ITS France est axé sur le thème

« *Intelligence dans les déplacements : de la recherche aux pratiques* ».

Des exposés sont attendus sur les questions de télécommunication, d'aménagement et équipement des infrastructures, de transport de fret et d'exploitation des réseaux.

Les angles d'approche des thématiques seront les 4 grands défis qui se présentent aux professionnels et aux responsables : économique, énergétique, environnemental et social. L'exposition AteXpo présentera les savoir-faire, produits et services d'une quarantaine de sociétés.

www.atec-itsfrance.net

7-8 fév 2012

Journées techniques routes Nantes (France)

L'édition 2012 des Journées techniques routes (JTR) est co-organisée par l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) et l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM).

Elle se tiendront à la Cité des congrès de Nantes.

Trois thèmes les structureront :

- adhérence des chaussées,
 - gestion de l'entretien des routes,
 - voirie urbaine : conception, construction, entretien et exploitation.
- Plus de 300 participants sont attendus pour débattre et échanger leurs expériences.

Comme lors des éditions précédentes, le programme comportera, outre les trois séances thématiques, une séance générale sur les sujets à caractère transversal et deux ateliers.

www.ifsttar.fr

27-30 mars 2012

Intertraffiq 2012

Amsterdam (Pays-Bas)

Intertraffiq est le numéro un des salons professionnels de l'industrie du trafic et des transports. Depuis sa première édition en 1972, Intertraffiq Amsterdam est devenu la plate-forme de choix pour les professionnels du monde entier. Tous les deux ans c'est l'événement à ne pas manquer pour s'informer des derniers développements dans les domaines des infrastructures, de la gestion du trafic, de la sécurité et du parking.

Intertraffiq Amsterdam 2012 sera la synthèse de 40 ans d'expérience.

Plus de 800 exposants de plus de 45 pays – dont les leaders du top 50 au niveau mondial – offriront une vue d'ensemble complète des dernières tendances et développements. Congrès, séminaires et autres manifestations auront lieu simultanément.

www.intertraffiq.com

16-17 avril 2012

Conférence internationale Buftod 2012

Paris - Marne-la-Vallée

Organisée par l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) et le Laboratoire

ville mobilité transport (LVMT), la conférence internationale « *Building the urban future and transit oriented development (Buftod)* » aura pour thème le rail et les autres modes de transports, en lien avec le développement urbain et régional. Les trois axes abordés seront : la ville de demain ; mobilité et transports ; articuler ville et transport.

www.lvmt.fr/buftod2012/

16-21 avril 2012

Intermat

Paris-Nord Villepinte (France)

Depuis 1988, Intermat est le rendez-vous triennal du matériel et des techniques pour les industries de la construction et des matériaux. Deuxième salon mondial sur son secteur, il est organisé par la SE Intermat, le Cisma, le Seimat, les syndicats professionnels français de l'industrie des matériels.

Les Innovation Awards 2012

Ayant pour but de distinguer les matériels et équipements les plus innovants parmi ceux soumis à son jury, la 5^e édition du concours mettra en valeur la protection de l'environnement, à travers l'éco-conception, le management responsable, la réduction des consommations d'énergie et des pollutions, la préservation des écosystèmes et de la biodiversité. Un « Prix du développement durable » sera décerné à cette occasion.

Le jury des *Innovation Awards* de 2012 réunira, sous la présidence de Patrick Bernasconi, président de la Fédération nationale des travaux publics (FNTP), des représentants des entreprises européennes de construction de bâtiment et de travaux publics, des directeurs techniques, des directeurs de matériels, des loueurs et des chercheurs.

Les résultats seront annoncés officiellement à l'ensemble de la presse française et internationale le 13 janvier 2012.

Les catégories du concours sont :

- matériel,
- composants, équipements et outillage,
- services,
- logistique et transports.

www.intermat.fr

23-26 avril 2012

TRA 2012

Athènes (Grèce)

La 3^e édition de la conférence *Transportation Research Arena (TRA)* aura pour thème « la mobilité durable à travers l'innovation ».

www.traconference.eu

27-30 mai 2012

40^e Journées annuelles de l'ASECAP

Turin (Italie)

Les 40^e Journées d'études et d'information de l'Association européenne des concessionnaires d'autoroutes et d'ouvrages à péage (ASECAP) auront pour thème « Un réseau trans-européen de transport innovant : vers un transport intelligent, respectueux de l'environnement et sûr ». La première journée du congrès sera consacrée à des sessions politiques : y seront abordées des questions portant sur les routes à péage intelligentes. Par ailleurs, des intervenants de haut niveau échangeront leurs points de vue sur les derniers développements survenus dans le domaine du transport routier : concessions et péage, sécurité, sûreté et durabilité, systèmes de transport intelligents.



Des sessions techniques se dérouleront lors de la deuxième journée : des experts du secteur autoroutier venant de toute l'Europe présenteront les différents moyens employés par les concessionnaires et exploitants d'autoroutes à péage pour offrir à leurs usagers un service de transport optimal et leur garantir la mobilité, mais aussi pour mettre en place un réseau trans-européen de transport totalement innovant.

www.asecapdays.com

5-7 juin 2012

Transports publics 2012 Paris (France)

La 5^e édition de Transports publics, le salon européen de la mobilité, attend 10 000 participants internationaux et 250 exposants. Le salon propose à tous les acteurs de la filière (élus, industriels, opérateurs, ...) de découvrir les produits, les services et les politiques innovantes d'aujourd'hui et de demain, qui sont autant d'opportunités de développement de la mobilité durable au service des voyageurs.

www.transportspublics-expo.com

13-15 juin 2012

Eurasphalt & Eurobitume Istanbul (Turquie)

European Asphalt Pavement Association (EAPA) et Eurobitume, les associations qui fédèrent les professionnels européens du bitume, organisateurs du congrès, ont placé leur 5^e édition sous le signe du développement durable, dont ils ont intégré les multiples dimensions : protection de l'environnement, utilisation maîtrisée des ressources naturelles, prise en compte sur le plan social des besoins de chacun, maintien d'un niveau suffisamment élevé de la croissance économique et de l'emploi.

www.eurobitume.eu



20-22 juin 2012

7^e conférence de la RILEM Delft (Pays-Bas)

La 7^e réunion internationale des laboratoires d'essais et de recherches sur les matériaux (RILEM) aura pour thème le « *Cracking Pavement* ».

www.rilem2012.org

2-4 octobre 2012

Interoute&Ville Eurexpo Lyon (France)

Il s'agira de la 5^e édition du rendez-vous national des acteurs qui œuvrent pour l'aménagement du territoire, dans le cadre de la mobilité durable.

www.interoute-ville.com

Equipements et technologies



SECMAIR,
Une gamme complète
et innovante pour
la maintenance des routes

FAYAT ROAD MAINTENANCE EQUIPMENT

SECMAIR

FAYAT GROUP



SECMAIR

Rue des Frères Lumière - 53230 Cossé-le-Vivien - France
Tél. +33 (0)2 43 98 27 76 - Fax. +33 (0)2 43 98 86 49
info@secmair.fayat.com www.secmair.com

CGDD

Impact de l'épuisement des ressources naturelles sur les agrégats économiques

Le Commissariat général au Développement durable (CGDD) vient de publier un 56^e ouvrage dans sa collection « Etudes et documents », intitulé « Impact de l'épuisement des ressources naturelles sur les agrégats économiques ».

Le document expose les principales méthodes de valorisation de l'épuisement des ressources naturelles, qu'elles soient renouvelables ou non, et cherche à dégager des pistes pour une utilisation future des principaux travaux théoriques.

L'enjeu réside dans la mesure de la production et des revenus d'une nation lorsque l'on prend en compte les prélèvements opérés sur la nature. Cette préoccupation a fait l'objet de débats au sein de la commission Stiglitz sur la mesure des performances économiques et du progrès social, dont le rapport, publié en 2009, a eu des répercussions importantes en matière d'indicateurs de bien-être ou de développement durable.

De nombreuses expériences sont retracées pour montrer comment certains pays se sont emparés de la question et ont mis en place des outils de mesure, voire un système de comptes intégrant l'épuisement de leurs propres ressources minérales ou halieutiques.

Enfin, en s'appuyant sur les avancées théoriques et les expériences conduites dans quelques pays, le document propose une estimation de la valeur de l'épuisement des principales ressources minérales françaises. Le montant obtenu pèse de façon marginale sur des agrégats économiques, tels que le produit intérieur brut ou l'épargne nationale. www.developpement-durable.gouv.fr/Impact-de-l-epuisement-des



SNBPE

Livre vert du béton prêt à l'emploi en milieu rural

Le Syndicat national du béton prêt à l'emploi (SNBPE) a présenté la nouvelle édition du « Livre vert du béton prêt à l'emploi en milieu rural », augmentée et rééditée sous le titre « Solutions et recommandations pour les ouvrages durables ». Véritable guide technique, il présente les solutions constructives bétons adaptées aux bâtiments agricoles et à leurs activités tout en s'inscrivant dans une démarche environnementale active.

www.snbpe.org

Certu

Aménager durablement les petites communes : écoquartier en milieu rural ?

De nombreuses villes se sont rapidement appropriées le concept d'écoquartier, lancé dans le cadre du Grenelle de l'environnement, favorisant l'émergence d'une nouvelle façon de concevoir la ville, qui intègre les principes de développement durable dans les projets d'aménagement urbain. Face au foisonnement d'initiatives et de projets urbains situés dans de grandes agglomérations, que se passe-t-il dans les petites communes situées en milieu rural ? La notion même d'écoquartier reste-t-elle pertinente à l'échelle d'une commune de moins de 2 000 habitants ? Comment se traduit alors le concept d'urbanisme durable dans les territoires ruraux ?

La publication met en exergue, en les analysant, des initiatives portées par des collectivités. Poussées par un regain d'attractivité, ces communes affichent une volonté d'orienter leur devenir dans une stratégie de développement durable au même titre que les grandes collectivités. Cet ouvrage cherche à contribuer au soutien méthodologique nécessaire pour la mise en œuvre d'une démarche singulière et adaptée au développement durable et harmonieux des territoires.

Référence : DC 227 11 – 212 pages – Prix : 40 euros TTC

www.certu.fr

CNh

Accessibilité : premier mémento illustré pour les maires des petites et moyennes communes

Le Conseil national handicap (CNh) et la Fédération française du bâtiment (FFB), avec le soutien de l'Association des maires de France (AMF) et du Conseil national de l'ordre des architectes (CNOA), ont présenté le premier mémento mettant en scène, par des illustrations, les principes essentiels de mise en accessibilité des principaux lieux d'une commune. Les situations quotidiennes y sont particulièrement traitées pour montrer que, face à chaque difficulté rencontrée, existent des solutions adaptées.

Les acteurs de la ville et de la construction trouveront dans ce document les clés d'un langage commun pour construire ensemble une cité accessible à tous. Favoriser l'accessibilité des espaces et des bâtiments publics, de la voirie, des logements et des transports, c'est faire participer les personnes en situation de handicap à la vie sociale, culturelle et économique de la commune. C'est surtout développer une qualité d'usage pour tous. Cet ouvrage a pour objectif de sensibiliser les élus de petites et moyennes communes à l'accessibilité. En effet, pour les établissements recevant du public, privés ou publics, la loi du 11 février 2005 impose le principe de l'accessibilité à tout et pour tous au 1^{er} janvier 2015.

Assurément, les personnes handicapées doivent d'une part, pouvoir vivre dignement dans et en dehors du bâti - circuler, accéder, utiliser, se repérer et communiquer - et d'autre part, obtenir des réponses précises pour satisfaire leurs attentes en termes de confort et d'amélioration du cadre de vie. Téléchargeable sur www.cnhandicap.org

► **RGRA 876 - Dossier « Vivre ensemble dans la ville : accessibilité voirie (PAVE) »**

► **RGRA 894 - Dossier « En ville, l'accessibilité pour tous »**

CETU

Dossier pilote des tunnels, document n° 5 : environnement

Les préoccupations d'environnement justifient des études à entreprendre aux différents stades d'élaboration des projets d'infrastructures. Dans la majorité des cas, l'itinéraire fait l'objet d'études et non le tunnel pris isolément. Mais, dans le cas des tunnels, il se dégage des aspects qui les différencient de tout autre ouvrage et dont les conséquences sur l'environnement doivent être analysées. Ces aspects spécifiques sont développés dans un fascicule du dossier pilote des tunnels publié par le Centre d'études des Tunnels (CETU).

La prise en compte de l'environnement doit être associée à tous les domaines du projet. Les indications données dans ce document ne sauraient apporter une réponse à chaque problème, car il convient de s'adapter dans chaque cas aux caractéristiques particulières du projet ou du site qui renforcent l'influence de tel ou tel critère.

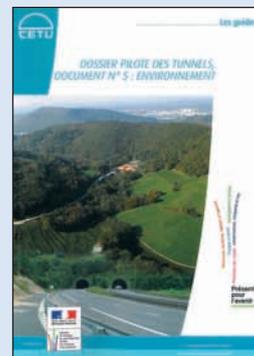
Ce document, destiné prioritairement aux maîtres d'ouvrage et aux professionnels qui les assistent, comprend :

- un rappel du cadre réglementaire, des étapes clés du déroulement d'un projet et la place qu'y prend l'environnement ;
- une succession de chapitres thématiques : tassements, vibrations sismiques, surpressions aériennes, bruit, pollution de l'air, consommation d'énergie et effet de serre, gestion des matériaux et déchets, eau et assainissement, milieu naturel, paysage et patrimoine, cadre de vie et activités humaines.

Pour chacun de ces thèmes, le document aborde les spécificités d'un tunnel, les impacts et enjeux, la démarche d'étude à mettre en œuvre, les méthodes et moyens pour l'évaluation des impacts, les mesures envisageables vis-à-vis de ces impacts et les dispositions réglementaires spécifiques.

Juillet 2011 - Prix : 40 euros et téléchargeable sur :

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr



Comment prolonger « Le Grenelle » ?

« On connaît une période un peu particulière, une période de transition où beaucoup de choses sont à réécrire et même à réinventer ». C'est en ces termes que le président Patrick Diény a ouvert les travaux de l'assemblée générale d'automne de l'Association des directeurs de services techniques départementaux (ADSTD) qui s'est tenue le 16 novembre dernier. La journée s'est déroulée en trois temps consacrés aux partenariats de l'association, puis à l'examen de points d'actualité et enfin à un échange avec des grands témoins sur la contractualisation des transports publics départementaux d'une part, et sur la démarche exceptionnelle « du Grenelle » d'autre part, démarche porteuse pour l'avenir et pour l'évolution des métiers de l'ingénieur au service d'une collectivité territoriale.

JEAN-LOUIS PERROT, COMITÉ DE PILOTAGE RGRA

La réforme du RST

Marc Tassone, directeur général de l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité (IDRRIM), a retracé l'action de l'Institut menée depuis un an et demi au sein de ses 5 collèges, de son conseil stratégique, de son conseil scientifique et technique et de ses 8 comités opérationnels. On retiendra de ses propos le foisonnement de réflexions et d'études qui en découlent et la volonté de l'IDRRIM de s'appuyer sur les départements pour diffuser la connaissance du travail accompli. Le partenariat IDRRIM/ADSTD est un levier efficace pour imprimer tant auprès des élus que de la communauté technique une nouvelle façon de valoriser toute la production du réseau technique.

La transition est toute faite pour aborder l'évolution du réseau scientifique et technique (RST) et, par voie de conséquence, de celle des CoTITA ; le thème est abordé par J. Devers (DRI) et Hervé Mangnan (Directeur du CETE de l'Est).

La réforme du RST, dont le périmètre concerne les huit CETE et les services techniques centraux (Certu, Sétra, ...) de l'Etat, devrait se traduire par un regroupement partiel ou total, soit au sein d'un établissement public, soit dans un service

à compétences nationales. L'enjeu consiste à maintenir les liens avec le territoire et dans cette optique la réforme ne prévoit pas de regroupements géographiques. Il s'agit surtout de préserver tout le cycle recherche pure, recherche appliquée, méthode, expérimentation, conseil, formation et veille qui sont les fondamentaux d'un centre de ressources scientifiques et techniques. La phase de négociation de cette réforme est en cours et la concertation avec les collectivités territoriales s'amorce afin d'arrêter le périmètre définitif du nouvel organisme et son statut.

En termes de gouvernance, tout reste à définir pour associer les collectivités en son sein selon un protocole qui sera fonction du statut définitif, et pour assurer la continuité des comités techniques existants (COMOAR-CODOR), voire créer des dispositifs analogues dans le milieu du bâtiment. Cette gouvernance devra s'appuyer également sur un renforcement des échanges montants et descendants avec les CoTITA ce qui ne va pas manquer d'influencer leur façon de fonctionner, et ce dès 2013.

« Sans cette réforme, c'était la mort annoncée des CETE et si l'Etat voulait s'en débar-

asser, il suffisait de ne rien faire », souligne H. Mangnan. Or paradoxalement, l'Etat a besoin d'un outil fort pour mettre en œuvre la réforme territoriale et la disparition d'instances de recherche aurait un impact négatif pour les départements. Mais la question du financement de cette recherche n'est pas neutre et pour certains, il ne serait pas aberrant que les collectivités payent pour intervenir sur la commande à ce RST et pour disposer de ses productions. Dans cette évolution à court terme du RST, l'IDRRIM souhaite avec tous ses partenaires produire une « culture commune partagée » avec tous les milieux professionnels concernés et changer la manière de travailler de l'Etat.

Comment interpréter cette évolution de l'Etat vis-à-vis des CoTITA ? « Soit on subit, soit on est volontaire et on construit collectivement l'avenir », précise Patrick Diény. Ce qui a fondé la légitimité des CoTITA n'est pas remis en cause mais le tandem Etat/Départements doit être élargi à d'autres partenaires et l'animation de l'échange d'expériences avec les professionnels locaux doit être renforcée. Le volontariat a atteint ses limites et il devient indispensable d'institutionnaliser un dispositif pérenne pour franchir un autre palier, garant d'une communauté technique bien vivante.

Pour prolonger les échanges sur le RST, un rapide zoom sur l'innovation routière et sur les travaux du Comité de l'innovation des routes et des rues (CIRR) éclaire un processus mal connu de mutualisation de l'expérience, de la connaissance et de suivi de projets pour éviter que chacun expérimente dans sa sphère, sans bénéfice pour la collectivité.

Qu'il s'agisse de marchés publics, d'environnement, de routes, de transport ou de bâtiments, l'actualité foisonne de textes nouveaux à l'égard desquels l'ADSTD affiche une veille et une vigilance de tous les instants pour être à la fois un émetteur de critiques constructives et une force de propositions. La formation n'est pas absente de ces préoccupations : un rapide survol de toutes les formes de contractualisation que l'on peut adopter pour développer les transports publics départementaux témoigne de cette pédagogie sur des sujets complexes pour lesquels il n'y a pas de systèmes meilleurs que d'autres, chaque territoire ayant ses spécificités et ses propres exigences de service.

L'actualité du Grenelle de l'environnement

La plupart des points d'actualité, qu'il serait trop long de détailler, découlent du Grenelle. Michèle Pappalardo, Commissaire générale au ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement de 2008 à 2011, a donné sa définition d'une démarche qualifiée d'exceptionnelle, « Le Grenelle » ; mais en quoi est-elle exceptionnelle ? Les objectifs ne diffèrent en rien de ceux dictés par les règlements européens. « *On les applique et on les tient* ». Pour Michèle Pappalardo, c'est ce que l'on met derrière le terme « méthode » qui constitue une innovation administrative et technique, une méthode non fondée sur un système de décision mais sur une sorte de co-élaboration et décision des actions. Les 5 collèges mis en place ont débouché sur un équilibre des points de vue et sur leur

enrichissement. Ensuite, tous les acteurs - y compris les organisations syndicales sur le volet emploi ou dimension sociale - ont agi dans leurs sphères respectives, avec la contrainte de temps qui a obligé les uns et les autres à travailler sans compter.

Le résultat de la démarche peut être qualifié d'exceptionnel pour 4 raisons :

- Tous les acteurs avaient des choses à dire et avaient envie d'agir.
- Les 268 engagements qui en ont découlé n'ont rien de marketing mais ont fait la richesse du Grenelle en n'écartant aucun sujet et en obligeant à se poser des questions sur tous ces sujets dont certains, à l'origine, n'étaient que des concepts.
- La loi a été votée à l'unanimité, ce qui est exceptionnel.
- Enfin, sur au moins 1/3 des projets du Grand emprunt, le Grenelle a influencé les démarches d'investissement.

Avec le Grenelle, l'environnement est devenu un sujet commun comme un autre et a changé la manière de réfléchir et d'agir. Il aura fallu 4 ans au total, avec les derniers décrets à paraître, pour faire aboutir la démarche au travers d'une réglementation qui s'est avérée très complexe et, dans certains cas, pas toujours cohérente « *car on n'est pas toujours allé au bout de la logique* ».

Le contexte financier, budgétaire et économique qui a changé fortement depuis 2007 incite les acteurs à franchir un pas de plus en faisant évoluer le Grenelle de l'environnement vers un Grenelle du développement durable pour compléter la réflexion sur des thématiques comme l'urbanisme, l'aménagement du territoire... Michèle Pappalardo souhaite une représentation renforcée de la société civile, une vision de long terme eu égard aux 7, 8 ou 9 milliards d'habitants prévus sur la planète qui imposent d'être sobre dans la consommation des ressources naturelles. L'intérêt du développement

durable est de se situer dans le moyen long terme, d'être dans un autre modèle avec des modes de consommation et de production différents de ceux d'aujourd'hui et cohérents avec la vision de ce que l'on se fait de l'avenir.

Lors des échanges avec les participants, l'unanimité s'est faite autour du constat selon lequel le Grenelle a percolé dans tous les domaines de compétence des départements ; toutefois, sa mise en œuvre pose encore de nombreux problèmes, chacun travaillant de son côté sans un véritable accompagnement avec l'Etat.

Dans de nombreux cas, les administrations ont conservé leurs habitudes et l'on est toujours au stade de l'expérimentation alors qu'il serait nécessaire de se situer dans un objectif de résultat. Il faut donc sortir de la complexité de toutes les règles qui se sont empilées en quelques années, innover en concevant une autre manière de fonctionner entre l'Etat et les collectivités locales et progresser au mieux en ces temps de crise avec les moyens dont on dispose, sachant que « *moins on a d'argent, plus on est intelligent* ».

C'est sur cette vision prospective que s'est conclue l'assemblée générale de l'ADSTD, avec un regard optimiste sur la capacité des acteurs à trouver des solutions adaptées pour prolonger et revoir le Grenelle, sachant que le bon objectif impose aussi des contraintes qu'il faudra savoir expliquer.

Selon son président, l'ADSTD a à cœur de mettre en pratique un Grenelle novateur, fédérateur et promoteur du changement. ■

■ Bientôt le tramway Garonne à Toulouse ?

Le Conseil d'Etat a annulé la suspension des travaux de la ligne de tramway Garonne, à la grande satisfaction de Pierre Cohen, maire de Toulouse.

« Le Conseil d'Etat a doublement donné raison à notre projet. Il a confirmé l'intérêt général du tramway Garonne et la qualité des études fournies. Il encourage la nécessité de poursuivre la réalisation d'un réseau de transports en commun ambitieux. Nous avons eu raison de contester la décision du juge des référés du tribunal administratif de Toulouse qui a fait une mauvaise analyse du dossier », a précisé Pierre Cohen. « Les transports en commun sont plus que jamais notre priorité. La ligne Garonne, dans le prolongement de la ligne T1 mise en service il y a quelques mois, constitue la première étape du maillage de l'agglomération en transports en commun. Je demande maintenant au tribunal administratif de se prononcer rapidement sur le fond de ce dossier », a-t-il conclu.

■ Contournement de Tarbes Pose de la 1^{re} pierre du premier PPP routier

Le 20 octobre 2011 a marqué le démarrage des travaux du premier partenariat public-privé (PPP) routier en France, ceux de l'achèvement du contournement de Tarbes par le groupement Malet (groupe Spie batignolles), NGE, Demathieu & Bard et CDC Infrastructure (groupe Caisse des Dépôts).



A cette occasion, le conseil général des Hautes-Pyrénées et Hautes Pyrénées Rodes Tarbaises (HPRT), société dédiée créée par les membres du groupement, ont organisé la pose d'une 1^{re} pierre symbolique pour lancer officiellement les travaux de ce vaste chantier, dont la livraison est prévue pour le printemps 2013.

Le coût total de l'investissement s'élève à 36 millions d'euros. Le PPP prévoit la conception et la réalisation du projet, son financement, son entretien et sa maintenance pendant 20 ans, en échange du paiement à HPRT d'un loyer annuel par le département. L'utilisation de cette rocade sera gratuite pour les usagers. La Société Générale accompagne le groupement pour la mise en place du financement.

► RGRA 890, pp. 17-19

Reconquête des berges de Seine à Paris

Le 21 octobre 2011, la commission d'enquête a remis son rapport final à la Ville de Paris, suite à l'enquête publique qui s'est déroulée de juillet à septembre 2011, portant sur le projet d'aménagement des berges de la Seine à Paris.

Elle a émis un avis favorable au projet d'aménagement assorti de deux réserves et de huit recommandations

- La première réserve porte sur « la réversibilité définie comme un retour à la fonctionnalité de circulation de la voie sur berge basse rive gauche ». Cette réversibilité est d'ores et déjà intégrée dans les orientations du projet qui prévoit la démontabilité de l'ensemble des installations, le maintien de la chaussée existante qui restera ouverte aux véhicules de secours et d'entretien. Le projet entend faire de ce site un lieu d'expérimentation et d'innovation urbaine, visant la modularité des installations, leur saisonnalité et leur renouvellement, sans figer les aménagements sur les berges.

- La seconde réserve concerne les aménagements envisagés au port du Gros Caillou et leur articulation avec la future zone de logistique fluviale et les fonctions liées à la navigation. La Ville a d'ores et déjà engagé un travail approfondi avec Ports de Paris et Voies Navigables de France (VNF) pour prendre en compte les contraintes d'usage des berges à des fins logistiques et destinées à la navigation, qui seront naturellement intégrées.

La délibération de déclaration de projet devrait être présentée au conseil de Paris lors de sa séance de décembre, avec l'intégration des recommandations et réserves de la commission d'enquête qui seront levées. La Ville de Paris se réjouit de cet avis favorable, qui marque une étape décisive dans la mise en œuvre de la reconquête des berges, et qui entraîne la réalisation des travaux au 1^{er} semestre 2012 et l'ouverture au public dès l'été 2012.

Une équipe pluridisciplinaire chargée de l'aménagement

La ville a présenté l'équipe pluridisciplinaire qui mettra en œuvre le projet d'aménagement des berges de Seine : une véritable coopérative d'idées et de propositions ; dès l'été prochain, les berges seront fermées à la circulation automobile pour laisser la place à des animations gratuites.

Cette équipe pluridisciplinaire, emmenée par Didier Fuselier, directeur de Lille 3000, la grande manifestation culturelle lilloise, sera chargée de faire vivre 2,5 km de quais de Seine rendus aux piétons sur la rive gauche, entre le pont Royal et le pont de l'Alma, à partir de juillet 2012. Elle compte aussi des organisateurs d'événements sportifs, des architectes, des urbanistes, ...

Elle réunit des compétences complémentaires :

- Artevia : ingénierie culturelle, pilotage du projet, production ;
- Lille 3000 : définition du concept, conception des manifestations, cohérence globale ;
- Carat Sport : conseil sportif, support à la programmation ;
- Franklin Azzi Architecture (FAA) : conception, réalisation et suivi des travaux ;
- Bureau Bas Smets : paysagisme ;
- Change is good : signalétique.

Un comité de pilotage rassemblera Alain Thuleau (Artevia), Didier Fuselier et Thierry Lesueur (Lille 3000), Olivier Bischoff et Julien Guagliardo (Carat Sport) et Franklin Azzi (FAA).

► RGRA 896, septembre 2011, p. 14

Projet Syma Aremis-Lure Les avancées du projet PVF-ITS

L'Etat financera la plate-forme d'innovation Pôle véhicule du futur - Système de transport intelligent (PVF-ITS) à hauteur de 5 millions d'euros. Déterminante pour sa création, cette sélection par l'Etat au titre du Fonds unique interministériel (FUI) est une grande victoire pour le Syma Aremis-Lure et pour le PVF, porteurs du projet.

Entrer dans le top 6

Condition à l'obtention de cette aide de l'Etat, une autre étape importante a été franchie, celle de la constitution d'une société d'exploitation de la plate-forme. La société par action simplifiée (SAS) PVF-ITS a été créée le 5 octobre 2011 pour gérer les infrastructures et la vente des prestations de la plate-forme. Dans un premier temps, la direction sera confiée à la société Telemotive AG, équipementier allemand. Les autres actionnaires associés sont PVF, Orange, Caisse des dépôts, Eurovia, Voxelia, Roger Martin, YggVal et Axessim. Le Syma Aremis-Lure sera quant à lui membre de la société anonyme d'économie mixte qui sera créée dans les prochains mois pour porter les investissements immobiliers. Le conseil général de la Haute-Saône, à travers le Syma, apportera le patrimoine foncier et surtout l'infrastructure routière transmise en son temps par l'Etat lors de la cession de la base au département.

L'objectif à court terme de PVF-ITS est de faire partie du top 6 des plates-formes européennes tests sur les ITS en disposant d'environnements au plus proche de la réalité des usages de la rue et de la route.

Cette position favorisera également le développement économique et social local, principalement les régions Alsace et Franche-Comté. Pour la période 2011-2014, PVF-ITS accompagnera l'émergence des marchés des tests de validation et de certification sur les ITS. Grâce à une offre pointue et originale, PVF-ITS attirera autant des acteurs privés que des consortiums de R&D en recherche de circuits d'expérimentation. L'offre de tests sur circuit ouvert devrait être opérationnelle dès la fin 2012 et devrait assurer un avantage concurrentiel unique en Europe à la plate-forme pendant au moins 18 mois. La plate-forme PVF-ITS s'intègre dans le projet global du parc industriel Aremis-Lure qui cible la mobilité innovante et la sécurité. Ainsi les 35 à 40 hectares de routes et pistes financées par l'Etat et maintenant dormantes sur le site seront intégralement réutilisées, économisant ainsi près de 37 millions d'euros de financement public.

► RGRA 896, septembre 2011, p. 71

Programme de sécurisation du tunnel de Puymorens

Le 14 novembre 2011, les préfets de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales et le directeur régional d'ASF Aquitaine Midi ont présenté les nouvelles mesures du programme de sécurisation du tunnel du Puymorens.

La réunion a été l'occasion de revenir sur les travaux de sécurisation entrepris dans le tunnel depuis 2003 et sur les dernières mesures mises en œuvre par ASF, société exploitant le tunnel du Puymorens, depuis le 15 novembre 2011. Ils portent sur :

- la régulation de la circulation pour les véhicules de plus de 3,50 m de hauteur (poids lourds, bus, ...),
- l'interruption automatique des programmes de Sud Radio et de France Bleu Roussillon dans le tunnel pour une diffusion de messages de sécurité en temps réel, en cas d'événement majeur,
- un exercice de sécurité civile dans le tunnel début décembre 2011.

A propos du tunnel du Puymorens

Déclaré d'utilité publique en 1989 et mis en service le 21 octobre 1994, le tunnel routier du Puymorens, exploité par ASF, est situé sur la RN 20 reliant les départements de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales. D'une longueur de 4 820 m, il offre une alternative au passage par le col du Puymorens situé à 1 915 m d'altitude. Le tunnel constitue un itinéraire plus rapide et plus sûr. Il réduit de 11 km le franchissement du col du Puymorens. La circulation s'effectue dans les 2 sens sur des voies de 3,50 m de largeur. Elle est interdite au transport de matières dangereuses.

Une nouvelle mesure : la régulation de circulation

Pour renforcer la sécurité, en faisant du tunnel un lieu de transit sûr, les pouvoirs publics ont demandé à ASF de mettre en œuvre une régulation de la circulation pour les véhicules de plus de 3,50 m de hauteur, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

Cette régulation se concrétise par :

- la mise en place d'une signalisation spécifique,
- l'aménagement d'aires de régulation de chaque côté du tunnel,
- une circulation alternée dans un seul sens toutes les 30 minutes,
- une circulation cadencée avec un départ d'un véhicule toutes les 1 min 30, permettant de respecter une interdistance de 1 200 m entre chaque véhicule au départ des aires de régulation.



Un programme de sécurisation de plus de 10 millions d'euros

Depuis 2003, ASF a entrepris un vaste programme de travaux d'amélioration de la sécurité du tunnel du Puymorens. Il a fait l'objet d'une validation de la Commission nationale d'étude de la sécurité dans les ouvrages routiers (CNESOR) et s'est concrétisé par un investissement de plus de 10 millions d'euros. Cet investissement se matérialise par la mise en place de différentes mesures telles que :

- la limitation de la vitesse à 70 km/h,
- la mise en place de plots bleus et jaunes pour favoriser le respect des interdistances,
- la formation des conducteurs de bus locaux,
- la mise en place de panneaux à messages variables (PMV),
- le renfort de la signalisation,
- un dispositif de détection automatique d'incidents (DAI).

Schéma national des infrastructures de transport Publication du projet

L'avant-projet consolidé du schéma national des infrastructures de transport (SNIT) a été rendu public le 26 janvier dernier par Nathalie Kosciusko-Morizet et Thierry Mariani, ministre chargé des Transports. Cette version a donné lieu à de nombreux échanges avec les élus, ainsi qu'à une consultation publique, début 2011.

Pour tenir compte de ces contributions, le projet de SNIT a été élaboré. Il vient d'être transmis par le Premier ministre au Conseil économique, social et environnemental (CESE) afin de recueillir son avis.

Attendu d'ici à février 2012, cet avis constitue une étape préalable essentielle avant la tenue d'un débat au Parlement sur le sujet.

Le projet de SNIT ne modifie pas les grands équilibres des documents précédents. Pour l'essentiel, il clarifie certains sujets qui ont largement fait débat tels que les aspects financiers.

Il est rappelé que le SNIT ne constitue pas un document de programmation de l'Etat en matière d'infrastructures de transport mais qu'il reflète une vision stratégique de l'évolution à long terme des infrastructures de transport en France. Il décrit donc le champ très large des possibilités sur les décennies à venir mais n'a pas vocation à décrire le court et moyen terme.

Sa mise en œuvre devra prendre en compte le contexte économique et financier, notamment sur la base d'une hiérarchisation des projets envisagés et de la définition d'un plan de financement compatible avec les engagements de la France. Une fois le schéma arrêté, le ministère des Transports engagera, avec notamment le concours de l'AFITF, une démarche de programmation sur 5 ans pour définir les premières priorités sur lesquelles l'Etat pourra s'engager.

Le projet de SNIT est consultable et téléchargeable sur le site du ministère :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Nouvelle-version-du-Schema.html>

■ A45 « Les conditions sont remplies »

Pour rendre possible la construction de l'A45 entre Saint-Etienne et Lyon, le conseil général de la Loire et Saint-Etienne Métropole s'engagent financièrement. Lors de la réunion sur l'A45, organisée par le préfet de la région Rhône-Alpes le 14 novembre, ils ont annoncé prendre en charge, à égalité avec l'Etat, une subvention d'équilibre allant jusqu'à 350 millions d'euros. Le président de la République avait demandé aux collectivités locales de s'engager, c'est chose faite. « Les conditions sont remplies », a expliqué Bernard Bonne, président du conseil général. « Je ne vois pas pourquoi on ne pourrait pas lancer l'appel d'offres ». Il reconnaît le problème de l'arrivée de cette autoroute à Lyon : « Il faut que l'appel d'offres soit lancé et pendant que les entreprises « plancheront », nous étudierons l'arrivée sur Lyon. Si nous lançons l'appel d'offres avant le 31 décembre, dans 5 ans, nous aurons l'autoroute ».

■ A831, le chaînon manquant Mobilisation des départements de Charente-Maritime et Vendée

Plus que jamais réunis autour du projet de l'A831, Dominique Bussereau, président du conseil général de Charente-Maritime, député, ancien ministre, et Bruno Retailleau, président du conseil général de Vendée, sénateur, affirment leur volonté de voir enfin se réaliser le tronçon autoroutier entre Fontenay-le-Comte et Rochefort, déclaré d'utilité publique en juillet 2005. En effet, l'arc autoroutier reliant le Benelux et la Grande-Bretagne à l'Espagne par le littoral Manche-Atlantique ne connaît plus qu'une seule interruption, située entre Fontenay-Le Comte (Vendée) et Rochefort (Charente-Maritime) sur l'axe Nantes-Bordeaux. L'absence de ce maillon de 64 km (l'A831) est un frein sérieux en termes d'activités économiques et touristiques, de sécurité, d'environnement, d'aménagement du territoire. Les élus, les acteurs économiques, les habitants des départements de Charente-Maritime et de Vendée, directement concernés, sont aujourd'hui mobilisés de manière unanime en faveur de l'engagement sans délai de cette opération. La volonté de réalisation de l'A831 s'appuie sur deux objectifs majeurs : un trafic routier fluidifié et un développement économique qui ne demande qu'à s'accroître, dans le respect de l'environnement.

■ LGV Est

ETF sur les rails

ETF-Eurovia Travaux Ferroviaires a signé avec Réseau Ferré de France (RFF), maître d'ouvrage du projet de la ligne à grande vitesse (LGV) Est, un contrat pour la réalisation de 212 km de voies entre Metz et Strasbourg, dans le cadre de la deuxième phase de la LGV Est. Ce contrat de conception-construction, d'un montant total de 180 millions d'euros, comprend la maîtrise d'œuvre intégrée et la réalisation de la voie et de l'ensemble des équipements caténaires nécessaires, incluant notamment 474 km de rails, un million de tonnes de ballast et 395 000 traverses. Le chantier, d'une durée de 46 mois, a été lancé le 15 novembre dernier. Les travaux seront pilotés par l'Européenne de Travaux Ferroviaires, filiale d'ETF-Eurovia Travaux Ferroviaires qui regroupe l'ensemble des activités ferroviaires d'Eurovia.

■ Contournement ferroviaire de Nîmes et de Montpellier

RFF reçoit les offres finales

Fin octobre, Réseau Ferré de France (RFF) a reçu les offres finales des groupements constitués autour de Bouygues et de Vinci, ultime étape avant la désignation du titulaire du contrat de partenariat public-privé (PPP). Ce grand projet ferroviaire est le quatrième lancé par l'Etat en 2009, après la deuxième phase de la ligne à grande vitesse (LGV) est européenne, en travaux depuis 2010, et les LGV réalisées en PPP, entre Tours et Bordeaux et entre Le Mans et Rennes, dont les contrats respectifs ont été signés en juin et juillet dernier. Ayant remis leurs offres initiales le 5 mai 2010, les trois candidats, Eiffage, Bouygues TP et Vinci Concessions avaient été admis à participer au dialogue compétitif conduit par RFF au 1^{er} semestre 2011. Les offres seront évaluées par RFF afin de désigner le titulaire pressenti en début d'année 2012.

Une commission d'évaluation émettra un avis auprès de RFF en vue de la signature du contrat. Le candidat retenu se verra confier la construction et la maintenance de la ligne nouvelle pendant la durée du contrat, en contrepartie de financements publics et de loyers versés par RFF. L'organisation des circulations restera sous la responsabilité de RFF.

Conseil général de l'Environnement et du Développement durable Nouveaux avis de l'Autorité environnementale

L'Autorité environnementale (Ae) du conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD) a rendu son avis sur six projets.

Prolongement de la ligne 4 du métro parisien jusqu'à Bagneux (92)

L'avis porte sur la seconde phase du projet de prolongement de la ligne 4 jusqu'à Montrouge et Bagneux. Sous la maîtrise d'ouvrage de la RATP, les travaux de cette phase seront localisés entre les stations « Mairie de Montrouge » et « Bagneux ». L'Ae recommande de préciser dans l'étude d'impact les incidences des concentrations en matières polluantes dans les terres excavées pour la construction du tunnel, l'impact de l'évacuation de ces terres par rail ou par camion, la maîtrise du bruit et des vibrations aux abords de la ligne nouvelle, les incidences sur les eaux souterraines, les espèces des arbres qui seront replantés ainsi que leur perspective de développement.

Prolongement de la ligne 14 du métro parisien jusqu'à Saint-Ouen (93)

Le projet de prolongement en souterrain de la ligne 14 depuis la station Saint-Lazare jusqu'à la station Mairie de Saint-Ouen de la ligne 13, poursuit trois objectifs : désaturer la ligne 13, mieux desservir Clichy-la-Garenne et Saint-Ouen, et renforcer le maillage des transports (correspondance de la ligne 14 avec la ligne C du RER et la ligne T3 du tramway). La maîtrise d'ouvrage du projet étant exercée conjointement par le STIF et la RATP, outre le présent avis, le préfet de la région Ile-de-France rendra un avis au titre de la maîtrise d'ouvrage du Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF).

L'Ae recommande de faire figurer dans l'étude d'impact : les incidences des concentrations en matières polluantes des terres excavées pour la construction du tunnel et l'impact de leur évacuation par camion, les impacts des travaux à réaliser sur les stations existantes de la ligne 14 (pour permettre l'utilisation de rames de 8 voitures), les mesures de maîtrise du bruit et des vibrations aux abords de la ligne nouvelle, les incidences sur les eaux souterraines.

Rocade de Gap (05), section centrale

Le projet de déviation de l'agglomération de Gap comporte trois sections. L'avis concerne la section centrale, dite « de Charance ». L'étude d'impact présente des insuffisances en termes de réponse aux objectifs fixés et de prise en compte d'enjeux environnementaux : réduction de la congestion du centre-ville, et maîtrise des conséquences du projet en matière d'étalement urbain.

L'Ae préconise :

- une meilleure appréciation des conséquences du projet sur l'étalement urbain, et des mesures susceptibles de le maîtriser,
- un engagement du maître d'ouvrage sur la réduction des impacts sur la faune et la flore, et sur les mesures nécessaires pour que les atteintes

du projet sur les sites Natura 2000 restent non significatives.

Le déblai des Ayasses (26) le long de la LGV Méditerranée

Le projet concerne le décaissement du déblai des Ayasses, talus présentant des mouvements qui provoquent des déformations de la plate-forme supportant la voie ferrée et donc une mise en danger potentielle de la circulation des trains à grande vitesse.

L'Ae recommande à la SNCF, maître d'ouvrage délégué, de décrire plus précisément le phénomène en jeu, de justifier la solution envisagée (l'arasement partiel de la butte boisée) et de préciser ses choix environnementaux sur plusieurs points : évaluation des incidences des terrassements, présentation des impacts qualitatifs et quantitatifs du projet sur les eaux de surface, ainsi que sur les milieux naturels (flore, faune).

Aménagement des échangeurs d'extrémité de l'A450 et de l'A7 dans le Rhône

Le projet, réalisé sous la maîtrise d'ouvrage de la direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Rhône-Alpes, a pour objectif la réduction de la congestion dans un nœud routier du sud de Lyon via l'aménagement de 4 échangeurs autoroutiers. Il comporte aussi la construction d'une piste cyclable traversant le Rhône, pour séparer l'itinéraire cyclable de la voie autoroutière.

L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact par l'évaluation des variations de trafic prévisibles, de développer l'analyse de certains impacts hydrauliques du projet (entretien des dragages, compensation pour destruction de zones humides), et de préciser les conditions d'insertion de la piste cyclable dans le domaine de la Compagnie nationale du Rhône (CNR).

L'Ae recommande par ailleurs d'explorer d'avantage la solution alternative ou au moins complémentaire d'une amélioration des transports en commun.

Aménagement d'aires de repos le long de l'A35 à Saint-Pierre et Stotzheim (67)

L'Ae recommande de préciser les justifications du projet des deux aires de repos sur l'autoroute A35 (choix de positionnement des aires, répartition des places entre véhicules légers et poids lourds) et les incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches ; que des schémas de principe complètent le dossier, et que le maître d'ouvrage, la DREAL d'Alsace, s'engage sur les mesures qui seront prises pour prévenir la pollution potentielle de la nappe souterraine et des eaux superficielles, notamment en cas de pollution accidentelle provenant du transport de matières dangereuses.

Les avis complets avec leurs annexes sont disponibles sur le site Internet :

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr>



■ La Ville de Toulouse récompensée pour ses idées innovantes

La Ville de Toulouse a reçu le Territoria d'Or 2011 dans la catégorie Aménagement de l'espace public, pour les projets liés à la domotique urbaine, en présence de Philippe Richert, ministre chargé des Collectivités territoriales, de Jean-Pierre Bel, président du Sénat et de Alain Gournac, président de l'Observatoire Territoria 2011.

En collaboration avec des laboratoires de recherche et des entreprises locales, la Ville rose a notamment expérimenté un dispositif d'éclairage public à détection de mouvement, testé des dalles podo-électriques et le stationnement assisté par un système d'information au sol (sonde enterrée). Depuis un an, elle a également équipé ses agents de PDA pour améliorer la propreté dans la ville.

Des innovations, dont l'initiative revient pour beaucoup à Alexandre Marciel, maire adjoint chargé de la voirie, qui sait s'entourer des compétences nécessaires à la réalisation de ses projets.

L'Observatoire national de l'innovation publique Territoria est la première banque nationale de données sur l'innovation dans les collectivités territoriales. Depuis 25 ans, il a pour objectif de la diffuser et d'encourager les collectivités territoriales à plus d'inventivité dans tous les domaines de la gestion locale (NTIC, environnement, transports, citoyenneté, social, enseignement, sécurité routière, ...). Initialement plate-forme d'échanges et de réflexions, l'Observatoire Territoria est devenu un lieu permanent de rencontres, d'études et de transferts d'expertise, qui réunit tous les acteurs de l'action publique locale, collectivités locales, institutions, associations, entreprises et médias.

Viabilité hivernale dans les transports Les 15 mesures gouvernementales

Thierry Mariani, ministre chargé des Transports, a réuni les acteurs professionnels et associatifs concernés par l'organisation des transports routiers, aériens et collectifs pour dresser, à l'approche de la saison hivernale, un bilan opérationnel de la mise en œuvre des mesures prises par le gouvernement en janvier dernier, à la suite des épisodes neigeux.



Sur la base d'un rapport du conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD), le gouvernement avait pris l'engagement de renforcer les dispositifs d'information, de prévention et de lutte contre les effets du froid et de la neige, pour tous les modes de transports. Lors d'une visite à la direction interdépartementale des Routes de l'Est (DIR Est) à Metz, Thierry Mariani a pu constater que l'ensemble des mesures arrêtées sont mises en œuvre avant la période hivernale.

Transport routier

- Augmentation de la capacité de stockage de sel pour le réseau routier national (en moyenne de 20 %), pour garantir une autonomie de huit jours ;
- Equipement d'un système de géolocalisation (GPS) des saieuses pour faciliter l'organisation des circuits de déneigement ;
- Fluidification du trafic des poids lourds : instructions conjointes des ministères de l'Intérieur et des Transports pour que les préfets de zone de défense et de sécurité filtrent les poids lourds de moins de 19 tonnes non articulés en fonction du contexte local, de la disponibilité des forces de l'ordre et de la configuration du réseau.

Transport aérien

- Amélioration du dégivrage et du déneigement des pistes : Aéroports de Paris (AdP) a multiplié par deux ses stocks de glycol et a développé de nouveaux outils informatiques pour suivre en temps réel l'état de ses stocks ;
- Renforcement de l'information des passagers : Air France développera des écrans d'information mobiles en cas de fortes intempéries et AdP a déployé 350 nouveaux panneaux d'information digitaux ;
- Meilleure prise en charge des voyageurs : en cas d'épisode neigeux intense, les clients d'Air France pourront modifier leur réservation sur le site de la compagnie ou aux bornes libre-service, sans surcoût.

Transports collectifs

- Renforcement des capacités de l'infrastructure ferroviaire à supporter les intempéries hivernales en conduisant certaines opérations spécifiques (réchauffage des aiguilles, dégagement de végétation) ;
- Création par la SNCF d'un plateau d'assistance 24/24h pour améliorer la qualité de l'information transmise aux clients ;

- Renforcement des capacités du matériel à fonctionner en condition hivernale dure (« winterisation »).

Les sociétés autoroutières s'organisent

ATMB mobilise 175 professionnels

Autoroutes et Tunnel du Mont-Blanc (ATMB) lance le service hivernal sur l'A40 et la Route blanche (RN 205). Au pied du Mont-Blanc, ATMB dessert les stations les plus prestigieuses de Haute-Savoie. Unique en France, son réseau culmine à 1 274 m d'altitude.

Afin de garantir aux clients sécurité et confort de conduite pendant la période hivernale, ATMB déploie un dispositif humain et technique de grande ampleur. 175 professionnels sont mobilisés jusqu'en avril 2012 sur les 130 km du réseau. Cette année, la société autoroutière met en service de nouveaux dispositifs sur la Route blanche : trois stations météorologiques et une base opérationnelle aux Houches qui apporte un gain de temps de 50 % pour le déneigement vers la rampe d'accès au tunnel du Mont-Blanc.

Assurer une sécurité optimale et respecter un site exceptionnel

Sur les 130 km de son réseau, ATMB recense des températures négatives (jusqu'à - 20 °C) plus de 100 jours/an. En hiver, certains points du réseau sont particulièrement surveillés par ses équipes : tel est le cas des 160 ponts et viaducs, dont les structures se refroidissent très rapidement.



Par ailleurs, ATMB accorde une importance toute particulière au respect de l'environnement. Cette vigilance a divisé par quatre la consommation de sel en 20 ans. Les équipes ont ainsi recours de manière croissante à la saumure (mélange d'eau et de sel) plus performante sur le plan environnemental que le sel à l'état solide. Les zones d'intervention sont également ciblées et le salage mesuré en fonction des situations et des conditions météorologiques pour en limiter l'usage.

Christophe Dubois, directeur de l'entretien et de l'exploitation d'ATMB, commente : « Chaque jour, l'Autoroute blanche facilite les déplacements de plus de 24 000 clients. Ce trafic est multiplié par deux les samedis de décembre et par trois les samedis de février, soit 70 000 véhicules/jour. Pour assurer la sécurité des clients, 175 professionnels sont mobilisés durant 6 mois, dont 80 agents présents 7/7 jours et 24/24h. Dès septembre, nous formons une centaine de chauffeurs qui interviendront sur le réseau. L'objectif est de maintenir et de développer leurs connaissances et leur technicité. Les nouveaux arrivants bénéficient d'une

formation complète d'une semaine. Théorie et pratique sont abordées : les bases de la météorologie et l'action des fondants, les modes d'intervention (reconnaissance des circuits, conduite des engins), etc. Des rappels, d'une durée d'environ 2 jours, sont dispensés aux agents déjà formés. Nous déployons également des moyens matériels importants : 40 camions équipés de saieuses et lames, 6 citernes à saumure et 4 chargeurs. En 2010, le service hivernal a représenté près de 5 000 heures d'interventions et un budget de plus de 2 millions d'euros ».



Les nouveautés de l'hiver 2011

- Les gares de Nangy et Cluses disposent de leurs propres engins de déneigement.

Plus larges que les voies de l'autoroute, les plates-formes de péage demandent plus de temps pour être dégagées en cas de fortes chutes de neige. Cette année, ATMB met en place un dispositif spécial à Nangy et à Cluses, avec un chauffeur et un engin dédiés au dégagement des voies. Ce nouveau système améliorera la qualité du service rendu aux clients et réduira les délais d'intervention.

- Une base opérationnelle aux Houches pour des délais d'intervention réduits.

La base des Houches sera mise en service pour la première fois cet hiver. Ce nouveau point de stockage des fondants (sel et saumure) est situé à mi-chemin entre la base du Fayet et l'entrée du Tunnel du Mont-Blanc. Il apportera un gain de temps de 50 % dans les rotations des camions.

Un investissement de 400 000 euros a rendu possible la construction d'un hangar à sel de 300 m² et d'une citerne à saumure pour stocker jusqu'à 20 000 litres. ATMB fait d'ailleurs profiter de cet espace de stockage à la commune des Houches.

- Trois nouvelles stations météorologiques pour renforcer les actions préventives

La Route blanche est désormais équipée des mêmes stations météorologiques que sur l'Autoroute blanche. Chaque station est équipée d'un dispositif d'alarme qui se déclenche dès que la sonde détecte une anomalie, comme un risque de verglas.

Au total, le réseau ATMB est équipé de 16 stations météorologiques : 12 sur l'Autoroute blanche, 3 sur la Route blanche et une au tunnel du Mont-Blanc.



Elles sont exploitées grâce au logiciel météo *Préviroute* : outil développé spécifiquement par Météo France qui analyse les données des stations ATMB et fournit des prévisions pour les 24 heures à venir. Les équipes ATMB utilisent également le logiciel *Météo Plus* qui donne un bulletin à

72 heures ainsi qu'une visualisation par imagerie radar et satellite.

Les données recueillies, complétées par l'œil averti et l'analyse des patrouilleurs, déclenchent les actions préventives des équipes.

- Une priorité : l'information des conducteurs
 - Sur son réseau, ATMB accompagne les conducteurs en temps réel avec :
 - 60 panneaux lumineux répartis sur le réseau ;
 - un flash info trafic toutes les 15 min sur Autoroute Info - 107.7 FM ;
 - 7 webcams et des informations météo consultables 24/24h sur www.atmb.com

APRR, en état de « pré-alerte » pendant 5 mois

Les équipes des sociétés APRR et AREA se préparent à la période de viabilité hivernale pour parer à toutes les agressions climatiques de l'hiver. L'objectif fixé est de maintenir la circulation sur les 2 300 km de leur réseau autoroutier 24 h/24, tout en assurant la sécurité de leurs clients.

Du 15 novembre au 15 mars, les équipes sont en état de « pré-alerte » pour être en mesure de répondre rapidement aux caprices de la météo. La viabilité hivernale est possible grâce à des hommes et des femmes, aidés d'engins techniques, qui déneigent, salent et sécurisent l'autoroute, tout en s'appuyant sur la vigilance des automobilistes.

Des hommes et des machines

Chaque année plus de 1 000 personnes spécialement formées sont affectées à la viabilité hivernale.



Equipé de près de 700 engins (chasse-neige et saieuses), le personnel se prépare à intervenir avec des horaires adaptés : 3 fois par jour, des équipes d'agents se relaient sur le terrain. Tous les 50 km environ, un responsable coordonne les actions. Et pour optimiser la couverture du réseau, tous les véhicules du dispositif hivernal sont géolocalisés, pour une meilleure gestion des fréquences de passage et le renforcement de la sécurité du personnel. Avant d'affronter les routes enneigées, les agents autoroutiers suivent chaque année différentes formations : reconnaissance du circuit et utilisation du matériel notamment. Mais le temps fort de la rentrée hivernale reste le challenge hivernal. Afin de sensibiliser le personnel et renforcer la cohésion d'équipe, deux compétitions internes sont organisées, l'une chez APRR, l'autre chez AREA. Simulation de déneigement, chargement de sel, gymkhana, ... 7 épreuves, dont une théorique, sont proposées aux équipes en lice.

Travailler avec les aléas climatiques

L'une des informations clés du bon fonctionnement de la viabilité hivernale est la prévision météorologique : stations météorologiques installées en différents points du réseau, partenariats avec les acteurs

■ Inauguration du 3^e portique du port de Gennevilliers (92)

Thierry Mariani, ministre chargé des Transports, a inauguré le 3^e portique du port de Gennevilliers, première plate-forme portuaire d'Ile-de-France.

A cette occasion, le ministre a réaffirmé son engagement en faveur du transport fluvial et de la modernisation des ports. La création d'un 3^e portique, dont les travaux avaient commencé en 2006, double la capacité d'accueil de conteneurs et accélère la dynamique de report modal du trafic vers le transport fluvial.

Sur les 10 premiers mois de l'année, le trafic de conteneurs du port de Paris a déjà progressé de 15 %.



Le port de Gennevilliers avant son extension

Situé à seulement quelques kilomètres de Paris, le port de Gennevilliers dispose d'infrastructures adaptées à tous les modes de transports : fluvial, fluvio-maritime, ferroviaire, oléoduc et routier. Il constitue un des principaux sites du port autonome de Paris, premier port fluvial français.

■ ASF

A61 : inauguration du nouvel échangeur de Montgiscard

Henri-Michel Comet, préfet de la région Midi-Pyrénées et de la Haute-Garonne, et Pierre Coppey, président de Vinci Autoroutes et président-directeur général d'ASF, ont inauguré l'échangeur de Montgiscard sur l'A61, nouvelle étape dans l'aménagement du sud-est toulousain.

ASF a pris en charge sa construction et celle de sa gare de péage.

En parallèle, le conseil général de la Haute-Garonne a réalisé la nouvelle voie de circulation entre la RD 813 et la RD 16, sur laquelle se raccorde l'ouvrage de Montgiscard.

A mi-chemin entre la barrière de péage de Toulouse sud, à Labège, et l'échangeur de Villefranche-de-Lauragais (n°20), celui de Montgiscard se situe à seulement 12 km de la ville rose.



L'échangeur de Montgiscard comprend :

- la création d'une nouvelle gare de péage,
- la construction de 2 ponts :
 - l'un au-dessus d'un ruisseau, raccordant la gare de péage au carrefour giratoire du conseil général de la Haute-Garonne,
 - l'autre au-dessus de l'autoroute offrant, depuis ou vers Montgiscard, l'accès à l'A61 dans les deux sens de circulation Toulouse ou Carcassonne.

Depuis son ouverture, ce sont près de 8 000 véhicules qui utilisent chaque jour ce nouvel accès à l'A61 pour se rendre à Toulouse. Les habitants de Montgiscard, Baziège, Ayguesvives, et de bien d'autres communes aux alentours, ont désormais le choix de leur itinéraire entre la RD16 ou l'A61. L'échangeur de Montgiscard favorisera les échanges locaux et constituera ainsi un nouvel outil de dynamisation socio-économique du sud-est toulousain.

Ce nouvel accès à l'A61 est également un vecteur fort de sécurité routière, pour que les résidents de la région accèdent à l'autoroute pour leurs déplacements.

référents, météorologues intervenant au sein des collectivités à proximité du réseau, toutes ces différentes sources d'informations sont mutualisées pour une analyse la plus fine possible des données. En complément, les cadres d'astreinte du groupe sont également formés à l'analyse des conditions météo en temps réel pour élaborer des scénarios à court et très court terme.

L'analyse du temps restant une science non exacte, chaque année les météorologues se font surprendre par des chutes de neige inattendues. C'est pour ces raisons que les agents autoroutiers du réseau sont en état de pré-alerte et prêts à réagir à tout moment.

Zoom sur le déneigement sur le réseau APRR

- salage toutes les heures au même endroit et maximum toutes les 15 minutes,
- lors d'un gros épisode neigeux : 1 000 t de sel / jour utilisés sur AREA, 5 000 t de sel / jour sur APRR ;
- saleuse pour le traitement sur neige mouillée ;
- saumureuse pour la neige froide et sèche ou en amont des chutes ;
- Tous les engins du parc sont équipés de lames à l'avant pour déneiger avant le salage (460 lames de déneigement).

Prévenir et guérir

Le salage des chaussées est le moyen de prévention et de protection le plus couramment utilisé.

Selon les conditions météorologiques, deux types de produits sont employés :

- Au-dessus de -8°C , le chlorure de sodium est le plus adéquat.

- Entre -8°C et -15°C , il est préférable d'utiliser du chlorure de calcium, sachant qu'en dessous de ces températures, les sels sont inactifs.

Le réseau du groupe APRR dispose de 50 hangars pour stocker jusqu'à 107 000 tonnes de sel. Le sel est acheté en grains, la saumure pouvant être fabriquée directement sur les sites d'exploitation. En moyenne annuelle, ce sont quelque 60 000 tonnes de sel qui pourront être réparties en 5 mois sur les 2 300 km que comptent les réseaux APRR et AREA.



La sécurité avant tout

Circuler pendant l'hiver sur l'autoroute exige une vigilance accrue, à fortiori pendant les épisodes neigeux.

Dans ce contexte, le respect des règles de sécurité est primordial. Au-delà du respect des limitations de vitesse, la principale règle est de ne jamais doubler un chasse-neige gyrophare bleu allumé. Non seulement la route à l'avant du chasse-neige peut être non déneigée, mais ces véhicules, dont la vitesse moyenne n'excède pas les 50 km/h, projettent de la neige de part et d'autre de leur lame. Mieux vaut donc s'armer de patience et suivre ces véhicules qui assurent un retour « au noir » de la chaussée.

Cependant des conditions météorologiques extrêmes, telles que les pluies verglaçantes, conduisent

à fermer certains tronçons pour des raisons de sécurité. Toute restriction de circulation pouvant conduire à la fermeture de tronçon est soumise à un arrêté préfectoral : cette décision est prise par les préfetures après concertation avec les services d'APRR et AREA. Cette phase est généralement précédée d'un dispositif progressif de stockage des poids lourds sur des plates-formes adaptées, en amont des zones à risque, pour réduire petit à petit le trafic sur les secteurs critiques et organiser la formation, le cas échéant, de convois.

Pour gérer au mieux ces situations, APRR travaille toute l'année en collaboration avec les préfetures et les fédérations de transporteurs à une démarche de sensibilisation aux risques de circulation en cas de fortes chutes de neige et de températures négatives.

Metro'Num

Les défis du développement urbain

La première édition de Metro'Num, qui s'est tenue à Bordeaux les 8 et 9 décembre dernier, réunissait des acteurs du développement durable, des services numériques urbains et territoriaux. Les collectivités locales (élus et directeurs de services), opérateurs nationaux (de transport, énergie, déchets, télécoms, informatique, construction et immobilier), entreprises et acteurs du développement des territoires ont participé à 4 conférences et à 24 ateliers pour répondre aux défis du développement urbain durable.

www.metro-num.com

Les résultats de l'appel à candidatures

50 entreprises innovantes ont été sélectionnées parmi plus de 150 dossiers reçus, dans le cadre de l'appel à candidatures lancé par Metro'Num, avec le soutien de la Caisse des dépôts et d'Aquitaine Europe Communication. Elles ont bénéficié d'une large vitrine lors de l'événement : présence dans l'espace entreprises innovantes pour des rendez-vous d'affaires, participation dans le *Coin des orateurs* pour une présentation de leur service. Neuf régions françaises étaient représentées : Alsace, Aquitaine, Bretagne, Centre, Ile-de-France, Lorraine, Midi-Pyrénées, Provence – Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Rhône-Alpes.

Les services numériques les plus innovants dans les domaines de la mobilité, de l'énergie et de l'aménagement urbain étaient présents : cartographie et simulation 3D, mobilier urbain, géolocalisation, services mobiles sans contact, efficacité énergétique, *smart grid*, réseaux sociaux, plates-formes d'autopartage/covoiturage, solutions d'intermodalité, services d'information voyageurs, outils de concertation et de participation, éclairage public, solutions de stationnement intelligent, Internet des objets, interfaces réel/virtuel, ...

Alsace

Instore Solution : fabricant de bornes interactives et de solutions d'affichage dynamique. Développement d'applications tactiles. Solution logicielle et matérielle « Digital Media ».

Aquitaine

Autocool, créée en 2008, à Bordeaux. Service d'autopartage et projet de centrale de mobilité autopartage-covoiturage en temps réel.



Betomorrow : conception et développement d'applications web et mobiles géolocalisées.

Geolocsystem : solutions de géolocalisation de véhicules, gestion de flottes.

Helileo : radio-navigation ; projet « Gestion de la mobilité Mobi-géo ».

Heritage Prod : consortium travaillant sur la valorisation du patrimoine numérisé ; projet B3D.

Jaimemarue : service en ligne et en situation de mobilité permettant au citoyen de faire remonter à sa collectivité des informations et questions de proximité géolocalisées.

MT3 : assistance à maîtrise d'ouvrage dans le domaine des technologies du transport public : billettique, système d'information voyageurs, information multimodale, etc.

Websitemuro : agence digitale, solutions interactives sur mesure. Projet « Hironde », service de mobilité intégrant un système de covoiturage en temps réel avec un système d'information sur les transports publics.

Bretagne

Archivideo : édition de produits et services en imagerie 3D pour l'aménagement du territoire. Projet Territoire 3D

Handimap : solution de calcul d'itinéraire pour personnes à mobilité réduite (PMR), basée sur les informations Open Data de la ville de Rennes.

Ile-de-France

Comuto : conseil et mise en place de solution de déplacements durables. Projet « CAMPUS by Covoiturage.fr ».

Senda : projet « Chronomove », solution d'optimisation des déplacements en milieu urbain et périurbain.

Smartgrains : conception et installation de systèmes intelligents de guidage à la place sur les zones de stationnement.

Streetlight Vision : éditeur de logiciel pour le contrôle des équipements de la ville, notamment pour des économies d'énergie sur les réseaux d'éclairage public.

Telequid, créée en 2008, à Paris. Services mobiles innovants exploitant les dernières technologies de traitement d'image. Application mobile « U snap » associant un contenu multimedia aux publicités de mobilier urbain.

Transway : éditeur de solutions web pour la promotion et la valorisation des transports doux et collaboratifs. Projets « Gotto » (communauté de déplacements domicile/travail) et « Babiway » (animation et construction des lignes de Pedibus et de Vélobus).

Utilisacteur : fournisseur de services innovants de mobilité participative et conseil en design de service. Offre de mobilité participative avec des informations sur le stationnement, le covoiturage dynamique, les transports en commun.

Midi-Pyrénées

Lyberta : géolocalisation de biens et de personnes en temps réel. Solution de sonde multi-capteurs pour connaître en temps réel la disponibilité des emplacements de stationnement.

PACA

Green Monkeys : éditeur de logiciel spécialisé dans le covoiturage dynamique.

Solarquest : concepteur de centrales solaires photovoltaïques intégrées en toiture. Gamme de mobilier urbain « SunTree ».

Autres régions

Covivo (Lorraine) : solutions de covoiturage dynamique en temps réel. Développement de nouveaux outils de mobilité et mise en place d'expérimentation.

La Compagnie des Mobilités (Centre) : application et service de calcul d'itinéraire vélo basé sur un référentiel cartographique open data.

Remise des trophées des Travaux publics

Patrick Bernasconi, président de la Fédération nationale des travaux publics (FNTP), a remis aux lauréats leurs Trophées des Travaux publics aux lauréats dans le cadre du Salon des maires et des collectivités locales (SMCL).

Cette 2^e édition vise à récompenser les meilleures pratiques actuelles des entreprises et privilégie une vision intégrée de la performance entre innovation, sécurité et environnement.

Déclinés en sept catégories, les Trophées portent sur des thématiques aussi variées que la protection de la santé au travail, la recherche, l'amélioration des matériels, des procédés techniques, la préservation des ressources naturelles. Originalité de cette seconde édition des Trophées, deux nouvelles catégories ont été ajoutées : l'acceptabilité des projets et les nouvelles technologies numériques.

Parmi les lauréats, nous retiendrons notamment :

- **Trophée « santé au travail »** : Screg sud-est, pour son action en matière de prévention du risque chimique. Depuis 2004, Screg sud-est a entamé un processus de sécurisation vis-à-vis des matières chimiques employées. Elle a mis en œuvre une politique de substitution des produits dangereux, accompagnée d'une campagne de communication et de contrôles pour s'assurer de l'aboutissement de la démarche.

- **Trophée « procédés et techniques »** : **Soletanche Bachy pour Springsol**, un procédé qui renforce les plates-formes ferroviaires sans déposer des voies, ni pollution en réalisant des colonnes de soil-mixing d'un diamètre de 400 mm ou plus, en exploitant de petites machines de forage. ► **RGRA 897, p 57**

- **Trophée « recherche »** : **GTS** pour la mise au point d'un filet anti-chute de pierres résistant à 5 000 kJ. Cette innovation est le fruit d'une collaboration entre l'entreprise GTS et l'INSA de Lyon. Les filets sont capables d'arrêter un bloc de pierres lancé à 114 km/h. Chaque pièce a fait l'objet de différents tests, et au final, des essais grandeur nature à la station de l'IFSTTAR. ► **RGRA 890, p 52**

- **Trophée « nouvelles technologies numériques »** : **Eurovia** pour Smartvia, un système de surveillance en temps réel de l'état des routes. La chaussée a été dotée de séries de capteurs, disposés dans son infrastructure et rendus autonomes dans leur fonctionnement. Ils communiquent avec une nouvelle génération d'outils de gestion du patrimoine routier, basés sur l'utilisation de nouvelles technologies. Ce dispositif constitue le premier outil de diagnostic de l'état de santé du réseau routier.

■ Sacerlift, prix de l'innovation du SMCL 2011

Le procédé Sacerlift®, développé par Sacer (filiale du groupe Colas), a remporté le prix de l'innovation du Salon des maires et des collectivités locales 2011, dans la catégorie BTP/voirie.



Nettoyage, à l'aide du procédé Sacerlift, de la rue Edouard Grimaud à Poitiers (86)

Sacerlift est un procédé de rénovation et d'entretien à base de silicium destiné à redonner de l'éclat aux surfaces minérales (pierres de taille, bétons, pavés, briques, etc.) et à les préserver. Il est particulièrement adapté aux aménagements urbains, tels que les places, les centres-villes, les espaces commerciaux, ..., qui font souvent appel à des matériaux naturels pour mettre en valeur et pérenniser les ouvrages.



Début de l'essai avant largage d'un bloc dans un écran de filets

■ Financement des infrastructures de transports

Position de TDIE

Alors que le projet de loi de finances prévoit de ponctionner 53 millions d'euros sur le budget de l'Agence de financement des infrastructures de transports de France (AFITF), TDIE dénonce une grave erreur. Le *think tank* spécialiste de la mobilité et des transports souligne que la situation de l'Agence va s'aggraver, alors même que le financement qu'elle apporte aux infrastructures de transports est déjà insuffisant. Sur le front des infrastructures de transports, les mauvaises nouvelles semblent s'accumuler, dans le contexte financier et budgétaire que l'on connaît. Alors que la majorité des spécialistes s'accordent à dire que le schéma national des infrastructures de transports (SNIT) n'est pas finançable en l'état (260 milliards d'euros devant être trouvés d'ici à 20 ans), TDIE dénonce la ponction de 53 millions d'euros que l'Etat entend faire dans le budget de l'AFITF, et qui a d'ores et déjà été adoptée par l'Assemblée nationale. D'un côté, l'Etat va abonder le budget de l'Agence de 170 millions d'euros grâce à l'augmentation des recettes issues des contrôles radar (120 radars aux feux rouges fin 2009, désormais 680, et 720 fin à 2012). De l'autre, il prélèverait 53 millions d'euros. Pour TDIE : « *Compte tenu des défis sans précédent de l'Agence et des investissements qu'elle doit financer, pas un centime d'euro ne doit manquer à son budget. Il faut être réaliste : aucune économie n'est à faire sur l'AFITF. L'Agence ayant des dépenses de fonctionnement extrêmement resserrées, c'est directement l'investissement dans les infrastructures qui sera pénalisé.* »

Pour TDIE, d'une façon générale, ce n'est pas l'investissement qui doit faire les frais d'une rigueur budgétaire accrue, même si en France, c'est très souvent la tentation des responsables gouvernementaux, depuis plusieurs décennies.

Quelles solutions ?

Loin de se contenter de regretter cette situation, TDIE a organisé un colloque réunissant l'ensemble des acteurs, y compris le président de l'Agence, Dominique Perben. L'objectif était d'y aborder les solutions alternatives de financement du SNIT. Outre la nécessité de hiérarchiser les projets du SNIT (travail auquel l'AFITF doit pouvoir participer, comme son président l'a annoncé), plusieurs idées ont été émises. Parmi celles-ci, un plus large recours à l'épargne populaire (livret A) ou les *Projects Bonds* (émission d'obligations liées à un projet d'infrastructure).

Baromètre financier des communes et des communautés

Réalisé par l'institut CSA, à l'initiative de la Caisse d'Épargne et de l'Association des maires de France (AMF), le baromètre témoigne de la volonté des élus de maintenir et développer les investissements tout en stabilisant la pression fiscale.

Dans un contexte de crise économique, le principal objectif des maires reste le développement des investissements, même si l'on constate un léger recul par rapport à 2010 (51 % contre 56 % en 2010). Ce recul est particulièrement important dans les communes de plus de 10 000 habitants, qui donnent la priorité à la stabilisation de la pression fiscale (54 % des communes de plus de 20 000 habitants) et la limitation ou la réduction des dépenses (69 % des communes de 10 000 à 19 999 habitants).

Pour les présidents de communautés, la limitation ou la réduction des dépenses constitue l'objectif principal et la réduction de l'endettement un sujet de préoccupation en progression de 8 % par rapport à l'an dernier.

Augmentation des dépenses d'entretien du patrimoine

Les maires, comme les présidents de communautés, ont déclaré anticiper une stabilité de leurs dépenses de fonctionnement. Pour 35 % des maires et 24 % des présidents, les dépenses d'entretien du patrimoine et des équipements augmenteront en 2012, tout comme les dépenses sociales et scolaires (pour 30 % des maires interrogés et 17 % des présidents). Selon les maires, le domaine nécessitant le plus d'investissements reste la voirie (pour 52 % d'entre eux, soit le niveau de 2009 après une progression à 57 % en 2010). Les maires de communes de plus de 10 000 habitants mettent l'accent sur les investissements en faveur de l'urbanisme et du logement (54 % des communes de plus de 10 000 habitants et 45 % des communes de plus de 20 000 habitants).

Comme l'an dernier, les investissements en matière de développement durable prioritaires pour les maires sont l'amélioration des systèmes de distribution d'eau (42 %) et la rénovation thermique des bâtiments (41 %). Dans un contexte de gel des dotations, plus d'un quart des maires (27 %) et un quart des présidents de communautés affirment avoir diminué leurs investissements en 2011 en raison de la réforme financière et fiscale. Pour les communes, ces diminutions touchent la voirie (43 % des maires concernés), l'urbanisme et le logement (23 %) et le scolaire/périscolaire (14 %).

Un niveau d'endettement satisfaisant

Comme en 2010, les maires jugent satisfaisant le niveau d'endettement de leurs communes à une large majorité (69 % en 2011 contre 67 % en 2010) et 26 % des élus communaux estiment que leur commune peut s'endetter davantage, chiffre en hausse par rapport à 2010 (22 %). Par conséquent, le nombre d'élus qui considèrent que leur commune est trop endettée est en baisse, passant de 10 % en 2010 à 5 % en 2011.

Les maires ont évolué dans leur vision concernant l'épargne de leur collectivité. Alors qu'en 2010, ils privilégiaient nettement la constitution de réserves afin de financer de futurs investissements (49 % contre 33 % en 2011), on constate en 2011

un intérêt pour l'investissement immédiat. Dans les mêmes proportions que l'an dernier, les élus souhaitent maintenir ou augmenter la part d'autofinancement des investissements. Les communes de 5 000 à 10 000 habitants plébiscitent à 72 % cette approche.

Augmentation des fonds de financement des collectivités

Le Premier ministre François Fillon a prononcé un discours au 94^e Congrès des maires et des présidents de communautés de France, le 22 novembre à Paris. Dans le contexte de crise, « *il n'y a pas d'autre solution que de diminuer les dépenses et de moderniser nos structures* », a indiqué le Premier ministre. Un effort qui « *relève d'abord et avant tout de l'Etat* », mais qui « *ne peut pleinement réussir que s'il engage aussi toute la Nation, à tous les niveaux. Il est indispensable dans ce contexte que les collectivités locales qui représentent un peu plus de 20 % de la dépense publique y participent* ».

« *Nous devons être solidaires pour restaurer notre équilibre budgétaire, comme nous sommes solidaires pour faire face aux chocs qui ont touché les collectivités au cours des différentes phases de la crise* », a indiqué François Fillon, précisant que l'accès au financement des collectivités locales a été garanti grâce à une enveloppe de 3 milliards d'euros, mise à disposition après la défaillance de la banque Dexia. Les fonds sont « *dès à présent mobilisables* ».

Un fonds de 5 milliards d'euros

Pour assurer la suffisance des fonds, le Premier ministre a annoncé être prêt « *avec la Caisse des dépôts à porter à 5 milliards le niveau de ces fonds* ». Quant au « *pôle public destiné à prendre le relais, il sera opérationnel dès le début de l'année prochaine* ».

Pour les collectivités les plus touchées par les emprunts toxiques, une médiation a été mise en place. Le Premier ministre invite les maires « *à saisir la médiation et à accepter des restructurations de dette tant que c'est encore possible, c'est-à-dire avant que les frais financiers ne s'envolent* ».

La politique de soutien aux collectivités se traduit aussi par la péréquation, mise en place l'année dernière pour les départements. Elle sera étendue aux communes et aux intercommunalités dans le cadre du projet de loi de Finances pour 2012, a également rappelé François Fillon. Ainsi, « *dès 2012, 250 millions d'euros seront redistribués aux intercommunalités et aux communes ayant à la fois les ressources les plus faibles et les charges les plus importantes au regard du revenu par habitant de leur population* ».

L'Etat s'était également engagé à ce « *qu'aucune collectivité ne voit ses recettes diminuer du fait de la réforme de la taxe professionnelle. Cet engagement nous le respectons* », a-t-il indiqué. Concernant la dotation des compensations versée en 2011, « *en loi de Finances pour 2011, elle était prévue à hauteur de 2,5 milliards d'euros. Elle sera finalement de près de 3,4 milliards d'euros* », a-t-il précisé.

Enfin, sur la rationalisation de l'intercommunalité dans le cadre de la réforme des collectivités territoriales : « *partout où c'est nécessaire, j'ai souhaité que le temps vous soit accordé pour que se dégagent des majorités d'élus en faveur des projets (...) même après le 31 décembre prochain* », a rappelé le Premier ministre.



Les groupes de BTP à fin septembre 2011 Colas : progression de 4,4 %

Le chiffre d'affaires consolidé à fin septembre 2011 s'élevé à 9,2 milliards d'euros, en hausse de 4,4 % par rapport au chiffre d'affaires de fin septembre 2010 (2,5 % à périmètre et taux de change comparables). Les tendances à fin septembre 2011 sont peu différentes de celles à fin juin 2011 et conformes aux prévisions.

En métropole, le chiffre d'affaires est en hausse de 9,1 % grâce aux activités routières, d'étanchéité et de vente de produits raffinés (9 mois en 2011 contre 3 mois en 2010).

Les filiales des départements d'Outre-mer enregistrent une légère hausse du chiffre d'affaires grâce à une reprise modérée à La Réunion, qui compense une activité en retrait aux Antilles et en Guyane.

L'Amérique du Nord a réussi à combler le retard d'activité qu'elle enregistrait à fin juin 2011 du fait de conditions climatiques défavorables au premier semestre.

Le chiffre d'affaires réalisé en Europe est en baisse de 5,6 %. La légère hausse du chiffre d'affaires des filiales en Europe du nord (+ 3 %) ne compense pas le recul prévu de l'activité en Europe centrale (- 19 %).

Dans le reste du monde, le chiffre d'affaires est peu différent de celui enregistré à fin septembre 2010.



Déviations de Fleuré (86)

À fin septembre 2011, le carnet de commandes s'élevé à 6,7 milliards d'euros, en hausse de 2 % par rapport à fin septembre 2010.

En fonction des données actuellement disponibles, le chiffre d'affaires de l'exercice 2011 devrait être légèrement supérieur à 12 milliards d'euros, soit une hausse de l'ordre de 3 % (11,661 milliards d'euros à fin décembre 2010).

Eiffage : hausse de 7,8 % dans les concessions

Le groupe a réalisé au 3^e trimestre 2011 un chiffre d'affaires consolidé de 3,5 milliards d'euros, en progression de 2,5 %, comparé à celui du 3^e trimestre 2010 : la hausse est de 1,4 % dans les activités Travaux et de 7,8 % pour les Concessions.

Sur les neuf premiers mois de l'année, le chiffre d'affaires s'établit ainsi à 10,1 milliards d'euros, en augmentation de 2,4 % par rapport à la même période de 2010 (+ 2,2 % à périmètre et change constants).

Dans les activités Travaux, regroupant Eiffage Construction et Eiffage Travaux Publics, le chiffre d'affaires augmente de 1,3 % depuis le début de l'année.

• **Branche Travaux publics** : 2,870 milliards d'euros (- 1,8 % à structure réelle)

En France, les travaux routiers et industries liées progressent de 2,3 %, tirés par l'activité en région et

malgré la baisse des grands travaux ; le génie civil et le terrassement sont en retrait, et au total, le chiffre d'affaires d'Eiffage Travaux Publics s'établit à 2,332 milliards d'euros, en baisse de 3,4 %.



Vue aérienne du Grand Stade Lille Métropole

En Europe, le chiffre d'affaires de 464 millions d'euros baisse de 2,8 %, l'impact de la dégradation de la conjoncture s'accroissant en Espagne (- 11,5 %), alors que l'activité croît de 5,5 % en Allemagne. Hors d'Europe, (74 millions d'euros), Eiffage Travaux Publics réalise les travaux de l'autoroute Dakar-Diamniadio au Sénégal.

Au 1^{er} octobre 2011, le carnet de commandes du groupe atteint un niveau record historique de 13,7 milliards d'euros ; il intègre 2,1 milliards d'euros pour la construction de la LGV Bretagne – Pays de la Loire (BPL) et progresse en un an de 37,6 %. Hors effet BPL, la hausse du carnet de commandes demeure significative : + 16,5 % sur 12 mois glissants et + 8,2 % depuis le début de l'année et représente 12 mois d'activité des branches Travaux.

Vinci : plus 11,6 %

Au 3^e trimestre 2011, le chiffre d'affaires consolidé de Vinci s'est élevé à 9,6 milliards d'euros, en hausse de 2,6 % par rapport au 3^e trimestre 2010.

A structure comparable, la progression ressort à 1,5 %, traduisant la bonne tenue des concessions (+ 3,1 %) et une croissance organique positive dans le contracting (+ 1,8 %).

En France, le chiffre d'affaires a crû de 5,5 %. À l'international, il a reculé de 2 % à structure réelle, conséquence de situations contrastées selon les zones géographiques et les pays.

26,9 Mds €

En cumulé au 30 septembre 2011, le chiffre d'affaires consolidé s'établit à 26,9 milliards d'euros, en progression de 11,6 % par rapport à la même période de 2010, qui se répartit à parts égales entre la croissance organique (+ 6,0 %) et l'impact des acquisitions (Cegelec, Faceo et Tarmac pour l'essentiel).

Le chiffre d'affaires des concessions (4,071 milliards d'euros) progresse de 4,3 %.

Celui du contracting (Pôle Energies, Eurovia, Vinci Construction), à 22,853 milliards d'euros, augmente de 13,4 % à structure réelle.

Le carnet de commandes au 30 septembre 2011 (30 milliards d'euros) se maintient au niveau record

Contournement routier sud-ouest de Vichy Le contrat de PPP attribué à Allicso

Allicso, société constituée par Colas Rhône-Alpes Auvergne, DTP Terrassement, Bouygues Travaux Publics Régions France, SEIEF / EPI2 et CSO Investissement, a signé avec le conseil général de l'Allier un contrat de partenariat public-privé (PPP), portant sur le financement, la conception, la construction, l'entretien et la maintenance, sur une durée de 15 ans, de l'aménagement du contournement routier sud-ouest de Vichy.

Dans ce cadre, les travaux seront réalisés par un groupement constructeur composé de Colas Rhône-Alpes Auvergne, mandataire (34 %), Bouygues Travaux Publics Régions France (33 %) et DTP Terrassement (33 %). Ils concernent principalement la construction d'une route à 2 x 1 voie sur une longueur de 18,6 km, de 16 ouvrages d'art, dont un ouvrage non courant de franchissement de l'Allier, et de 8 ouvrages hydrauliques. Ils représentent un montant de 54 millions d'euros. Après une période d'études de 4 mois, ils démarrent en mars 2012 et dureront 18 mois. L'entretien, la maintenance et le gros entretien et renouvellement (GER) seront confiés, à compter de la mise en service et pour une durée de 15 ans, à Colas Rhône-Alpes Auvergne pour les chaussées et les équipements de la route, et à Bouygues Travaux Publics Régions France pour les ouvrages d'art. Le projet d'Allicso s'attache à la protection de l'environnement et notamment à la réduction des impacts sur la biodiversité, et inclut la participation de PME locales ainsi que l'insertion de personnes éloignées de l'emploi.

■ Le Top 10 de la construction mondiale

Le classement annuel du magazine « *Engineering News Record* » (ENR) dresse un constat négatif pour les groupes français de construction. Ils avaient déjà perdu de leur suprématie lors du classement de 2010, puisque Vinci avait laissé sa première place mondiale au groupe public chinois China Railways Construction Corp., précédemment en 4^e position.

Sur la base du chiffre d'affaires de 2010, ce sont désormais trois groupes chinois qui sont sur le podium : China Railway Construction, China Railway Group et China State Construction, devant Vinci (4^e avec 45,1 milliards de dollars) et Bouygues (6^e avec 30,7 milliards de dollars). Les deux premiers constructeurs chinois sont loin devant avec, chacun, un chiffre d'affaires de plus de 70 milliards de dollars. Toutefois, ce classement est à pondérer lorsque l'on ne considère que le résultat réalisé à l'international.

L'allemand Hochtief occupe la 1^{re} place (27,4 milliards de dollars) devant Vinci (16,6 milliards). Bouygues est en 4^e position (12,4 milliards) devancé de peu par l'américain Bechtel (12,5 milliards).

■ Travaux publics

Note de conjoncture au 3^e trimestre

Résultats de l'enquête trimestrielle d'opinion FNTP/INSEE sur le marché intérieur ont été publiés par la Fédération nationale des Travaux publics (FNTP).

Selon les entrepreneurs interrogés en octobre 2011, le climat conjoncturel se dégrade dans les travaux publics, au troisième trimestre 2011.

Au cours de cette période, les entrepreneurs sont bien moins nombreux qu'au 2^e trimestre à indiquer que l'activité a progressé sur la période récente. L'activité ralentirait au cours des trois prochains mois au vu des anticipations.

Les entrepreneurs sont légèrement moins nombreux qu'en juillet à juger leurs carnets de commandes supérieurs à la normale pour cette période de l'année.

Les contraintes de production restent à un niveau très bas : seules 13 % des entreprises déclarent être contraintes par une insuffisance de main-d'œuvre.

Les entrepreneurs anticipent une décélération des créations d'emploi au cours des prochains mois.

atteint le 30 juin 2011. Il est en hausse de 16 % depuis le début de l'année et de 13 % sur 12 mois. Il représente environ 12 mois d'activité moyenne.

Eurovia : + 9 % pour les neuf premiers mois

En France, le chiffre d'affaires des neuf premiers mois ressort à 3,737 milliards d'euros, en hausse de 9 % à structure réelle. Après un très bon 1^{er} semestre qui avait bénéficié de conditions climatiques clémentes et d'une base de comparaison favorable, l'activité s'est stabilisée à un haut niveau au 3^e trimestre. Les évolutions du marché se confirment : l'activité soutenue dans les transports urbains et les bonnes perspectives pour les infrastructures ferroviaires contrastent avec l'atonie des marchés routiers traditionnels.



Allemagne, triangle de Nuthetal

A l'international, le chiffre d'affaires s'élève à 2,613 milliards d'euros (+ 8,9 % à structure réelle). Comme en France, l'activité est restée stable au 3^e trimestre. Les situations sont cependant contrastées selon les pays : forte croissance en Pologne, en Allemagne et en Slovaquie ; contraction aux Etats-Unis, en République tchèque et au Royaume-Uni.

Au 30 septembre 2011, le carnet de commandes s'élève à 5,5 milliards d'euros, en hausse de 7 % depuis le début de l'année, et stable sur 12 mois. Il représente plus de 8 mois d'activité moyenne du pôle. Il comprend les travaux à réaliser pour la LGV SEA pour près de 0,7 milliard d'euros.

Stade de Bordeaux Signature du contrat de partenariat

La signature, intervenue pour la construction du nouveau stade, enceinte multifonctionnelle de 40 000 places, répondra aux critères de l'Union européenne des associations de football (UEFA) en vue de l'accueil de l'Euro 2016.

Alain Juppé, maire de Bordeaux, et Xavier Huillard, président-directeur général de Vinci, représentant le groupement Stade Bordeaux Atlantique associant Vinci Concessions et le groupe Fayat, ont signé en présence de Clément Fayat, président de Fayat, le contrat de partenariat, d'une durée de 30 ans à compter de la mise en service de l'équipement, pour la conception, le financement, la construction, l'exploitation et la maintenance du nouveau stade. Parallèlement, la Ville et le Football Club (FC) Girondins de Bordeaux, en présence de son président-directeur général Jean-Louis Triaud, et de Nicolas de Tavernost, représentant de M6, l'actionnaire unique du Club, ont signé un accord de mise à disposition de l'infrastructure par la Ville au Club, qui participe ainsi au financement du projet via un apport initial de 20 millions d'euros puis un loyer annuel de 3,8 millions d'euros pendant 30 ans.



Le futur stade de Bordeaux

Le groupement Vinci Concessions-Fayat, désigné titulaire pressenti en juillet dernier, a bouclé le financement du projet représentant un investissement total de 219 millions d'euros : il comprend une dette long terme de 114 millions d'euros, sans recours sur les actionnaires, d'une maturité maximale de 32 ans et un apport en fonds propres de 10 millions d'euros partagés à parts égales entre les deux actionnaires. Il est complété par une subvention totale de 75 millions d'euros répartie entre l'Etat (28 millions d'euros), la Ville de Bordeaux (17 millions d'euros) et la Communauté urbaine de Bordeaux (15 millions d'euros).

Vinci et Fayat ont fait appel à l'agence internationale d'architecture Herzog & de Meuron, dont l'Allianz Arena de Munich et le stade olympique de Pékin portent la signature. Le nouveau stade se distinguera des autres enceintes sportives par sa forme singulière presque carrée et conjuguera classicisme épuré et transparence avec de hautes colonnes soutenant le « bol » des tribunes.

La construction sera confiée au groupement d'entreprises constitué de Vinci Construction France, mandataire du groupement, à travers ses filiales GTM Bâtiment Aquitaine-Limousin et Faure Silva, et par le groupe Fayat, à travers ses entreprises SEG-Fayat, Razel et Castel & Fromaget. L'entretien et la maintenance du stade seront assurés par Vinci Facilities.

La société Stade Bordeaux Atlantique, filiale conjointe de Vinci Concessions et de Fayat SAS, assurera en partenariat avec le FC Girondins de Bordeaux l'exploitation de cet équipement multifonctionnel qui pourra accueillir des événements aussi bien sportifs que culturels, musicaux ou d'entreprises. Elle sera rémunérée sous forme d'un loyer annuel versé par la Ville ainsi que par les recettes des activités organisées hors les rencontres du FC Girondins de Bordeaux, club résident. L'utilisation par celui-ci du nouveau stade dès la saison 2015-2016 est destinée à lui permettre de générer les moyens de sa compétitivité sur le long terme.

Les chiffres de la sécurité routière en octobre 2011

La mortalité routière est en baisse de 6,4 % par rapport à 2010, pour le 4^e mois consécutif. En octobre 2011, 353 personnes sont décédées sur les routes de France contre 377 en octobre 2010, ce qui correspond à 24 vies épargnées. Le nombre d'accidents corporels est également en diminution de 5,6 %, soit 368 accidents corporels de moins qu'en octobre 2010.

Le nombre de blessés régresse également sensiblement (- 5,7 %). En revanche, le nombre d'hospitalisations, après plusieurs mois de fortes baisses, est en légère hausse, (3,6 %), soit 97 personnes hospitalisées de plus qu'en octobre 2010.

Après une baisse de la mortalité routière de 21 % en juillet 2011, de 3,9 % en août, et de 1,7 % en septembre, la pente se confirme en octobre avec - 6,4 %. Cette baisse notable intervient dans un mois sensiblement comparable à celui de l'an passé, en nombre de week-ends notamment.

Sur les 10 premiers mois de l'année, la mauvaise tendance du premier quadrimestre a été totalement compensée, et 12 vies ont ainsi été sauvées (- 0,4 %) depuis le début de l'année.



Ce résultat montre qu'en matière de sécurité routière, il n'y a ni palier, ni minimum incompressible de la mortalité. L'effort entrepris par tous les usagers continue de porter ses fruits et entraîne de nouveaux progrès.

Situation préoccupante pour les deux-roues à Paris

Alors que les pourcentages de tués en deux-roues motorisés est en baisse à l'échelon national (24 %), la région parisienne en recense 35 %. 16 motards ont ainsi trouvé la mort dans la capitale à la mi-novembre. La vitesse excessive est à l'origine de 26 % des collisions et des chutes. Le changement de file irrégulier est la deuxième cause (12,35 %). Sujet délicat, puisque la remontée de file, interdite mais tolérée actuellement, pourrait être autorisée à titre expérimental et sous certaines conditions.

En ce qui concerne les cyclistes, de janvier à octobre 2011, 576 ont été blessés, un chiffre en hausse de 19 % à la même période de l'an dernier.

Financement des collectivités locales Hausse de la TVA dans les transports publics

Réaction du GART

Le Groupement des autorités responsables de transports (GART) déplore un transfert du déficit de l'État vers les collectivités locales.

Le GART rappelle que si le régime de TVA varie selon que l'exploitation est réalisée en régie directe

ou en délégation de service public (DSP), il reste que l'intégralité des recettes perçues auprès des usagers est soumise au taux de TVA réduit de 5,5 %.

D'après les calculs effectués par le GART, il ressort que l'impact de la hausse de la TVA, prévue dans le train de mesures annoncé par le Premier ministre le 7 novembre dernier, sera d'environ 84 millions d'euros au niveau national. Celle-ci se décompte comme suit :

- sur les transports urbains de province : 17 millions d'euros,
- sur les transports de la région Ile-de-France (RATP et SNCF) : 34 millions d'euros,
- sur les transports régionaux exploités par la SNCF (province) : 33 millions d'euros.

Trouver d'autres financements

En effet, les réseaux ont l'habitude d'augmenter leurs tarifs au 1^{er} juillet pour tenir compte d'un certain nombre d'accroissements des charges d'exploitation.

Même si elle est intégralement répercutée dans le prix du billet, cette hausse de la TVA va contrebalancer la politique tarifaire des autorités organisatrices de transport (AOT) qui devront faire appel à d'autres financements, dont l'emprunt.

Il est donc clair que, compte tenu de l'impossibilité d'obtenir l'équilibre financier avec les seules recettes commerciales et le versement transport (VT), la mesure d'augmentation de la TVA va mécaniquement renforcer l'endettement des collectivités locales.

Le GART déplore une mesure improductive, en ce qu'elle opère *de facto* un transfert du déficit de l'État sur les collectivités locales. La hausse de la TVA va renchérir le coût des transports collectifs alors que, dans le même temps, aucune mesure n'a été prise concernant le prix du carburant. C'est, en définitive, la question de l'accès aux transports collectifs et leur attractivité par rapport à la voiture individuelle qui se trouve posée.

Vives réserves de l'AMGVF

Pour sa part, l'Association des maires de grandes villes de France (AMGVF), présidée par Michel Destot, député-maire de Grenoble, exprime ses plus vives réserves quant au prélèvement de 33 millions d'euros supplémentaires du produit des amendes de police de première catégorie affectés initialement aux collectivités locales. « Cette mesure a été décidée en catimini au cours de l'examen du projet de loi de Finances (PLF) 2012 consacré à la contribution des collectivités locales dans la résorption des déficits publics, pour atteindre l'objectif de 200 millions d'euros d'économie souhaité par le gouvernement ».

Si les élus ne contestent pas la participation des collectivités locales à l'effort national de réduction du déficit public et de lutte contre la dette, ils dénoncent, en revanche, une mesure qui relève du bricolage et vient à rebours des objectifs de la récente revalorisation des amendes de police de première catégorie. En effet, souhaitée à l'unanimité des membres du comité des Finances locales, et soutenue par Gilles Carrez, rapporteur général du budget, cette revalorisation a été adoptée par décret en mai dernier, faisant passer les amendes de 11 à 17 euros afin de renforcer la cohérence des politiques locales de mobilité urbaine. A ce titre, en octobre 2010, les maires de grandes villes avaient

■ Stadium de Toulouse

Cardete Huet Architectes, mandataire, et l'Atelier d'architecture Ferret, associé, ont été retenus par la ville de Toulouse pour effectuer les réaménagements du Stadium en vue d'accueillir l'Euro 2016. L'équipe avait déjà été chargée de la réalisation des aménagements du stade lors de la Coupe du Monde 1998.

Un stade au cœur

d'un nouveau parc urbain

Le Stadium de Toulouse est l'un des éléments essentiels du futur parc urbain de la ville. Situé sur l'île du Ramier, au cœur de la ville, véritable poumon vert de la cité, il bénéficie d'une excellente desserte via les transports publics urbains (tramway, métro, bus, ...). Première pierre d'un projet urbain de grande envergure, la reconstruction du Stadium initie un ensemble d'aménagements portant à terme l'appropriation collective de ce parc urbain.



Le Stadium de Toulouse
Etats des lieux (en haut)
Projection (en bas)

Le futur Stadium, dont la livraison est prévue pour 2016, offrira une capacité de 40 200 places contre 36 000 actuellement. Les travaux ne débutant que fin 2013-début 2014, la sélection des entreprises chargées de sa construction est actuellement en cours.

■ Taxe poids lourds : signature du contrat de partenariat

Les ministères des Transports et du Budget se félicitent de la signature du contrat de partenariat relatif à la mise en place de la taxe poids lourds, conclu entre l'Etat et la société Ecomouv'. Cette taxe nationale, définie par la loi de finances pour 2009, crée une nouvelle fiscalité sur les camions circulant sur le réseau routier national non concédé. Les recettes supplémentaires attendues sont de 1,2 milliard d'euros par an.

Opérationnelle en 2013

Filiale de la société Autostrade per l'Italia, Ecomouv' a été créée pour ce projet. Elle assurera le financement, la conception, le déploiement, l'exploitation et la maintenance du dispositif de collecte et de contrôle de la taxe poids lourds nationale, qui devra être opérationnel au niveau national à la mi-2013. Le financement est assuré, outre les fonds propres de l'entreprise, par des établissements bancaires français et européens, avec un soutien important de la Caisse des dépôts au travers de la direction des Fonds d'épargne.

Cette signature marque une étape décisive dans le processus de réalisation du dispositif de collecte et de contrôle de la taxe poids lourds nationale.

Le ministère du Budget a souligné la mise en place d'une fiscalité plus juste, fondée sur le principe de l'utilisateur-payeur, qui participera ainsi, qu'il soit français comme étranger, au financement des infrastructures, sans devoir solliciter en plus le contribuable.

Enfin, le recours au contrat de partenariat pour la direction générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM) et au commissionnement pour la direction générale des Douanes et des Droits indirects est

une innovation majeure qui doit :

- Réconcilier les approches communautaires et nationales en matière de tarification des infrastructures

en vue de l'avènement d'une réelle interopérabilité pour les transporteurs.

- Garantir la sécurité de la collecte d'un impôt par un partenaire privé.
- Garantir une performance élevée et pérenne du dispositif.

écrit à Gilles Carrez pour lui confirmer leur engagement à défendre le bien-fondé de cette mesure. Au-delà du manque de cohérence, les élus regrettent l'absence de concertation et la légèreté avec laquelle le gouvernement s'est empressé de boucler les 200 millions d'euros d'économie à la charge des collectivités locales, faisant fi du travail des élus. Si le contexte exige un effort partagé, il convient d'agir avec cohérence et sans précipitation.

L'AMGVF dénonce une incohérence entre les dispositifs de solidarité financière

Quelques jours avant le Salon des maires et des collectivités locales (SMCL), qui s'est tenu à Paris du 22 au 24 novembre, l'Association des maires des grandes villes de France (AMGVF) a publié un communiqué où elle s'insurge contre l'incohérence entre les dispositifs relatifs à la solidarité financière entre communes et intercommunalités. Alors que l'article 58 du PLF 2012 relatif au Fonds national de péréquation des recettes fiscales intercommunales et communales (FPIC), nouveau mécanisme de péréquation visant à réduire les écarts de richesse entre les communes/intercommunalités, vient d'être adopté par l'Assemblée nationale et sera prochainement discuté au Sénat, les simulations disponibles conduisent à s'interroger fortement sur la réalité des effets de solidarité du dispositif.

En effet, selon l'AMGVF, en l'état actuel du PLF, le FPIC est en parfaite contradiction avec l'objectif recherché. Selon ses calculs effectués à partir des simulations de l'Etat rendues publiques le 27 octobre dernier, 131 sur 250 villes les plus en difficulté bénéficiant d'une aide spécifique de l'Etat au titre de la dotation de solidarité urbaine (DSU-cible), en sont exclues. Afin de concentrer les moyens sur les communes qui cumulent de nombreuses charges de solidarité et disposent de ressources limitées, le législateur a prévu, au titre de la solidarité nationale, un versement d'une DSU-cible aux 250 premières communes. Si le FPIC vise à corriger les déséquilibres intercommunaux et communaux, il est anormal qu'il vienne contrarier les effets de la solidarité nationale au titre de la DSU. « Dans ces conditions, le FPIC peut-il légitimement être qualifié de péréquateur ? » s'interroge Jean-Claude Boulard, maire du Mans, président de la commission des Finances de l'AMGVF.

Sur ces 131 communes :

- 88 seraient exclues parce qu'elles appartiennent à une intercommunalité qui va être prélevée.
- 15 seraient directement prélevées.
- 28 ne bénéficieraient pas du FPIC.

Comble du paradoxe, comme l'article 58 du PLF le prévoit, les communes éligibles à la DSU-cible, faisant partie d'une intercommunalité contribuant au FPIC, seront prélevées au prorata de leurs ressources. Ce mécanisme conduit à une perversion même de l'idée de péréquation. Il est inacceptable en l'état.

Au regard de ces incohérences, l'AMGVF demande une remise à plat de ce nouveau dispositif qui ne saurait contraindre les communes et les intercommunalités à casser les fondements de la solidarité nationale.

La BEI finance le tramway d'Ile-de-France

La Banque européenne d'investissement (BEI), le Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF), la RATP, différentes entités de BPCE – Caisse d'Epargne Ile-de-France, Caisse d'Epargne Rhône-Alpes, Crédit Foncier de France, Natixis, Ingepar – ont présenté un contrat de crédit-bail de 378 millions d'euros sur 33 ans pour financer les nouveaux tramways des lignes T3, T5, T6, T7 et T8. A cette occasion, le STIF et la RATP ont dévoilé les designs intérieurs et extérieurs des nouveaux tramways d'Ile-de-France.

Le financement prend la forme de deux contrats de crédit-bail structuré, pour financer 107 rames de tramway sur 33 ans.

Le refinancement sera assuré à hauteur de 300 millions d'euros par un prêt long terme sur ressources de la BEI, accordé au Crédit Foncier de France. Le solde du financement est accordé par le Crédit Foncier de France, la Caisse d'Epargne Ile-de-France et la Caisse d'Epargne Rhône-Alpes.

La livraison des tramways a débuté en novembre (15 pour le T5) et se poursuivra jusqu'en 2014. Elle concerne également 25 rames pour le T3, 28 pour le T6, 19 pour le T7 et 20 pour le T8.



Les tramways Citadis 302 d'Alstom Transports, ici sur la ligne du T2, équiperont progressivement les lignes T3, T7 et T8

A l'occasion de la présentation de cet accord financier, les designs des véhicules des nouvelles lignes de tramways ont été dévoilés. Chaque ligne a bénéficié d'un traitement particulier lui conférant une identité propre, liée aux territoires traversés et harmonieusement mise en cohérence avec l'habillage régional des transports en commun.

Aujourd'hui, 4 lignes de tramway sont en service en Ile-de-France. Elles sont empruntées quotidiennement par 370 000 voyageurs, sur 41,4 km et 71 stations. Demain, avec le prolongement des T1, T2, T3 et la mise en service des T5, T6, T7 et T8, ce sont 830 500 voyageurs qui prendront tous les jours le tramway, sur 105,3 km et 187 stations.

Cette politique volontariste d'extension du réseau tramway est une illustration du développement des liaisons banlieue-banlieue, voulu par le STIF afin de proposer une offre adaptée aux besoins des Franciliens.

Dossier

Le béton au quotidien



Préface

Le béton trace de nouvelles voies et aménage notre environnement

Dans un contexte économique soumis à des tensions contraignantes, les chaussées et les aménagements en béton continuent de convaincre de nombreux donneurs d'ordre. Certains acteurs du marché se mettent dorénavant à la recherche d'applications en béton pour leurs infrastructures, en se basant sur plusieurs qualités.



- La prise de conscience collective des enjeux du développement durable et la volonté de contribuer à la préservation des ressources naturelles conduit la profession à proposer des solutions pour quantifier l'impact environnemental des projets et à développer des programmes d'études de retraitement en place.
- La maintenance et les nuisances causées à l'exploitation, lors des opérations d'entretien d'un aménagement, préoccupent les maîtres d'ouvrage et les gestionnaires associés. Le cas des voies ferrées en béton et du partenariat public-privé (PPP) d'une autoroute en Pologne en sont de bonnes illustrations.
- La performance du « matériau béton », en termes de résistance et de rigidité, comme le montrent les applications sur les zones de stockage de charges lourdes est un atout majeur pour leur durabilité. La recherche - et ses applications -, telle que l'enduit hydraulique fibré rainuré, prolongent et développent cet acquis.
- L'esthétique et la variété de texture confèrent au béton un espace privilégié dans les aménagements urbains, les équipements de sécurité, aux côtés d'autres techniques, en laissant libre cours à la créativité des architectes.

Conforter la confiance de ses clients et de la maîtrise d'œuvre, leur proposer des applications de qualité et assurer la durabilité des ouvrages, consolider et élargir ses alliances et s'ouvrir à de nouveaux partenariats ; tels sont les axes que le SPECBEA continue à promouvoir, au nom de la profession qu'il représente, quelle que soit la taille de ses entreprises adhérentes.

C'est l'avenir de notre métier.

Christian GENET
Président
SPECBEA



AUTEUR

Florence Pero
Secrétaire général
SPECBEA



Bandeau du site www.specbea.com

Site internet du SPECBEA



Aujourd'hui, Internet est devenu un puissant vecteur de communication. Le SPECBEA (Syndicat des spécialistes de la chaussée en béton et des aménagements) l'a bien compris et s'est doté de cet outil performant. Il a fait appel à un spécialiste pour rénover, installer et gérer son site qui est opérationnel depuis quelques mois.

Le but de ce site est d'informer et de créer un lien avec les partenaires du SPECBEA (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises associées) en mettant à leur disposition un ensemble d'informations pratiques sur les métiers des chaussées en béton de ciment (routières ou aéroportuaires), des voiries urbaines, des plates-formes de tramways, des aménagements urbains, des ouvrages d'assainissement et de sécurité en béton extrudé.

Le SPECBEA est en pleine mutation. Après avoir changé de dénomination en 2009, il vient de se doter d'une nouvelle image : réalisation d'un nouvel identifiant visuel (logo), rénovation complète de son site Internet, et charte graphique de ses futures éditions.

Ce «ravalement de façade» n'est que le signe d'une rénovation profonde du SPECBEA. En effet, ses domaines d'activité (photo 1) ont notablement évolué ces dernières années.

Par ailleurs, le SPECBEA est fortement impliqué dans l'élaboration et la diffusion des savoir-faire relevant de son champ d'activités, tant vis-à-vis des entreprises concernées que pour les

maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre. La rubrique « Publications et informations techniques » permet ainsi d'accéder à des informations ou guides utiles aux acteurs concernés.

En valorisant les identifications professionnelles (photo 2), le site du SPECBEA permet aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre de trouver facilement des entreprises spécialisées et reconnues pour les travaux qu'ils ont à réaliser.

Les identités professionnelles sont délivrées par la FNTP (Fédération nationale des travaux publics, dont fait partie le SPECBEA) aux entreprises adhérentes qui ont obtenu une liste de références

et d'attestations de travaux détaillées selon une nomenclature pour l'attribution des rubriques souhaitées. Consulter <http://www.fntp.fr>.

Enfin, soucieux de trouver des pistes de progrès, le SPECBEA s'investit dans les thèmes de recherche et groupes de travail qui conduiront aux applications de demain. Son site propose un tour d'horizon des travaux en cours ou ayant déjà permis des avancées pour les structures en béton.

Si vous vous intéressez à ces domaines d'activité, il suffit de cliquer sur « le mulot », toutes les informations sont sur <http://www.specbea.com>.



Photo 1



Photo 2

AUTEURS

Thierry Sedran
Adjoint au chef de groupe
Matériaux pour infrastructures de transport (MIT)
Institut français des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement et des réseaux
Ifsttar Centre de Nantes

Duc-Tung Dao
Doctorant
Département Matériaux
Ifsttar Centre de Nantes

François de Larrard⁽¹⁾
Direction scientifique
Ifsttar Centre de Nantes

⁽¹⁾ depuis le 1^{er} septembre 2011 : Directeur scientifique Construction durable et Partenariats, Lafarge Centre de recherche, L'Isle d'Abeau.

Remerciements

L'Ifsttar adresse ses remerciements aux partenaires et co-financeur de la thèse ainsi qu'aux acteurs du chantier de Roissy : AdP pour la maîtrise d'ouvrage, DLB Recyclage pour la déconstruction et l'élaboration des matériaux recyclés, Holcim Béton pour la fabrication du béton et son contrôle interne, et Agilis (groupe NGE) pour la mise en œuvre.



Granulat de béton recyclé
Recycled concrete aggregate

Premiers résultats d'une étude sur le recyclage de granulats de béton concassé



Une recherche partenariale a été lancée fin 2008 à l'Ifsttar sur le recyclage du béton concassé en tant que granulats dans les bétons. Elle se déroule sous la forme d'une thèse de doctorat, cofinancée dans le cadre d'une convention industrielle de formation pour la recherche (CIFRE) par les grands acteurs de la profession. Elle atteindra son terme début 2012 et un certain nombre d'enseignements à l'usage des praticiens devraient pouvoir en être tirés. Par exemple, comment prédire les propriétés d'usage des granulats recyclés à partir de celles d'un béton à déconstruire, ou bien encore comment prendre en compte les propriétés des granulats recyclés dans la formulation des bétons ? La démarche d'étude adoptée ainsi que quelques résultats préliminaires de laboratoire sont brièvement présentés. Sans attendre la fin de la thèse, un chantier expérimental de recyclage à 100 % d'une dalle de chaussée aéronautique d'AdP (Aéroports de Paris) a été réalisé avec succès en 2010.

Contexte

En 2008, le LCPC (devenu Ifsttar, depuis janvier 2011) et des grands acteurs de la profession (producteurs de ciment, de granulats, de béton, entreprises routières, maîtres d'ouvrage, ...) ont résolu de chercher ensemble une réponse au constat commun que, dans les années à venir, on pouvait s'attendre à une croissance importante du volume des déchets de construction, et que ce volume ne pourrait plus être absorbé uniquement dans les sous-couches des chaussées [1]. Il est donc nécessaire dès aujourd'hui de développer et promouvoir d'autres filières de valorisation de ces déchets ; le recyclage de béton concassé en tant

que granulats pour les bétons en est une. L'intérêt actuel pour le recyclage du béton est par ailleurs confirmé par le démarrage imminent du projet national de recherche et développement Recybéton : ce projet vise principalement à accroître la réutilisation de tous les produits issus des bétons déconstruits. Il s'intéressera aussi au recyclage des matériaux issus de la déconstruction des bétons comme matière première dans la production de liants hydrauliques.

Partenaires et co-financeurs de la recherche

- AdP (Aéroports de Paris)
- ATILH (Association technique de l'industrie des liants hydrauliques)
- CIMBÉTON
- Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (ex LCPC))
- SNBPE (Syndicat national du béton prêt à l'emploi)
- SPECBEA (Spécialistes de la chaussée en béton et des aménagements)
- UNPG (Union nationale des producteurs de granulats)

Parce qu'ils sont moins résistants et plus frottants que les granulats naturels, l'emploi des granulats recyclés conduit en général à des chutes de performances mécaniques et à une diminution de l'ouvrabilité des bétons dans lesquels ils sont recyclés. Il faut alors adapter la formulation pour retrouver les performances d'origine, ce qui se traduit, en général, par une augmentation de la teneur en ciment. Pourtant, dans certains cas, on peut être tenté de chercher à maximiser le taux de recyclage dans un béton, comme pour la réfection de dalles de béton de chaussées aéronautiques. En effet, pour ce genre de chantier, la gestion de la sûreté de l'aéroport conduit à limiter le transfert des matériaux entrants et sortants. Une solution de recyclage quasi complet des granulats issus de la démolition des dalles dans une centrale mobile installée sur site pourrait s'avérer très intéressante.

C'est dans ce contexte que la thèse de doctorat a été lancée à l'Ifsttar fin 2008, cofinancée dans le cadre d'une convention industrielle de formation pour la recherche (CIFRE) par les grands acteurs de la profession. Les objectifs de cette thèse ont été présentés dans un article précédent [1]. Ils visent à fournir une meilleure compréhension de l'influence des granulats de béton recyclé sur les performances d'usage des bétons. On cherche également à évaluer le lien entre les propriétés d'usage des granulats recyclés et les propriétés du béton dont ils sont issus. Cette double approche doit permettre d'optimiser la formulation des bétons avec recyclés, pour en tirer le meilleur parti, et d'étudier la possibilité du multi-recyclage du béton (succession de plusieurs cycles de recyclage).

Démarche adoptée

Dans un premier temps, une série de bétons de première génération, dite « B1 », a été formulée en laboratoire avec les paramètres suivants :

- Nature des granulats naturels de première génération (G1) : siliceux semi-concassé, calcaire ou mixte (sable siliceux semi-concassé et gravillon calcaire). Alors que les deux premiers cas représentent des situations extrêmes de formulation, le dernier cas correspond à une pratique courante de formulation dans les décennies passées.
- Résistances à la compression proches de 35 et 65 MPa, respectivement, pour couvrir la gamme de bétons susceptibles d'être recyclés (les bétons à recycler sont en général anciens et ont des résistances assez élevées, même dans le bâtiment).

Plusieurs mètres cube de ces bétons ont alors été fabriqués sur la station d'étude de malaxage de l'Ifsttar et coulés sous forme de cubes de 40 cm d'arête. Après trois mois de durcissement en conditions extérieures, ces cubes ont été concassés et criblés en trois classes granulaires (0/6,3 ; 6,3/11,2 et 11,2/22,4 mm) sur la plate-forme de 2B-Recyclage à Nantes (photo 1).



Photo 1
Concassage sur plate-forme de recyclage industrielle de blocs de béton de 40 cm d'arête coulés à l'Ifsttar
On an industrial recycling platform, crushing of concrete blocks of 40cm sides cast at the IFSTTAR

Des ciments à prise rapide ont été sélectionnés pour que la résistance à 90 jours des bétons soit représentative de celle à long terme.

Les granulats G2 ainsi générés ont été caractérisés comme on le fait classiquement pour des granulats à béton [2]. Les granulats G2 issus des bétons composés avec des granulats mixtes ont fait l'objet d'un recyclage dans des bétons de deuxième génération B2, dont les paramètres de formulation étaient les suivants :

- Résistances à la compression proches de 35 et 65 MPa, pour couvrir au mieux la gamme des bétons couramment utilisés sur les chantiers et susceptibles de recevoir des granulats recyclés.
- Remplacement de 100 % du sable et des gravillons par des recyclés ou remplacement uniquement des gravillons. La littérature technique [3] montre en effet que c'est le sable recyclé qui a le plus d'influence sur les propriétés du béton.
- Utilisation ou non d'un agent réducteur de retrait.

Finalement, certains bétons B2 ont été concassés à leur tour en G3 puis recyclés selon les mêmes principes dans des bétons de troisième génération B3.

Les essais de base réalisés sur les bétons (B1, B2 et B3) ainsi générés sont les suivants [4] : mesure de l'affaissement, de la résistance à la compression et au fendage, et du module élastique. Ces essais ont été complétés par des mesures de retrait total. En effet, les granulats recyclés contiennent de la pâte de ciment et conduisent à augmenter le volume de pâte dans le nouveau béton.

Ces deux points tendent à faire augmenter le retrait du béton, ce qui peut poser des problèmes de fissuration dans les ouvrages si ce retrait est bloqué, ou de perte élevée de précontrainte, le cas échéant. On cherche dans l'étude à mesurer l'amplitude de cette augmentation et à vérifier l'intérêt de l'utilisation d'un agent anti-retrait. Enfin, la durabilité des bétons avec recyclés a été abordée à travers l'étude de la porosité accessible à l'eau, de la perméabilité au gaz selon la méthode Cembureau [5] et d'essais de carbonatation accélérée.

Cette démarche s'est avérée très lourde à mettre en œuvre, mais elle a été choisie car elle permettait de maîtriser l'origine et les propriétés des granulats recyclés (notamment l'absence de pollution par du plâtre ou d'autres substances), contrairement à de nombreuses études précédentes. Cela facilite l'analyse des résultats et l'élaboration de modèles reliant les performances des bétons aux propriétés des granulats recyclés ou les performances des granulats recyclés aux performances du béton d'origine. Ces modèles devraient avoir un caractère suffisamment général pour être ensuite appliqués à la formulation pratique. Les figures 1 et 2 illustrent le genre de relations obtenues.

Dossier Le béton au quotidien

Un chantier de démonstration avec 100 % de recyclés

Un ensemble de dalles, plus ou moins fissurées par fatigue, ont été déconstruites sur l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle, après 40 années de service (photo 2). Le béton était issu d'un mélange de calcaires durs et de ciment composé, et présentait sur carotte une résistance de l'ordre de 68 MPa.

Durant l'été 2010, les fragments de dalles ont été concassés, et ont permis de produire un tonnage à peu près équivalent de gravillon 6/20 et de sable 0/6. Ces granulats ont fait l'objet d'une caractérisation complète [2], et on a pu s'assurer que leurs propriétés les rendaient aptes à l'utilisation dans une formule de béton de piste.

Une formule de béton a donc été mise au point à l'Ifsttar, constituée uniquement de ces granulats recyclés (sable et gravillons), pour fabriquer une dalle de 5 x 4 m² de même épaisseur 40 cm et de mêmes propriétés fonctionnelles que les dalles déconstruites.

Afin de limiter les risques de fissuration liés au retrait, la formule contenait un superplastifiant (pour diminuer la demande en eau) et un agent réducteur de retrait. Cependant, ce dernier s'est avéré incompatible avec les entraîneurs d'air, classiquement utilisés dans les bétons de piste pour procurer au matériau une résistance suffisante aux cycles de gel-dégel. Aussi, le rapport eau/ciment du béton recyclé a été pris suffisamment bas (E/C = 0,43) pour contrôler le risque de dégradation en conditions hivernales, compte tenu du climat de Roissy-en-France.

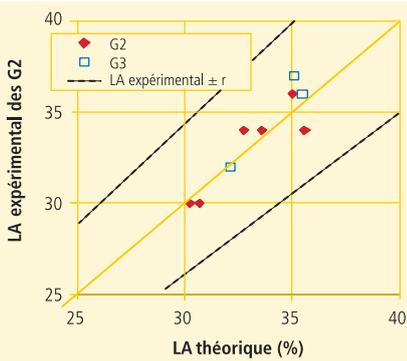


Figure 1
Prévision du Los Angeles des granulats recyclés (LA_R) en fonction de la résistance du béton d'origine (RC_{28}) et du Los Angeles du granulat d'origine (LA_G) selon une formule de la forme $LA_R = a + b RC_{28} + c LA_G$, avec a, b et c constantes. On constate que la relation reste valable pour du multi-recyclage (G3)
Los Angeles Rattler test (LA_R) prediction for recycled aggregates based on 28 day compressive strength (RC_{28}) of original concrete and LA of original aggregate (LA_G) using a formula of the form $LA_R = a + b RC_{28} + c LA_G$, where a, b and c are constants. It is seen that the relation remains valid for multi-recycling (G3)

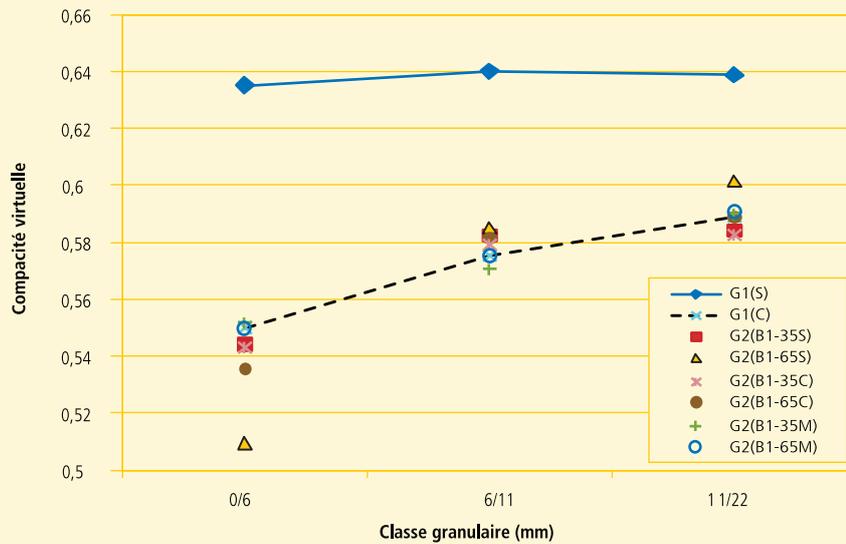


Figure 2
La compacité des granulats recyclés, qui influence l'ouvrabilité des bétons dans lesquels ils sont recyclés, ne semble pas dépendre de la nature du béton d'origine, ni du granulat d'origine mais uniquement de la taille de la fraction granulaire considérée (et du mode de concassage). La pâte résiduelle semble imposer une compacité proche de celle d'un calcaire concassé.
En trait, compacité des granulats naturels siliceux (S) et calcaires (C). Nomenclature : G2 (B1-65M) = granulat recyclé d'un béton de 65 MPa confectionné avec un sable siliceux et des gravillons calcaires
The compactness of recycled aggregates, which influences the workability of the concrete in which they are recycled, does not appear to depend on the nature of the original concrete, nor of the original aggregate, but only on the particle size fraction considered (and the crushing method). The residual slurry appears to call for a compactness near that of a crushed limestone.
Broken line, compactness of natural siliceous (S) and limestone (C) aggregates. Nomenclature: G2 (B1-65M) = recycled aggregate of a 65 MPa concrete made with siliceous sand and limestone aggregates.



Photos 2 et 3
Déconstruction de dalles d'aéroport puis recyclage à 100 % dans une dalle de mêmes performances fonctionnelles
Deconstruction of airport slabs and 100% recycling in a slab of same functional performance

La formule ainsi proposée contenait 423 kg de CEM II/B-S 42,5 N et présentait une résistance au fendage de 4,3 MPa à 28 jours pour 3,3 MPa requis. On aurait probablement pu diminuer le dosage en ciment en prenant une marge de sécurité moins élevée.

En novembre 2010, les 13 m³ nécessaires à la confection de la dalle ont été produits en centrale de béton prêt à l'emploi, sans précaution particulière. Le béton avait un affaissement de 8 cm à l'arrivée sur chantier pour permettre une mise en œuvre manuelle. Le béton a été coulé, nivelé, vibré, taloché et balayé sans aucune difficulté (photo 3). A ce jour, on ne relève aucune fissuration ni dégradation de la dalle, après un hiver assez froid. Il faut noter toutefois que pour l'instant la dalle n'a pas encore été remise sous circulation lourde.

Conclusions

Une importante campagne d'essais a été entreprise de 2009 à 2011 dans le cadre d'une thèse sur le recyclage du béton dans le béton. A l'occasion de cette campagne, des granulats ont été recyclés à partir de bétons de propriétés variables, et des bétons ont été fabriqués à partir de granulats de bétons recyclés de compositions variables. Un effort particulier a été fourni pour caractériser au mieux à chaque étape les granulats et les bétons ainsi générés. L'ensemble des informations ainsi collectées forment une base de données riche dont le dépouillement sera terminé au tout début de l'année 2012. Les résultats de la thèse devraient fournir des outils pratiques pour l'optimisation de béton contenant des recyclés.

En ce qui concerne le chantier expérimental, il a été possible de recycler un béton sur lui-même, et d'amorcer une seconde durée de service pour une dalle d'aéroport dont les propriétés d'usage devraient être équivalentes à celles de sa première vie, sous réserve que le bon comportement, constaté jusque-là, perdure. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] T. Sedran, D-T Dao, F. de Larrard, « Optimiser le recyclage de granulats de béton concassé dans les matériaux hydrauliques », Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA) n°880, pp. 26-27, novembre 2009
- [2] Norme NF EN 12620 +A1 (P18-601) : Granulats pour béton, juin 2008
- [3] Bernier G., « Le recyclage de béton sous forme de granulats », Thèse de doctorat, ENSET, 1983
- [4] Norme NF EN 206-1 (P18-325-1) version corrigée : Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité, avril 2004
- [5] Méthode d'essai des LPC n°58-7, « Mesure de la perméabilité au gaz des bétons durcis par un dispositif à charge constante », édition LCPC, 2002



Initial results of study on crushed concrete aggregate recycling

Partnered research was started at the end of 2008 at the IFSTTAR (French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks) on the recycling of crushed concrete for use as concrete aggregate. It was accompanied by a doctoral thesis co-funded as part of an industrial research training convention (CIFRE) by major players of the trade. It will culminate at the beginning of 2012 and should provide a certain amount of information for use by practitioners. For example, how can the usage properties of recycled aggregates be predicted based on those of the concrete to be deconstructed, or how are the properties of recycled aggregates to be taken into account in concrete mix design? The approach used in the adopted study as well as some preliminary laboratory results are presented briefly. Without waiting for the completion of the thesis, an experimental 100% recycling worksite for an ADP (Paris Airport) runway pavement was carried out successfully in 2010.

AUTEURS

Thomas Cornu
Commercial
Bouygues Travaux publics

Michel Dunand
Directeur technique Sud
Groupe NGE

Christine Leroy
Directrice des affaires techniques
USIRF

Florence Pero
Secrétaire générale
SPECBEA



Routes, ouvrage d'art et paysage
Roads, structures and landscapes

SEVE et les ouvrages en béton



Le logiciel SEVE [1, 2] est un éco-comparateur permettant de comparer deux ou plusieurs solutions dans le cadre de réponse à appels d'offres. Il n'est pas adapté pour la réalisation d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour lui conserver ses caractéristiques intrinsèques de précision, il est d'ailleurs recommandé de ne pas l'utiliser pour calculer les impacts environnementaux d'un chantier de manière absolue. Cela implique également d'apprécier des chantiers comparables du point de vue de leur niveau de service et de leurs fonctionnalités.

Par exemple, il serait incorrect d'examiner 2 chantiers n'ayant, à leur terme, pas la même durée de vie. Ainsi, deux chantiers considérés dans SEVE devront satisfaire aux contraintes suivantes :

- adéquation parfaite au cahier des charges du client,
- même qualité de service (notamment le dimensionnement),
- même durée de vie et de qualité de service (les solutions pouvant avoir, ou non, un scénario avec 1 ou plusieurs entretien(s)),
- même niveau de recyclabilité des produits en fin de vie.

Analyse de cycle de vie (ACV)

L'ACV est une méthode de quantification d'impacts environnementaux. Cette analyse comprend un inventaire du cycle de vie (ICV) fournissant les données environnementales ; ces dernières permettant d'évaluer les impacts environnementaux du produit et de son utilisation durant sa vie.

L'ICV prend en compte l'extraction des matières premières, la phase de production, le transport, l'application puis l'utilisation du produit et son élimina-

tion en fin de vie. Le principe général est défini par les normes NF EN ISO 14040 : 2006 [3] et NF EN ISO 14044 : 2006 [4].



L'application pratique est faite en utilisant la norme NF P01-010. Les indicateurs environnementaux retenus dans SEVE sont repris en partie de cette norme (un indicateur d'impact défini dans la norme NF P01-010 et trois indicateurs de flux spécifiques au secteur des travaux publics).

Lors d'un appel d'offres, il est difficile pour les entreprises de s'engager sur la fréquence des séquences d'entretien d'un chantier ainsi que sur sa durée de vie totale, qui sont fonction de beaucoup de paramètres que les entreprises ne peuvent maîtriser.

En conséquence, il a été décidé de travailler sur des ACV partielles, débutant par l'extraction des matières premières et limitées jusqu'à la livraison du chantier, la condition étant que la solution variante rende le même service que la solution de base au cahier des charges. La figure 1 présente l'ACV partielle d'un chantier.

Par exemple, l'utilisateur pourra ajouter dans sa base de données entreprise toutes les centrales à béton qui lui seront nécessaires.

Ainsi tous les produits (liant hydraulique, granulats, ...), tous les engins (tombereau, raboteuse, compacteur, machine à coffrage glissant, ...) tous les types de transports sont mis à disposition de l'utilisateur.

Par la suite, en entrant les données du projet, il est aisé de comparer l'impact environnemental de la solution de base avec une variante. Ainsi est calculé le bilan environnemental de la solution technique selon les différents critères d'évaluation choisis, en fonction des spécificités du projet :

- opération composant le projet,
- type et quantité de chaque couche de matériau,
- engins utilisés,
- distance et type de transport entre la centrale et le chantier,
- etc.

Il est envisageable d'introduire une notion de durée de vie ou des phases d'entretien en ajoutant « une couche » supplémentaire à la solution de base et/ou variante.

SEVE apporte la garantie de confidentialité des formulations de matériaux propres à chaque entreprise, ainsi d'ailleurs que celle de tous les projets élaborés par les bureaux d'études des agences travaux : la base de données est mise à disposition de tous mais chacun constitue ses propres ressources pour répondre aux appels d'offres dans le plus grand secret.

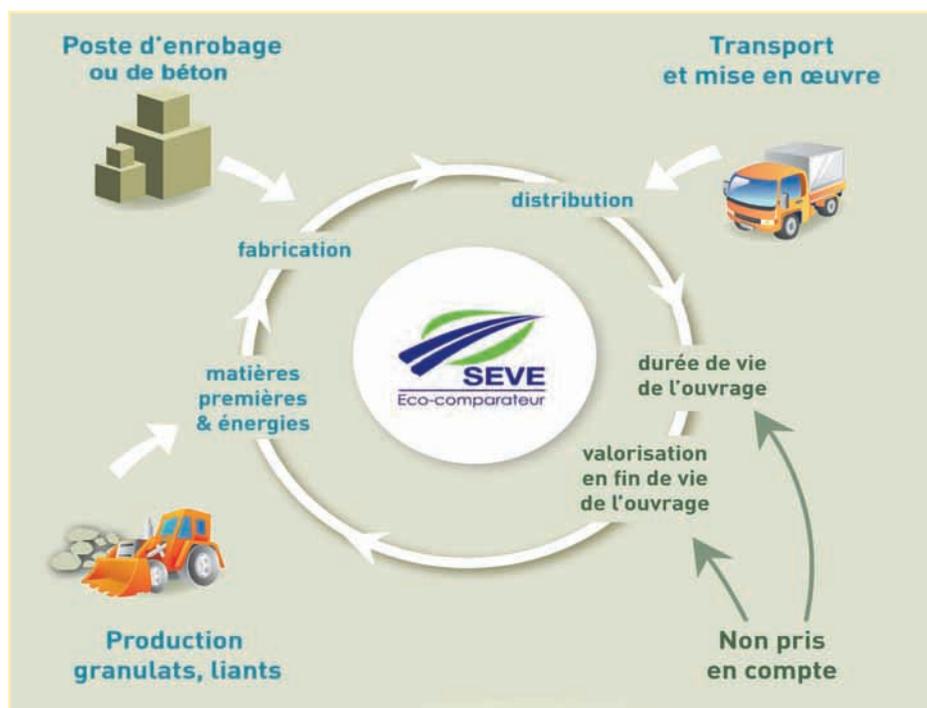


Figure 1
ACV partielle d'un chantier routier
Partial LCA of a highway project

Ainsi, pour mettre en valeur une technique sur toute la durée de vie de l'ouvrage, il suffit de détailler dans les différentes variantes présentées la construction puis les opérations ultérieures d'entretien.

Les atouts de SEVE

L'une des grandes forces du logiciel SEVE est son utilisation via une connexion Internet. Après avoir obtenu son login, il suffit pour cela de se connecter au site : www.seve-tp.com

SEVE s'appuie sur la base de données USIRF, standardisée et commune à l'ensemble des utilisateurs, mise à disposition sur le site. Par ailleurs, un des autres points majeurs de cet outil est la possibilité d'incorporer au logiciel, des données propres et confidentielles à chaque entreprise. Il suffit alors pour l'entreprise de justifier des coûts environnementaux de son (ses) produit(s) spécifique(s).

Ce dernier, s'il le souhaite, peut connaître le coût environnemental réel d'une formule de matériau traité au liant hydraulique en fonction des spécificités de chaque poste de fabrication, par exemple :

- distance et type de transport des matières premières vers le poste,
- types et ratios^(*) des matériaux,
- ...

^(*) SEVE utilise le terme ratio correspondant au pourcentage des constituants dans une formule de produit, la totalité des constituants étant égale à 100 %.

Les indicateurs de SEVE

La comparaison s'effectue sur quatre indicateurs (figure 2) ayant été retenus dans le cadre de la Convention d'engagement volontaire (CEV) signée avec le ministère en charge de l'Ecologie :

- un indicateur d'impact défini dans la norme NF P01-010 et correspondant au changement climatique,
- un indicateur de flux correspondant à l'énergie procédée consommée,
- deux indicateurs de flux spécifiques au secteur des travaux publics correspondant à l'utilisation d'agrégats d'enrobés et de granulats naturels (pour le béton).



Figure 2
Les quatre indicateurs de SEVE
Four SEVE indicators

Dossier Le béton au quotidien

Consommation énergétique (Mega-Joule (MJ))

Il s'agit d'un indicateur de flux comptabilisant l'énergie primaire procédé qui représente la somme des énergies renouvelables et non renouvelables utilisées lors de la réalisation de l'ouvrage.

Emissions de GES (tonne équivalent CO₂)

Cet indicateur rend compte de l'impact sur le changement climatique. On somme les flux correspondant aux émissions de GES dans l'air pour tous les matériaux mis en œuvre mais également toutes les opérations nécessaires au projet et tous les transports. L'indicateur prend en compte les différentes émissions citées dans la norme NF P01-010 (CO₂, CH₄ et N₂O). En ce qui concerne les données en CO₂ équivalent ayant été calculées par l'USIRF, elles sont basées sur les pouvoirs de réchauffement global (PRG) de l'IPCC 2007 (Intergovernmental panel on climate change) :

$$\text{Masse CO}_2 \text{ eq} = (\text{masse CO}_2 \times \text{PRG CO}_2) + (\text{masse CH}_4 \times \text{PRG CH}_4) + (\text{masse N}_2\text{O} \times \text{PRG N}_2\text{O})$$

- Ces masses sont exprimées en kg :
- PRG du CO₂ = 1 kg CO₂ éq par kg,
 - PRG du CH₄ = 25 kg CO₂ éq par kg,
 - PRG du N₂O = 298 kg CO₂ éq par kg.

En ce qui concerne les données en CO₂ équivalent issues de sources externes comme les fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES), SEVE prend systématiquement les dernières données disponibles.

Granulats naturels (tonnes)

Cet indicateur comptabilise les tonnes de granulats naturels consommées sur le chantier. Par différence avec la solution de base, cela permet de mesurer les quantités de granulats naturels économisées.

L'utilisation de béton de récupération aura un impact direct sur cet indicateur de flux, du fait d'une diminution de la quantité de granulats naturels employés.

Agrégats d'enrobés (AE) (tonnes)

Cet indicateur comptabilise les quantités d'AE réutilisées dans la formulation des matériaux bitumineux chauds, tièdes et froids. L'indicateur de flux AE prend en compte uniquement les quan-

tités effectivement réemployées sur le chantier (non prise en compte des matériaux sortants potentiellement réutilisables sur d'autres chantiers).

- Le calcul ne prend pas en compte :
- Le déplacement du personnel (agence ou centrale de fabrication), dont le poids est jugé négligeable.
 - L'immobilisation liée aux transports.
 - Les infrastructures des centrales et des véhicules poids lourd (camion 14 t, ...).



Le déroulement du chantier RN4, déviation de Bebing-Himling
Works on highway RN4, Bebing-Himling diversion

Les résultats obtenus et le PDF de synthèse

Le calcul d'une «solution technique base ou variante» comprend :

- La production des matériaux entrants dans la fabrication de la chaussée, y compris l'extraction du milieu naturel, les différents traitements, les différentes opérations de fret en amont du projet ou des centrales.
- La transformation de ces matériaux dans des centrales (à béton ou d'enrobés).
- Les opérations de transport des matériaux ou produits tout au long du chantier (de la centrale vers le chantier, du chantier vers l'extérieur, ou internes au chantier).
- Les opérations de mise en œuvre sur le chantier (terrassements, réglages, réalisations de couches de chaussées, démolitions, rabotages, ...).
- Le traitement des produits éliminés ou recyclés à l'issue du chantier (prise en compte du coût environnemental de la mise en décharge et non pas prise en compte du coût environnemental ou des bénéfices du recyclage conformément à la méthode des stocks préconisée dans la NF P 01-010).
- Les infrastructures des postes d'enrobage et des engins (hors véhicules poids lourd).

Actuellement, la «fabrication des mélanges» et le «transport en amont» sont présentés de façon séparée uniquement pour les produits suivants :

- enrobés bitumineux,
- asphaltes coulés,
- matériaux traités aux liants hydrauliques (MTLH).

Leurs impacts environnementaux sont décrits selon 5 étapes : matériaux, transport en amont, fabrication des mélanges, transport chantier, mise en œuvre.

Pour les autres produits fabriqués type géotextile, une découpe en 5 étapes n'a pas été possible par manque de données spécifiques sur certaines sous-étapes. L'évaluation des impacts a donc été réalisée en 3 grandes étapes : matériaux, transport chantier, mise en œuvre. Le coût environnemental de la «fabrication des mélanges» et du «transport en amont» est intégré dans le coût environnemental des «matériaux».



L'application au béton

Dans la version du logiciel SEVE en ligne jusqu'à fin novembre, le béton est modélisé selon deux formules de béton prêt à l'emploi C25/30 et C35/45 correspondant à des formulations couramment livrées sur chantier.

Elles contiennent respectivement :

- 84,10 % de granulats naturels transportés en amont de la centrale à béton sur 30 km en camion 24 t ;
 - 15,90 % de ciment CEM III transporté en amont de la centrale à béton sur 100 km en citerne 24 t ;
 - densité du béton : 2,2 t/m³ ;
- et
- 83 % de granulats naturels transportés en amont de la centrale à béton sur 30 km en camion 24 t ;
 - 17 % de ciment CEM I transporté en amont de la centrale à béton sur 100 km en citerne 24 t
 - densité du béton : 2,25 t/m³.

Les granulats naturels et le ciment constituent les 100 % de la formule et l'eau est comptée en plus.

La prochaine version de SEVE qui sera mise en ligne fin novembre 2011 permettra d'élaborer également les formules de béton hydraulique à partir de centrales de chantier.

Il restera alors à définir les ateliers correspondant aux différents types de finition des surfaces en béton : balayage, polissage, bouchardage, désactivation, ... ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. Leroy, L'éco-comparateur SEVE, Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n° 881, décembre 2009-janvier 2010, p. 74
- [2] C. Leroy et al., SEVE, le nouvel outil des entreprises routières, Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n° 883, mars 2010, pp. 28-33
- [3] Norme NF EN ISO 14040 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre, AFNOR X30-300, octobre 2006
- [4] Norme NF EN ISO 14044 : Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices, AFNOR X30-304, octobre 2006
- [5] Norme NF P01-010 : Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction, AFNOR, décembre 2004



SEVE and concrete structures

The SEVE software programme is an eco-comparator allowing the comparison of two or more solutions in replies to calls for tenders. It is not suited for obtaining an assessment of greenhouse gas emissions (GGEs). To conserve its intrinsic precision properties, it is moreover not recommended for calculating worksite environmental impacts in an absolute manner. This also means that evaluations must consider worksites that are comparable from the standpoint of their service level and their functionalities.

For example, it would be wrong to examine two worksites which would ultimately not have the same service life. Hence, two worksites considered for SEVE must meet the following requirements:

- perfect compliance with customer specifications,
- same service suitability (structural design in particular),
- same service life and same quality of service (solutions may or not involve a scenario with one or more maintenance operations),
- same end-of-life recyclability of products.

AUTEUR

François de Larrard⁽¹⁾
Directeur de recherche
LUNAM Université (L'université Nantes-Angers-le Mans)
IFSTTAR (Institut français des sciences
et technologies des transports,
de l'aménagement et des réseaux), centre de Nantes

⁽¹⁾ depuis le 1^{er} septembre 2011 : Directeur scientifique Construction durable et Partenariats, Lafarge Centre de recherche, L'Isle d'Abeau.

Remerciements

Le projet CLEAN est soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR), dans le cadre de son programme Villes durables 2008. L'auteur de l'article exprime également sa gratitude envers les participants des projets CLEAN, LLP phases 1 à 3, et envers le secrétariat du JTRC. Enfin, la participation des maîtres d'ouvrage (conseils généraux de la Sarthe et de Loire-Atlantique), témoignant d'un engagement volontariste pour l'innovation routière au service de l'usager, est particulièrement appréciée.



Section d'essai de Loire-Atlantique (construite en mai-juin 2011) 75 m d'EHFR (au premier plan) suivis de 75 m d'EHFG
Test section in Loire-Atlantique region (built in May-June 2011) 75 m of EHFR (foreground) followed by 75 m of EHFG

L'enduit hydraulique fibré rainuré (EHFR) Un matériau prometteur pour des couches de roulement à longue durée de vie



Dans le cadre d'un projet international mené par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), et d'un projet français financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR), il s'est agi de mettre au point un matériau hydraulique pour couches de roulement à longue durée de vie, pouvant être appliqué sur des sections à très fort trafic. La solution finalement sélectionnée est constituée d'un mortier fibré à ultra-hautes performances, appliqué en une couche d'épaisseur 12 mm, et rainuré longitudinalement afin de lui procurer une drainabilité de surface. On peut également incorporer dans le matériau du dioxyde de titane (TiO₂) afin de lui conférer une fonction supplémentaire dépolluante. Un chantier expérimental a été réalisé au printemps 2011 sur une route départementale de Loire-Atlantique. Les performances en adhérence, en génération de bruit et en capacité dépolluante sont très encourageantes. L'article conclut sur les améliorations technologiques nécessaires pour un développement industriel de ce nouveau matériau économe en ressources non renouvelables.

Introduction

En France, les assises des chaussées routières à fort trafic sont dimensionnées pour 30 ans, quelle que soit la maîtrise d'ouvrage, et durent souvent plus longtemps. En revanche, les couches de roulement ont une durée de vie beaucoup plus courte, de l'ordre de 7 à 10 ans. La dégradation du matériau, son départ ou la diminution de son adhérence avec les pneumatiques, provoquée par le polissage des granulats, en commandent périodiquement le renouvellement. Celui-ci passe par des travaux d'entretien, qui engendrent une gêne à l'usager et aux riverains, en particulier pour certaines sections critiques des réseaux routiers et autoroutiers. Pour ces chaus-

Partenaires du projet CLEAN, acteurs principaux du présent travail

- Thierry Sedran, Thanh-Binh Nguyen, Patrick Maisonneuve, Yves Pichaud, Julien Cesbron, Université Nantes-Angers-Le Mans (LUNAM Université) - Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) centre de Nantes
- Jean-François Petit, Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE) Ile-de-France
- Christophe Guyot, Matthieu Duval, SIKA France
- Philippe Patillot, Ciments Calcia
- Richard Blaszczyk, Adrien Vengeant, SAE Fayat
- Guy Lemonnier, Pro.sper (procédés spéciaux de la route)
- Jean-Claude Blanchard, Conseil général de la Sarthe (CG 72)
- Pierre-Yves Auffret, Sylvain Charlicart, Conseil général de Loire-Atlantique (CG 44)

sées, il serait souhaitable de disposer de matériaux capables de constituer des couches de surface aussi durables que les couches de base.

Ce constat est à la base des travaux du groupe *Long-Life Pavement* du JTRC (*Joint Transport Research Council*), organisme commun à l'OCDE (Organisation

de coopération et de développement économique) et au FIT (Forum international des transports).

L'article présente une solution technique innovante, fruit de ces travaux, appelée enduit hydraulique fibré rainuré (EHFR) et développée dans le cadre du projet français CLEAN (chaussée à longévité environnementale adhérente et nettoyante).

La genèse du matériau et ses principales propriétés, telles que mesurées en laboratoire ou sur une chaussée expérimentale récemment construite en Loire-Atlantique, sont ici présentées. Ses vertus dépolluantes, dans la version photocatalytique, sont également décrites. On conclut sur les espoirs soulevés par ce nouveau concept, et sur le travail restant à faire pour favoriser son application à plus grande échelle.

L'enduit hydraulique fibré gravillonné, EHFG (projet LLP OCDE)

La phase 1 du projet LLP, de nature économique, avait montré qu'un matériau à haute durabilité pouvait trouver son marché dans les pays développés, à condition que son coût au mètre carré ne dépasse pas le triple de celui des solutions utilisées dans les différents pays participant au projet [1].

Lors de la phase 2, deux solutions techniques ont été étudiées en laboratoire : l'enrobé au bitume-époxy, utilisé depuis plusieurs décennies comme revêtement de certains grands ponts métalliques à dalles orthotropes, et une solution hydraulique nouvelle, l'enduit hydraulique fibré gravillonné (EHFG) [2-6].

Les idées ayant présidé à la genèse de ce dernier matériau étaient les suivantes :

- Les assises des chaussées à fort trafic sont majoritairement bitumineuses.
- Compte tenu de l'absence de réactions de dégradations spontanées dans les conditions climatiques des pays tempérés, les matériaux cimentaires sont de bons candidats pour assurer une durabilité élevée.
- Les matériaux cimentaires présentent naturellement une excellente adhérence avec les matériaux bitumineux, lorsqu'ils sont au-dessus de ces derniers, et que des précautions suffisantes sont prises en termes de qualité du support et de l'interface.
- Le maintien d'une faible glissance sur plusieurs décennies passe par l'utilisation de granulats aux caractéristiques mécaniques fortes, voire exceptionnelles. La bauxite calcinée est, à ce jour,

un des meilleurs granulats disponibles, combinant de très faibles valeurs de Los Angeles (LA) et de Micro-Deval (MDE) avec de forts coefficients de polissage accéléré (PSV).

• Cependant, ces granulats sont très coûteux, et, sachant que seul le lit supérieur est en contact avec les pneumatiques, il est inutile d'en utiliser dans l'épaisseur de la couche de roulement.

• La technique de l'enduit s'impose alors, mais avec une matrice capable de maintenir les granulats sur la chaussée, tout en protégeant cette dernière des effets du trafic et des intempéries.

• Au sein des matériaux hydrauliques, les bétons fibrés ultra-performants (BFUP), qui sont étudiés depuis une quinzaine d'années, constituent une bonne solution pour assurer ce rôle, par leur résistance exceptionnelle aux agressions mécaniques et physico-chimiques, ainsi que par leur capacité à résister à la fissuration de retrait empêché.

La figure 1 et la photo 1 présentent le principe et l'aspect de l'EHFG, tel que défini dans cette phase 2 du projet LLP. Sa composition est décrite dans le tableau 1. On note que le matériau comporte un fort dosage en ciment et en fumée de silice, et présente à l'état frais une consistance fluide propre à faciliter son répandage en fine couche, et son collage avec le support bitumineux et les granulats de bauxite.

Constituants en kg/m ³	A	B
Sable siliceux roulé 0,2/1	429	-
Sable siliceux roulé 0,08-0,315	429	-
Sable siliceux de quartz concassé 0/1	-	883
Ciment Portland CEM I	985	982
Fumée de silice	197	-
Superplastifiant (poudre sèche)	4,4	2,21
Retardateur (liquide)	4,95	2,65
Fibres métalliques 13 x 0,2 mm (3 % en volume)	235	226
Eau	207	294
e/c	0,21	0,3
Affaissement [cm]	21	20-26
Gravillonnage	4,5 kg/m ² (bauxite calcinée 4/6)	3 kg/m ² (porphyre 4/6)

Tableau 1
Composition de l'EHFG
A : formule testée par les différents partenaires du groupe LLP phase 2 [3]
B : formule mise en œuvre sur le chantier de Loire-Atlantique
Composition of EHFG
A: formula tested by different partners of group LLP phase 2 [3]
B: formula applied on worksite of Loire-Atlantique region

Le fibrage de l'EHFG a fait l'objet de recherches approfondies. Le rôle de ces fibres est d'empêcher la macro-fissuration due au retrait empêché, afin que la couche supérieure reste intègre, ne se décolle pas de son support et assure son rôle protecteur de l'assise routière.

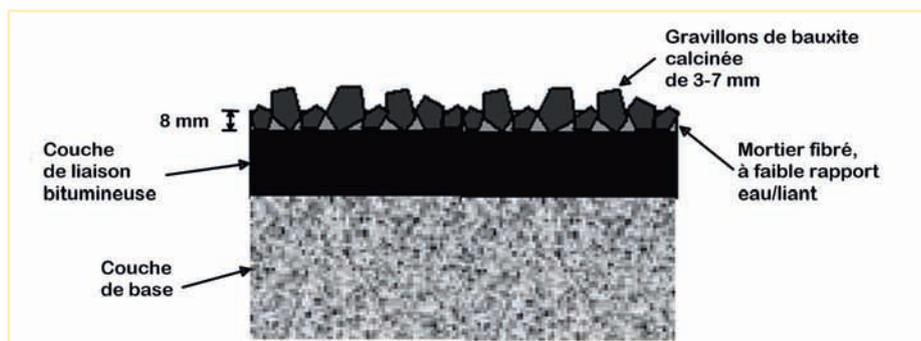


Figure 1
Principe de l'enduit hydraulique fibré gravillonné (EHFG) [2]
Principle of fibre-reinforced cementitious surface dressing with aggregates (EHFG)



Photo 1
Aspect de l'EHFG
Appearance of EHFG material

Au démarrage, des fibres d'acier avaient été choisies, comme dans la plupart des BFUP à vocation structurelle [7]. En cours de projet, et lors du projet CLEAN, partie française de la phase 3 du projet LLP, différentes natures et dosages de fibres ont été envisagés et testés en laboratoire et en plein air, afin d'évaluer quelle composition permettrait d'empêcher, au mieux, la fissuration de retrait (tableau 2). Au vu des résultats sur la macro-fissuration, et compte tenu de la fragilité à la mise en œuvre des fibres d'aramide (en cas de malaxage prolongé ou de pompage)

Dossier Le béton au quotidien

rendant problématique leur emploi sur chantier, le choix initial de fibres d'acier (dosées à 3 % en volume) a été confirmé.

imposant une macro-texture au mortier lui-même.

Des rainures plutôt que des gravillons l'EHFR

La macro-texture d'un revêtement routier est indispensable pour assurer la drainabilité de surface. Il importe en effet qu'aucun film d'eau, provoqué par le ruissellement de la pluie, ne se trouve emprisonné entre le pneumatique et la chaussée, provoquant un phénomène d'hydroplanage. Cependant, cette macro-texture doit être limitée afin de ne pas conduire à une génération de bruit excessive.

Afin de créer une texture dans le mortier frais, on a tout d'abord cherché à reproduire la macro-texture d'un type d'enrobé connu pour ses bonnes caractéristiques de surface, le béton bitumineux très mince BBTM 0/6.

Fibrage	e/c	Macrofissure (w > 50 µm)	Microfissure (w < 50 µm)
Témoin	0,22	5	2
Acier 3 %	0,22	-	13
PVA 5 %	0,23	1 (w = 100 µm)	≈ 10
PVA 6 %	0,23	1 (w = 100 µm)	≈ 10
Verre 3,5 %	0,23	*1 (w = 100 µm)	2
Verre 5 %	0,27	*1 (w = 250 µm)	-
Aramide standard 1 %	0,24	5 (50 < w < 70 µm)	3
Aramide standard 1,5 %	0,24	5 (50 < w < 70 µm)	1
Aramide standard 2 %	0,24	-	14
Aramide standard 3 %	0,26	-	14

Tableau 2
Résultat des essais de retrait empêché en laboratoire à 170 jours (* : valeurs à 42 jours)
Results of impeded shrinkage tests in laboratory after 170 days (* : values after 42 days)

En laboratoire, ce complexe présente des qualités prometteuses :

- Le mortier affiche des résistances à 28 jours en compression et en flexion, sur prismes 4 x 4 x 16 cm, respectivement d'environ 180 et 40 MPa, ce qui le place dans le haut de gamme des matériaux cimentaires contemporains.
- Les efforts tangentiels appliqués sur la surface du complexe dans l'essai Triboroute (matériel LPC) ne provoquent aucun départ de matériaux (figure 2).
- La résistance au gel-dégel, aux chocs ou aux acides, notamment dans un essai allemand, dit « Total test », est excellente [3].
- L'adhérence avec les pneumatiques, évaluées grâce à l'essai Wehner & Schulze [8], présente des niveaux très supérieurs à ceux des enrobés bitumineux classiques, et une durabilité au moins trois fois plus élevée (figure 3), et ce, même en remplaçant la bauxite calcinée par un granulats naturel beaucoup moins coûteux.

Sur cette base, une phase 3 du projet LLP a été lancée début 2009, consistant à réaliser des chantiers tests avec ce matériau, ou avec des enrobés au bitume-époxy.

Concernant l'EHFG, le projet CLEAN se déroule depuis cette époque, avec un objectif de développement de matériels et de procédures spécifiques de mise en œuvre. Le premier chantier s'est déroulé en avril 2010 dans le département de la Sarthe. Il a mis en évidence deux défauts de l'EHFG : une difficulté à maîtriser l'enfoncement des gravillons, et une génération de bruit de roulement le plaçant dans la catégorie des revêtements bruyants. La question s'est donc posée de re-concevoir cette solution hydraulique, en évitant le cloutage par des gravillons et en

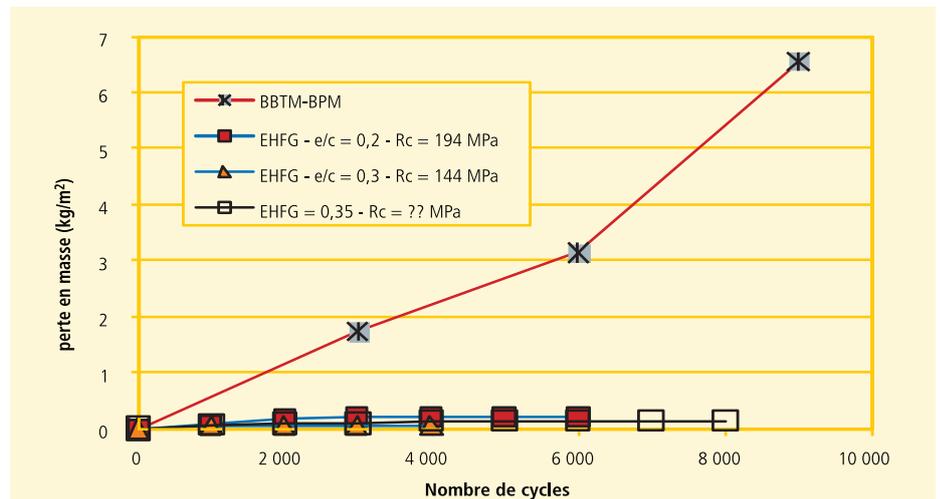


Figure 2
Résistance de l'EHFG aux efforts tangentiels, mesurée à l'appareil Triboroute (MLPC), comparée à celle d'un BBTM (béton bitumineux très mince) à base de bitume modifié
Resistance of EHFG material to tangential forces, measured with the Triboroute device (of MLPC, French TR laboratories) compared to that of a very thin asphalt using a modified bitumen

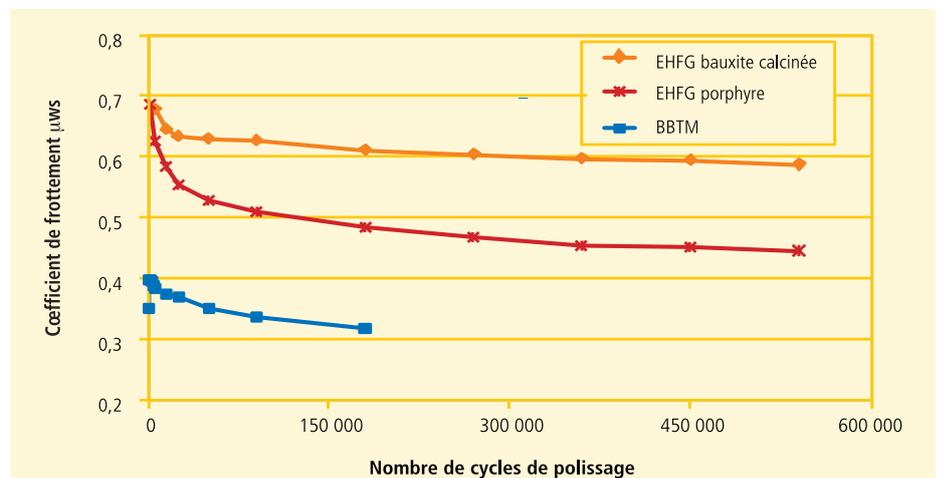


Figure 3
Adhérence de l'EHFG, mesurée à la machine Wehner et Schulze [8]
Skid resistance of EHFG surface dressing measured with Wehner-Schulze machine [8]

Une matrice en élastomère a été fabriquée par moulage de l'enrobé, puis, après durcissement, appliquée sur le mortier frais au moyen d'un rouleau. Cependant, cette méthode a semblé délicate à maîtriser sur chantier, car supposant, comme le cloutage, une grande précision dans la hauteur d'application du moule. Compte tenu des moyens et du temps disponible pour développer le procédé, il a paru plus sage d'utiliser un procédé existant, en vogue aux USA pour les chaussées en béton [9] : le sciage de rainures longitudinales dans le matériau durci à la scie diamantée. On obtient alors un revêtement rainuré, tel que celui présenté sur les photos 2. Ce revêtement a été étudié en laboratoire (à l'IFSTTAR Centre de Nantes), et sur un chantier expérimental exécuté en Loire-Atlantique au printemps 2011.

Un tel matériau doit être caractérisé sous les aspects adhérence et génération de bruit, comme tout revêtement de surface. Des questions supplémentaires pouvaient aussi se poser, telles que les risques de guidonnage pour les deux-roues, de crevaison (à cause des fibres métalliques) et d'hydroplanage (compte tenu de l'absence de macro-texture dans le sens longitudinal).



Photos 2

Enduit hydraulique fibré rainuré (EHFR)

(a) : rainurage à la scie diamantée

Les spécifications de rainurage étaient les suivantes : entraxe 10 mm, largeur 4,5 mm, profondeur 3 mm

Grooved fibre-reinforced cementitious surface dressing (EHFR)

(a): grooving with diamond saw

Grooving specifications: distance between centres 10 mm, width 4.5 mm, depth 3 mm

(b) : aspect final

(b): final appearance

Guidonnage

On entend ici par guidonnage la perturbation apportée à la conduite des deux-roues, lorsque la roue avant est guidée par un relief longitudinal, et ne peut effectuer normalement les micro-oscillations nécessaires à l'équilibre du véhicule. Ce phénomène était bien

connu des usagers, à l'époque où le rainurage longitudinal était en vogue pour les chaussées en béton, et a conduit à l'arrêt de cette technique sur le réseau autoroutier français. Pour qu'il se produise, il faut cependant que le pneu soit capable d'épouser le relief de la chaussée. L'expérience américaine récente a montré qu'avec des rainures suffisamment fines, le guidonnage était inexistant. C'est pourquoi, dans le cas présent, on a spécifié les dimensions de rainure données dans la légende des photos 2 ; une telle échelle de relief pourrait s'éroder rapidement, si le matériau ne présentait une résistance exceptionnelle à l'usure.

Evaluation du risque de crevaison

Les fibres d'acier utilisées dans le mortier présentent isolément un caractère piquant. Lors de l'extrusion du mortier, elles se couchent à l'horizontale et n'apparaissent pas en surface. Dans l'EHFR, le cloutage d'un gravillon provoque parfois la sortie d'une ou plusieurs fibres, qui pointent alors une de leurs extrémités à la surface du matériau.

Le sciage de l'EHFR peut aussi faire saillir des fibres.

une dizaine de fibres se sont fichées dans les pneus, mais la profondeur de pénétration était toujours inférieure au millimètre, de sorte qu'aucune crevaison n'a été constatée. Il semble donc que, dans le contexte d'une chaussée autoroutière à fort trafic, inaccessible aux cycles non motorisés, le risque de crevaison ne soit pas plus important que dans le cas d'un revêtement classique [10].

Hydroplanage

Alors qu'à la surface d'un revêtement classique, dont la macro-texture est assurée par des gravillons, l'eau peut circuler dans toutes les directions du plan lors du passage d'un pneumatique ; il n'en est pas de même avec un matériau rainuré. En effet, dans ce cas, l'écoulement ne peut se produire que dans un sens (ici, le sens longitudinal). Se pourrait-il que la pression soit alors trop élevée, entraînant une lévitation du pneumatique sur le film d'eau ? Une étude étrangère publiée récemment au *Transportation Research Board (TRB)* [11] concernait justement des rainurages de différentes dimensions appliqués à des chaussées en béton. Selon cette étude, la vitesse d'aquaplanage, dans le cas d'un véhicule léger dont les pneus seraient partiellement dégonflés, serait supérieure à la vitesse maximale autorisée en cas de forte pluie. Un calcul direct effectué avec les modèles de Manning Strichler pour la hauteur d'eau et de Darcy Weisbach pour la pression a conduit au même résultat, ce qui permet d'éliminer ce risque, à condition que les spécifications de rainurage soient bien observées [12].

Adhérence des pneumatiques

L'essai Wehner et Schulze (WS) a tout d'abord été utilisé pour caractériser en laboratoire l'adhérence initiale et en service de l'EHFR [8]. Une recherche précédente, portant sur l'adhérence fournie par des granulats de béton concassés, laissait penser qu'il fallait utiliser dans la formulation du mortier de l'EHFR, un sable concassé et anguleux, et non un sable roulé, comme dans la formule initiale de l'EHFR. Après plusieurs essais, un sable de quartz concassé a été sélectionné (figure 4). Avec ce sable, choisi pour les matériaux du chantier de Loire-Atlantique (tableau 1), on obtient un coefficient de frottement WS supérieur à 0,40 sur toute la durée de vie du matériau. Ainsi, selon cet essai, l'EHFR devait présenter constamment une valeur plus élevée que celle d'une couche de roulement classique, lorsque celle-ci est à son maximum d'adhérence.

Dossier Le béton au quotidien

Ces résultats encourageants ont été pleinement confirmés par des mesures en place réalisées après deux semaines de trafic (tableau 3). Bien que la hauteur au sable (ou profondeur moyenne de texture - PMT) soit beaucoup plus faible pour l'EHFR que pour l'EHFG, les niveaux d'adhérence à ce stade d'usure s'avèrent proches. C'est une solution proche de celle dite « Palvadeau peigné ».

Génération de bruit

Cet aspect des revêtements a été mesuré en place en mettant en œuvre la méthode de mesure en continu dite CPX [13]. Les résultats apparaissent sur la figure 5. Alors que l'EHFG présente à toutes les vitesses un niveau de bruit supérieur à celui du BBTM 0/10 voisin, l'EHFR ne s'en distingue pas sous cet aspect. L'analyse en fréquence montre également que l'EHFR et le BBTM présentent des signatures très proches, alors que les bétons de chaussées sont généralement plus bruyants, avec des fréquences plus élevées.

Option photocatalytique

La capacité qu'ont certaines substances chimiques, telles que le dioxyde de titane (TiO_2), à favoriser la dégradation des oxydes d'azote (NO , NO_2) sous l'effet des rayonnements ultra-violets, selon un phénomène de photocatalyse, est reconnue. Depuis quelques années, cet effet est recherché en génie civil, en incorporant du TiO_2 sous la forme anatase dans des matériaux au contact avec l'air, qui peuvent être du ciment, du béton ou des peintures.

Une expérimentation a eu lieu en 2007-2008 à Vanves, où une chaussée urbaine en béton a été construite à base de ciment photocatalytique, et le niveau des oxydes d'azote dans l'air suivi en continu [14]. La même idée s'applique bien au cas de l'EHFG ou de l'EHFR. En effet, du fait de la minceur des couches d'enduit, la consommation surfacique de TiO_2 , constituant rare et coûteux, sera grandement réduite. D'autre part, les matériaux ayant vocation à être appliqués sur des chaussées à fort trafic, ils seront du même fait placés près de sources abondantes de polluants aériens que sont les moteurs des véhicules.

Dans le tableau 4, on présente les capacités dépolluantes de différents revêtements cimentaires, mesurées selon un mode opératoire du CTGItalCementi.

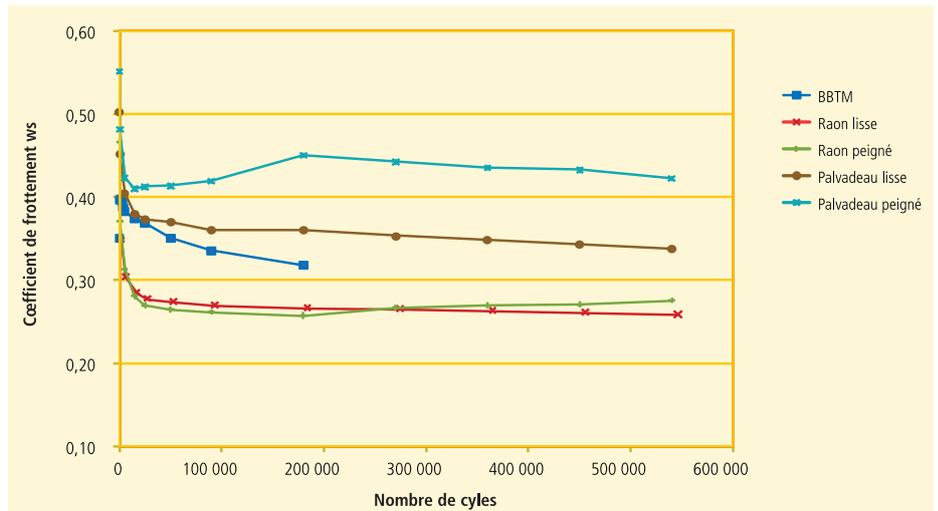


Figure 4 Adhérence de l'EHFR, mesurée à la machine Wehner et Schulze qui a été mise en œuvre sur le chantier de Loire-Atlantique
Skid resistance of EHFR surface dressing measured with Wehner-Schulze machine and placed on Loire-Atlantique worksite

	PMT (mm)	SRT	DFT (Dynamic Friction Tester)		
			20 km/h	40 km/h	60 km/h
EHFG	1,62	71	0,63	0,6	0,61
EHFR	0,88	71	0,65	0,59	0,56
BBSG chantier Sarthe	0,72	63	0,55	0,48	0,44

Tableau 3 Caractéristiques de texture et d'adhérence des enduits du chantier de Loire-Atlantique après deux semaines environ de trafic, comparées aux valeurs obtenues sur l'enrobé du chantier précédent
Texture and skid resistance properties of dressing at Loire-Atlantique worksite after about two weeks of traffic, compared to values obtained on asphalt of previous worksite

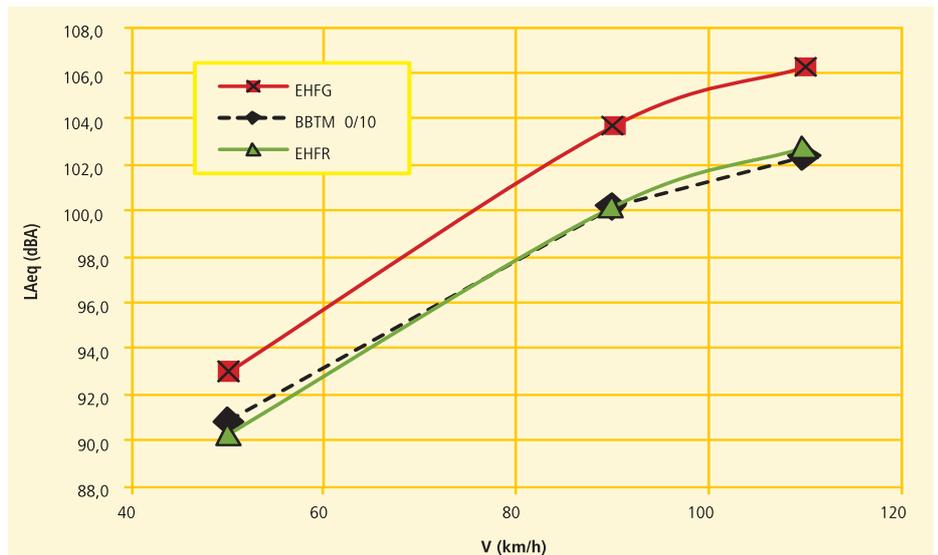


Figure 5 Mesures de bruit CPX des différents matériaux effectuées sur la section de Loire-Atlantique (bande 3), après deux semaines environ de trafic
CPX measurements of noise from different materials carried out on Loire-Atlantique section (lane 3) after about two weeks of traffic

Tout d'abord, même si les matériaux sans TiO_2 présentent une petite activité photocatalytique, l'incorporation de cet adjuvant change radicalement l'efficacité de la couche de surface.

D'autre part, on constate que cette efficacité est gênée par les gravillons de cloutage de l'EHFG, qui constituent un écran entre la matrice cimentaire et l'atmosphère.

Matériau	Ciment photocatalytique	Taux d'abattement (%)		
		NO	NO ₂	NO _x
Béton de chaussée Vanves [14]	Non	0	9	2
Béton de chaussée Vanves [14]	Oui	38	45	41
EHFG formule labo (avec FS et fibres PVA)	Non	-2	11	5
EHFG formule CG 44 (e/c = 0,23)	Oui	30	28	29
EHFR formule CG 44 (e/c = 0,23)	Oui	55	43	50

Tableau 4
Caractéristiques photocatalytiques des enduits hydrauliques
 Conditions opératoires : débit d'air pollué = 0,82 L/min, concentrations de NO et de NO₂ dans l'air entrant = 450 ppb, puissance lumineuse UVA = 1,45 W/cm². Échantillons préalablement conservés 48h00 à 20 °C, 50 % H.R.
Photocatalytic properties of cementitious surface dressings
 Operating conditions: polluted air flow = 0.82 L/min, concentrations of NO and NO₂ in incoming air = 450 ppb, luminous power UVA = 1.45 W/cm². Samples previously conserved 48h00 at 20°C, 50% RH.

C'est pourquoi l'EHFR est nettement plus performant, ses qualités dépassant même celles du béton désactivé mis en œuvre sur le chantier de Vanves. Sur ce dernier chantier, il est apparu un phénomène d'encrassement dans le temps, d'où une réduction assez rapide de l'effet photocatalytique, analogue aux pertes de drainabilité des enrobés drainants liées au colmatage des pores du matériau par les sédiments routiers. Dans le cas de l'EHFR, on espère que le contact des pneus avec les parties en relief entraînera une régénération de surface, et que les rainures ne se colmateront pas, compte tenu de la simplicité de leur géométrie et de l'effet de chasse exercé par le trafic sur chaussée mouillée. Afin de vérifier ces hypothèses de bon maintien des performances photocatalytiques, un suivi de la chaussée de Loire-Atlantique est prévu pour les années à venir.

Conclusion

La conjonction d'un nouveau besoin – des couches de roulement à longue durée de vie pour les chaussées à fort trafic – et d'une nouvelle technologie – celle des bétons et matériaux cimentaires à hautes performances – a permis de créer un concept innovant de couche de surface : l'enduit hydraulique fibré rainuré. Bien mis en œuvre, ce matériau doit présenter un ensemble de performances exceptionnelles : une durée de vie de plusieurs dizaines d'années, un excellent maintien de l'adhérence avec les pneumatiques, et un niveau de bruit de roulement conforme aux exigences actuelles. L'incorporation de TiO₂ dans le mélange permet de lui adjoindre une fonction dépolluante pouvant s'avérer particulièrement pertinente pour des « rues-canyon », autoroutes en tranchées ouvertes et autres espaces confinés soumis à une forte pollution urbaine. D'autre part, sans anticiper sur les résultats d'une analyse du cycle de vie à venir, il apparaît d'ores et déjà que l'EHFR est économe en ressource non

renouvelable : en effet, ce sont 12 mm de matériau devant remplacer 25 mm (épaisseur d'un BBTM), pour une durée de vie trois ou quatre fois plus élevée.

Le chantier de Loire-Atlantique, pour encourageant qu'il soit, a cependant mis en évidence certains problèmes pratiques, qui devront être résolus dans l'avenir par un programme de recherche-développement approprié, dans la suite des projets CLEAN et LLP 3 actuellement en cours :

- des difficultés de fabrication, liées au temps de malaxage du mortier et au risque d'apparition d'agglomération de fibres dans le mélange ;
- des difficultés de pompage du même mortier, dans le cas où les fibres ne sont pas parfaitement dispersées dans le mélange ;
- la nécessité de disposer d'un matériel de répandage spécifique, permettant de couler « frais contre frais » des bandes adjacentes d'EHFR, et ce avec un uni satisfaisant ;
- la conjugaison d'une fenêtre de maniabilité importante avec un durcissement rapide, permettant d'envisager des travaux d'application en une nuit, comme il est courant de le faire pour les réfections de voies des autoroutes à fort trafic. Cet objectif semble atteignable par différents moyens, notamment si on pratique une adjuvantation différée sur chantier juste avant la mise en œuvre ;
- enfin, l'optimisation du fibrage doit être poursuivie, afin d'éliminer toute agglomération de fibres dans le mélange frais et d'interdire l'apparition de microfissures, incompatibles avec l'objectif de durabilité affiché. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] OCDE, « Evaluation économique des chaussées à longue durée de vie - Phase 1 », ISBN-92-64-00856-X © OECD, 116 p, 2005
- [2] De Larrard F., Garcin O., Hammoum F., Travers F., « Essais préliminaires d'un enduit hydraulique pour couche de roulement à longue durée de vie », Note technique, Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, N° 258-259, pp. 121-128, octobre-décembre 2005
- [3] OCDE, « Des chaussées à longue durée de vie pour routes à forte circulation », Rapport du groupe de travail « Long-Life Pavement » du JTRC (OCDE-CEMT), OECD 77 2007 031 P1 / ISBN: 978-92-821-0161-2, avril 2008



Grooved fibre-reinforced cementitious surface dressing (EHFR)

A promising material for long-life wearing courses

In connection with an international project carried out by the OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development), and a French project funded by the ANR (French national research agency), what was sought was to develop a cementitious material for long-life wearing courses applicable on very heavy traffic sections. The final solution chosen consists of an ultra high performance fibre-reinforced mortar applied in a layer 12 mm thick with longitudinal grooving designed for surface drainability. It is also possible to incorporate titanium dioxide (TiO₂) in the material to give it an additional eco-friendly function. An experimental worksite was completed in the spring of 2011 on a departmental (county-like) road in France's Loire-Atlantique region. Performance data for skid resistance, noise generation and eco-friendly capability are very encouraging. The article concludes with a look at the technological improvements required for the industrial development of this new material with its sparing use of non-renewable resources.

- [4] De Larrard F., Chandler J., Christensen J., Hammoum F., Henrichsen A., Himerik T., Sliva N., Tanesi J., Thøgersen F., Vorobieff G., White J., Youtcheff J., "A cementitious long-life wearing course to reduce frequency of maintenance works on high-traffic roads", Transport Research Arena, Ljubljana, April, 2008
- [5] De Larrard F., Chandler J., Thøgersen F., "High Performance Cementitious Material (HPCM): a long-life wearing course for heavy duty pavement", 11th International Symposium on Concrete Roads, Seville, October 2010
- [6] De Larrard F., "The High-Performance Cementitious Material (HPCM), a Cousin of UHPFRC for Long-Life Pavement", in « Designing and Building with UHPFRC – State-of-the-Art and Development », François Toutlemonde & Jacques Resplendino, ed., Wiley-ISTE, 848 p., 2010
- [7] Association française du génie civil (AFGC), « Bétons fibrés à ultra-hautes performances » – SETRA—Service d'études techniques des routes et autoroutes, AFGC, Paris, 2002
- [8] Do M.T., Kane M., De Larrard F., Tang Z.Z., « Essai de polissage Wehner & Schulze », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA), n°875, avril 2009, pp. 79-83
- [9] Wiegand P., "Concrete Solutions for Quieter Pavements on Existing Roadways", National Concrete Pavement Technology Center, October, 2006
- [10] Nguyen T.B., Sedran T., Garcin O., Maisonneuve P., Pichaud Y., Cesbron J., De Larrard F., « Plancher d'essai IFSTTAR », Rapport projet ANR CLEAN, Livrable R8bis, juillet 2011
- [11] ONG G. P., FWA T. F., "Analysis of effectiveness of longitudinal grooving against hydroplaning". TRB Annual Meeting, janvier 2006
- [12] Nguyen T.B., « Formulation de l'EHFG pour la planche N°2 », Rapport projet ANR CLEAN, Livrable R5, juin 2011
- [13] Méthode d'essai des LPC n°63, Version 2.0 : "Mesure en continu du bruit de contact pneumatique-chaussée", édition LCPC, octobre 2008
- [14] Gignoux L., Chistry J.-P., Vacher J.-P. « Chantier expérimental à Vanves – Voirie en béton et éléments modulaires dépolluants », RGRA n° 862, novembre 2007

AUTEURS

Angelika Staebner
Ingénieur projet
Egis Road Operation

Jean-Pierre Marchand
Consultant
Route et conseil



Chaussée en béton de l'autoroute A2 SII
Concrete pavement of motorway A2 SII

Partenariat public-privé autoroutier en Pologne Le choix d'une chaussée en béton



Le segment II de l'autoroute A2 entre Swiecko et Nowy Tomysl (à l'ouest de la Pologne) représente sur près de 100 km le plus grand projet d'investissement en concession, réalisé dans ce pays sur le mode PPP (partenariat public-privé), pour la construction et l'exploitation d'une autoroute à péage.

Le choix du consortium s'est porté en faveur d'une structure de chaussée en béton de ciment, même si le coût initial se révèle élevé. La prise en compte de l'importance du trafic poids lourd, la résistance aux cycles de gel/dégel et une très grande durée de vie ont été des atouts indéniables dans la décision. Le fait que l'entretien courant soit minimal a également fait partie intégrante de ce choix.

L'entretien courant et la programmation des travaux sur la chaussée - en cohérence avec la stratégie d'entretien que le concessionnaire a définie et que les équipes de l'exploitant ont choisie - seront facilités par la rédaction du guide technique conçu à cet effet et par la formation appropriée qui a été dispensée.

Préambule

Egis est impliqué dans l'exploitation d'un nouveau projet de chaussée en béton en Pologne : la section II (entre Swiecko et Nowy Tomysl) de l'A2, la plus longue autoroute en béton jamais construite en Pologne, sur près de 100 km (figure 1). Pour cette section II, Egis a également en charge la fourniture des équipements fixes d'exploitation, dont les équipements de 5 gares de péage avec la mise en place d'un système de péage fermé sur la section Nowy Tomysl - Poznan. Le montage du projet, initié en 2000 par le segment I, est présenté figure 2

AWSA (Autostrada Wielkopolska S.A.) est concessionnaire de l'A2 et AESA (Autostrada Eksploatacja S.A.) a en

charge l'exploitation de l'autoroute, incluant les interventions de sécurité, la supervision, les inspections, la maintenance des ouvrages, des équipements et la collecte du péage, pour la durée du contrat de concession (40 ans).

Les travaux de construction du segment II ont débuté en juillet 2009 et seront achevés fin 2011, date de l'ouverture au trafic. La mise en place du péage sur cette section II ne se fera qu'en mai 2012 (Egis est le fournisseur du nouveau système de péage fermé) peu avant le début de l'Euro 2012 de football organisé pour partie en Pologne.

A l'issue de ces travaux, la totalité de l'autoroute A2 sera reliée au réseau transeuropéen d'autoroutes.

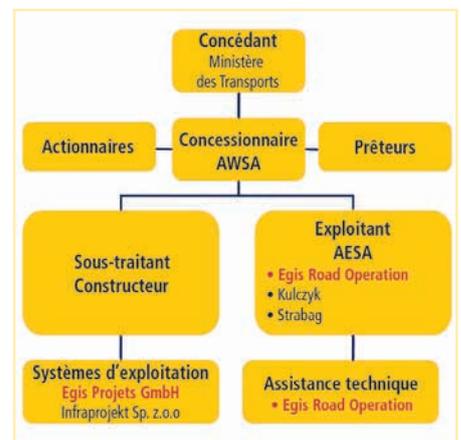


Figure 1
A2, organisation de la concession et des travaux de construction
A2, organisation of concession and construction work

Dossier Le béton au quotidien

Le but de cet article est de présenter les travaux du segment II de l'autoroute A2, les raisons du choix d'une chaussée en béton de ciment, les principales phases de réalisation du chantier ainsi que l'assistance technique fournie par Egis Road Operation pour l'entretien de cette autoroute.

Egis Road Operation exploite des autoroutes en Pologne depuis plus de 10 ans. Cette activité a commencé en 2000 avec l'autoroute A4 dans le sud du pays (Katowice vers Cracovie), puis Egis a poursuivi son développement sur la section I (Konin vers Nowy Tomysl) de l'A2 qui relie Konin et Swiecko.

Durant cette décennie, Egis a conforté son expérience dans l'exploitation des chaussées en béton tout d'abord en Allemagne avec l'autoroute A8 (Augsbourg – Munich) sur environ 37 km et en Autriche (section 1 du projet Y Ostregion au nord de Vienne) sur un linéaire de chaussée béton d'environ 52 km.

L'autoroute A2 segment II (A2SII)

L'ensemble des travaux de construction de l'autoroute (figure 2) comprend 97,4 km de chaussée neuve en béton de ciment entre Nowy Tomysl et Rzepin, la réhabilitation de 18,5 km de l'actuelle route nationale 2 (y compris les renforcements), la création de 84 nouveaux ponts et passages supérieurs, 6 échangeurs, 2 centres opérationnels et d'entretien, 6 aires de repos avec restaurants, 4 stations-service et de multiples aménagements pour la protection de l'environnement.

L'autoroute, qui traverse de nombreuses forêts (photo 1), repose sur un sol majoritairement sableux. Pendant la période hivernale, les températures sont généralement négatives avec des valeurs moyennes de - 15 °C, et des pointes à - 25 °C. En été, il est fréquent d'avoir des températures supérieures à 25 °C.

Il s'agit d'une autoroute à 2 x 2 voies avec un trafic de 18 500 véhicules par jour dont 37 % de poids lourds (PL) sur la section I alors qu'on attend 12 000 véhicules par jour sur la section II avec le même pourcentage de PL.

Le choix d'une chaussée en béton de ciment

Le concessionnaire a décidé de construire une chaussée en béton de ciment sur le segment II de l'autoroute A2 pour les raisons suivantes :

- Le trafic poids lourd y est très important. Son estimation cumulée sur 30 années représente 40 à 68 millions de passages d'essieux standards de 11,5 tonnes selon les tronçons de l'autoroute.
- La résistance contre le gel et le dégel doit être assurée.
- La durée de vie prévisionnelle de la chaussée est en adéquation avec celle de la concession.



Photo 1
Paysage de l'A2SII aux alentours de Poznan
Landscape of motorway A2 SII around Poznan

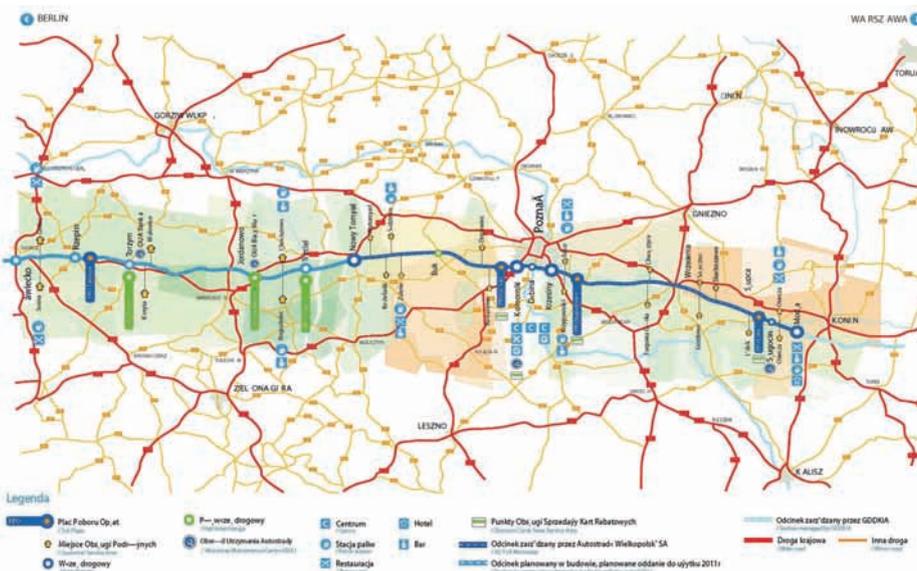


Figure 2
A2 SII
A2 SII

Même si le coût initial lié à la construction de la chaussée est élevé, la prise en compte du coût de l'investissement et de l'entretien sur la période des 28 années résiduelles (c'est-à-dire jusqu'à la fin de la concession) rend cette technique compétitive.

La chaussée en béton de ciment n'exigera pas d'entretien lourd pendant les douze premières années. Le seul entretien prévu est lié à celui des joints longitudinaux et transversaux. En outre, les conditions climatiques – en particulier les grandes amplitudes de températures journalières et saisonnières – plaident en faveur d'une résistance élevée pour la chaussée.

Afin de garantir la durée de vie de la chaussée et la qualité du niveau de service exigé pour une telle autoroute, il a été décidé de rédiger un guide technique spécifique pour l'entretien de la

chaussée et de former les équipes de l'exploitant aux techniques d'entretien sur le long terme. Ce guide a été réalisé par Egis Road Operation.

Le dimensionnement de la structure de la chaussée neuve ou du renforcement de l'ancienne chaussée de la RN 2 comprend un seul type de structure de chaussée (tableau 1 et figure 3) : à savoir 27 cm à 29 cm de dalles béton goudonnées (photos 2, 3 et 4). Grâce à ce choix d'une structure unique, l'entretien ultérieur de la chaussée est simplifié.

Afin d'optimiser l'utilisation des agrégats de qualité (PSV > 53) uniquement dans la couche supérieure de la chaussée, les dalles goudonnées comportent une couche de roulement de 5 cm d'épaisseur et une couche de base de 22 à 24 cm, mises en œuvre simultanément (structure bicouche) avec une machine à coffrage glissant spécifique (photo 2).



Photo 2
Machine à coffrage glissant pour une mise en œuvre bicouche
Slipform machine for two-layer application

Caractéristiques géométriques de l'autoroute 2 x 2 voies	
Largeur des voies de circulation	3,75 m
Largeur des bandes d'arrêt d'urgence	3,00 m
Largeur du terre-plein central	1,25 m
Caractéristiques de la structure de chaussée neuve	
Dalles de béton de ciment goudonnées	27 à 29 cm
Géotextile	500 g/m ²
Béton maigre	20 cm
Couche anti-gel	31 à 33 cm
Portance de la plate-forme	E > 60 MPa
Caractéristiques de la structure de renforcement	
Dalles de béton de ciment goudonnées	29 cm
Couche d'enrobé bitumineux type AC16	5 cm
Reprofilage	0 à 5 cm
Ancienne chaussée	10 à 40 cm
Autres caractéristiques de la chaussée en béton	
Distance entre 2 joints transversaux	5,0 m
Diamètre des goujons	25 mm
Longueur des goujons	500 mm

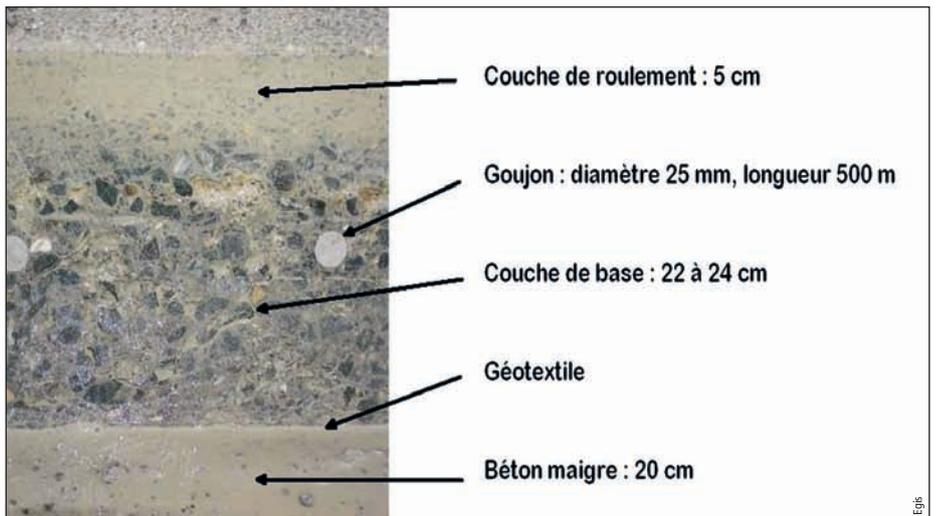


Photo 3
Coupe transversale de la chaussée
Cross section of pavement

Tableau 1
Principales caractéristiques de la chaussée en béton de ciment
Main characteristics of cement concrete pavement

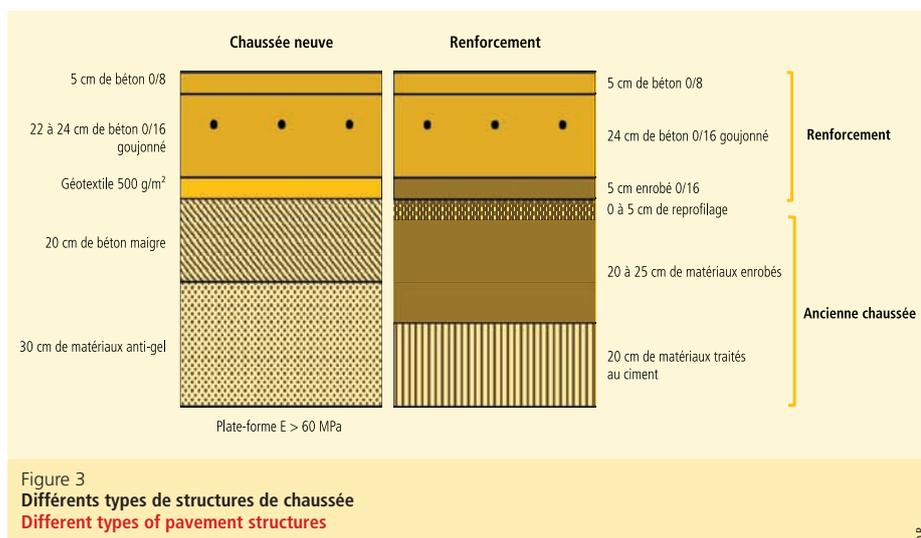


Figure 3
Différents types de structures de chaussée
Different types of pavement structures



Photo 4
Dalle goudonnée
Dowelled slab

Dossier Le béton au quotidien

Une attention toute particulière a été portée au drainage de la chaussée (photos 5). Le profil longitudinal étant généralement plat, l'absence d'un réseau de drainage spécifique aurait entraîné la stagnation de l'eau à l'intérieur de la chaussée et aurait conduit à des dégradations structurelles en cas de gel. En conséquence, le terre-plein central est constitué de matériaux non traités (type graves non traitées), sans fines, et d'un réseau longitudinal et transversal de drains en charge de collecter les eaux zénithales et de les évacuer au-delà des bords de la chaussée, vers des bassins.



Photos 5
Réseau de drainage dans le terre-plein central
Drainage network in median

Le chantier

Principales données

Les principaux chiffres liés aux quantités mises en œuvre et aux cadences du chantier pour la construction de la chaussée neuve et du renforcement sont mentionnés dans le tableau 2.

La taille maximale des agrégats de la couche de roulement est de 8 mm alors que ceux de la couche de base sont de 16 mm. Le dosage en ciment CEM I est de 420 kg/m³ pour le béton C30/37 (norme NF EN 206-1) de la couche de roulement et celui de la couche de base (photos 7 et 8).

2,2 millions m ²	de chaussée en béton
410 km	de joints transversaux
390 km	de joints longitudinaux
20 à 22 jours	de travail par mois
2 équipes de travail	en 2 x 11 heures par jour
750 m à 1 000 m	de chaussée mis en œuvre par jour
3	centrales à béton (photo 6)

Tableau 2
Chiffres clés du chantier de l'A2
Key data of A2 project



Photo 6
Centrale à béton
Concrete mixing plant



Photos 7
Mise en œuvre de la couche de base
Placement of base course



Photo 8
Mise en place du film de protection
Placement of protective film

Afin de protéger la couche de roulement après sa mise en œuvre et de façon à optimiser sa macro-texture (photos 9 et 10), deux types de traitements combinés ont été réalisés en pulvérisant un retardateur associé avec un produit de cure dosé à raison de 200 g/m².



Photo 9
Protection de la couche de roulement avec un film plastique
Protection of wearing course with plastic film



Photo 10
Aspect final de surface de la couche de roulement
Final appearance of wearing course

Niveau souhaité	Classe A – état excellent	Chaussée neuve ou réhabilitée, ne requérant que des interventions ponctuelles
	Classe B – état satisfaisant	
Niveau d'alerte	Classe C – état insuffisant	Chaussée avec des dégradations suffisamment significatives pour nécessiter une intervention programmée
Niveau critique	Classe D – mauvais état	Chaussée avec de nombreuses dégradations nécessitant une intervention immédiate

Tableau 3
Relation entre niveau de service et état de la chaussée
Relationship between service level and pavement condition

Gestion et guide technique d'entretien du patrimoine

Gestion du patrimoine

Les critères d'évaluation de l'état de la chaussée sont caractérisés par trois niveaux pour répondre aux exigences du concessionnaire. Ils sont associés à quatre classes appelées : A, B, C et D (tableau 3).

Niveau souhaité

Il s'applique à une chaussée neuve ou réhabilitée, en service, dont le comportement ne demande aucune intervention spécifique, dans les 4 années à venir. Ce niveau comporte deux classes pour décrire l'état de la chaussée. La classe A est utilisée lorsque l'état de la chaussée est excellent, la classe B correspond à un état satisfaisant.

Niveau d'alerte

Dans ce cas, l'état de la chaussée requiert une étude détaillée du comportement de la couche de roulement. A ce niveau d'alerte correspond la classe C, signifiant que la chaussée ne donne pas entière satisfaction.

Niveau critique

L'état de la chaussée est tel que celui-ci exige une évaluation détaillée dans les plus brefs délais afin d'engager des travaux de remise en état. La classe D correspondant à ce niveau, traduit un mauvais état de la chaussée.

Règles pour l'entretien

Le suivi et l'entretien du Segment II sont réalisés sur la base des objectifs ci-après.

Sécurité routière

Assurer les meilleures conditions de conduite aux usagers en intervenant sur toutes les détériorations et dommages qui pourraient entraîner un risque.

Conservation du patrimoine

Maintenir l'investissement pérenne (partiellement ou complètement) afin d'optimiser le couple investissement/entretien d'un point de vue économique. Outre la surveillance journalière et mensuelle assurée par les patrouilles autoroutières de l'exploitant, une inspection spécifique est réalisée dans les cas suivants :

- Si un événement exceptionnel se produit (accident, éboulement, tremblement de terre, vents violents ou orage, ...) pouvant entraîner une modification de la stabilité ou de l'intégrité de la structure et des équipements.

- Si des faits « extraordinaires » sont observés pendant des visites de surveillance continues ou périodiques. Ces inspections sont généralement confiées à des sociétés externes à la société d'exploitation de l'autoroute car elles requièrent un équipement adapté et des compétences spécifiques.

Un appareil portable est utilisé pour l'inspection visuelle des chaussées, il s'agit du *System Oceny Wiskualnej Nawierzchni*, ou SOWA® (photo 11). Il a été initialement conçu par la société DRO Konsult pour une application aux chaussées bitumineuses. Un nouvel appareil, le SOWA-2, a été développé pour l'inspection visuelle des chaussées en béton de ciment du segment II.



Photo 11
Système SOWA utilisé pour une inspection visuelle embarquée
SOWA system used for onboard visual inspection

Les données collectées sont mentionnées dans le tableau 4. A la fin de chaque inspection visuelle, l'appareil SOWA est connecté à un ordinateur et les informations sont transférées pour constituer une banque de données.

En faisant correspondre les dégradations relevées à l'aide du dispositif SOWA-2, avec les critères d'entretien (tableau 4), il est possible d'établir des priorités d'entretien et d'engager des actions préventives ou curatives pour gérer la chaussée en béton.

	Critères	Symbole	Système SOWA-2 : relevé des dégradations
Chaussée en béton de ciment	Entretien de joint défectueux	WS	Joint endommagé — épaufures
	Entretien de dégradations de surface	UP	Dégradations de surface (écaillage)
	Entretien d'une fissuration transversale, longitudinale ou oblique	PT	Fissure transversale simple
		PL	Fissure longitudinale ou oblique simple
	Entretien des fissures en bord de dalle	PK	Fissures près des bords de la chaussée
	Coin de dalle fissuré de moins d'1 m ²	UN	Fissures de coins
	Nid de poule de moins d'1 m ²	BS	Départ de matériaux
	Nid de poule de plus d'1 m ²		
	Remplacement d'un joint	WU	Joint déficient ou absent
	Dalle réparée après dilatation ou tassement	LA	Dalle entretenue
	Réparation de goujons ou fers de liaison	UZ	Goujons ou fers de liaison endommagés
	Dalle réparée après dilatation ou tassement	LA	Dalle entretenue

Les symboles font référence à des abréviations en Polonais

Tableau 4
Correspondance entre les critères d'entretien et les données relevées avec le système SOWA-2
Correspondence between maintenance criteria and data acquired with the SOWA-2 system

Guide technique d'entretien

Il comprend pour chaque type de dégradation une fiche d'entretien spécifique basée sur l'expérience d'Egis dans la maintenance de chaussées béton. La fiche explique les causes probables de la dégradation et les moyens à mettre en œuvre pour la réparer.

Pendant la période d'exploitation d'une chaussée en béton de ciment, on a identifié un certain nombre de dégradations typiques pouvant éventuellement apparaître et nécessitant des réparations :

1. Joints transversaux et longitudinaux (quelle qu'en soit la cause),
2. Dégradations de surface (épaufures),
3. Fissures simples (longitudinales, transversales ou obliques),
4. Fissures de bords de dalles,
5. Fissures en coins de dalles ($S < 1 \text{ m}^2$),
6. Nids de poule jusqu'à 1 m^2 ,
7. Drainage.

Formation des équipes en charge de l'entretien

En octobre 2011, une session de formation spécifique aux équipes d'AESA a été consacrée :

- à la connaissance générale des chaussées en béton de ciment,
- à leur évolution dans le temps,
- aux dégradations liées à ce type de structure,
- et aux solutions d'entretien préventif ou curatif qui leur sont associées.

Conclusion

Le choix du consortium s'est porté en faveur d'une structure de chaussée en béton de ciment, même si le coût initial se révèle élevé.

La prise en compte de l'importance du trafic poids lourd, la résistance aux cycles de gel/dégel, et une très grande durée de vie ont été des atouts indéniables dans la décision. Pour l'exploitant, le fait que l'entretien courant soit minimal a également fait partie intégrante de ce choix.

L'entretien courant et la programmation des travaux sur la chaussée - en cohérence avec la stratégie d'entretien que AWSA (le concessionnaire) a définie et que les équipes de AESA (l'exploitant) ont choisie - seront facilités par le guide technique conçu à cet effet et par la formation appropriée qui aura été dispensée. ■



Public-private partnering for motorway in Poland Choice of a concrete pavement

Segment II of the A2 motorway between Swiecko and Nowy Tomysl (in western Poland) represents along roughly 100 km Poland's biggest concessionary project investment based on the PPP (public-private partnering) approach for the construction and operation of a toll motorway.

The consortium opted in favour of a cement concrete pavement structure even if the initial cost turns out to be high. Criteria taken into account, namely the significant heavy vehicle traffic, resistance to freeze/thaw cycles and a very long service life, were unquestionable assets in the decision. The fact that routine maintenance is minimal was also part and parcel of this choice.

Routine maintenance and scheduling of pavement works – complying with the maintenance strategy defined by the concessionary and chosen by the teams of the operator – were facilitated by a technical guide drafted for this purpose and by the appropriate training provided.

AUTEURS

Jacques Malod-Panisset
Directeur technique
Développement & innovation
COLAS Rail

Joseph Abdo
Directeur délégué
Routes & Terrassements
CIMBÉTON



Voie ballastée de ligne à grande vitesse
Ballasted track of high-speed line



Voie béton de ligne à grande vitesse
Concrete track of high-speed line

Voie ballastée ou voie sans ballast

Un sujet d'actualité pertinent pour les acteurs du ferroviaire



En matière de ligne à grande vitesse (LGV), il existe aujourd'hui dans le monde deux solutions techniques éprouvées et disposant d'un recul suffisant : la voie ballastée et la voie sans ballast. En France, le choix s'est porté sur la voie ballastée et on doit reconnaître la grande expertise des ingénieurs ferroviaires français dans la conception et le développement d'un système complet de transport à grande vitesse intégrant tous les aspects des sous-systèmes dont la voie ferrée ballastée fait partie. La maîtrise et l'amélioration constante de cette voie, notamment dans sa qualité géométrique et sa durabilité, a été un choix délibéré, à l'instar d'autres réseaux étrangers (Allemagne, Japon, Chine, etc.) qui se sont orientés vers les techniques de voie béton.

Force est de reconnaître que la voie ballastée dispose de moins de marges de progrès et de développement que la voie sans ballast, compte tenu des conditions restrictives que doit satisfaire désormais une LGV, à savoir la permanence du service (jour et nuit), la durabilité (absence d'entretien), le niveau élevé des vitesses, la géométrie de plus en plus contraignante (voie LGV accolée à un couloir d'autoroute).

L'objet de cet article est d'apporter un éclairage sur les deux techniques, avec leurs avantages et difficultés réciproques, et sur les évolutions nécessaires au développement des voies ferrées à la française en béton.

Introduction

Les réalisations des nouvelles LGV sont l'occasion inespérée d'intégrer de nouvelles technologies, notamment en ce qui concerne l'infrastructure ferroviaire. En effet, les pays qui s'ouvrent à la grande vitesse assistent à l'émergence des voies sans ballast [1] et il convient de se poser les vraies questions sur cette orientation, guidée à l'origine par la diminution des coûts d'entretien et des limites d'utilisation de la voie ballastée⁽¹⁾.

En France, il faut reconnaître que les ingénieries et les entreprises spécialisées

dans le domaine de la voie ferrée n'étaient pas favorables au concept de voie sans ballast et n'en maîtrisaient pas, ou mal, les applications.

En revanche, la France peut revendiquer la paternité du développement de la construction et de l'exploitation des LGV sur voie ballastée avec une expérience reconnue de plus de 30 ans.

L'exploitation du réseau grande vitesse a connu une constante progression des vitesses commerciales, associée à une augmentation des fréquences des trains. Ce résultat a été obtenu grâce à la maîtrise des technologies du ferroviaire, complétée par un véritable savoir-faire des opérations de maintenance.

La voie ballastée a contraint les exploitants des lignes LGV à développer des procédures de contrôle et de maintien de la géométrie de la voie. Cette dynamique, relevant parfois du challenge animé par des ingénieurs ferroviaires français dont l'expertise est reconnue mondialement, a permis de développer, de construire et exploiter un TGV, baptisé IRIS. Ce prototype de mesure à haut niveau de service a pour fonction d'assurer les mesures des caractéristiques des différents sous-systèmes (voie, caténaire, signalisation) à la vitesse maximale de la ligne en insertion dans les sillons commerciaux libres.

La capitalisation des connaissances, acquises depuis plus de 30 ans, en voie

⁽¹⁾ Homogénéisation de l'appellation : voie ballast, voie sur ballast ou voie ballastée

ballastée sur les LGV confirme l'existence d'outil d'enregistrement performant capable de détecter et de localiser les défauts caractéristiques.

Les méthodes d'investigation appliquées sur le réseau LGV délivrent une quantité de renseignements techniques très appréciés par les concepteurs de futures lignes ainsi que par de futurs mainteneurs des projets en PPP (partenariat public-privé). Ces derniers s'appuient sur la surveillance embarquée et la surveillance automatisée au sol et sont la base de la détection précoce des défauts qu'il convient de corriger rapidement dans le cadre d'une maintenance efficace.

Cette logique à la française se heurte aujourd'hui à deux difficultés :

- Le concept voie ballastée, dans sa conception actuelle, atteint ses limites car il souffre d'un relatif immobilisme et s'adapte difficilement aux exigences nouvelles de réduction des coûts d'acquisition et de maintenance (LCC coût global ou *Life Cycle Cost*). De plus, il s'avère que la vitesse de circulation au-delà de 300 à 320 km/heure engendre une augmentation de l'entretien dans des proportions dépassant les prévisions identifiées lors de la conception.
- L'orientation vers le concept éprouvé de la voie ballastée prive aujourd'hui l'ingénierie et les entreprises françaises de concourir efficacement sur les projets LGV à l'étranger qui majoritairement sont conçus avec le concept de la voie sans ballast [2, 3]. En effet, la seule expérience française dans ce domaine est un tronçon expérimental, d'environ 2 km de longueur, réalisé en Seine-et-Marne sur la LGV Est [4].

Voie ballastée vs voie sans ballast

La voie ballastée

Celle-ci est composée d'un châssis de voie (rails et traverses maintenus) reposant sur la plate-forme par l'intermédiaire du ballast, matériau granulaire 25/50 mm répartissant les efforts transmis par le matériel roulant, donnant à la voie une certaine élasticité et assurant une limitation des déplacements transversaux et longitudinaux (ce qui est important dans le cas des longs rails soudés). L'épaisseur du ballast se situant sous le niveau inférieur de la traverse doit être au minimum de 35 cm.

lier l'insensibilité à l'eau et au gel. La voie ballastée repose donc fréquemment directement sur le terrain naturel (sol ou roche). Un géotextile peut éventuellement être inséré entre la sous-couche et la plate-forme.

La voie ballastée présente une coupe-type en travers (figure 1) comprenant :

- deux rails fixés au moyen d'attaches élastiques sur des traverses en béton mono ou bi-blocs,
- une couche de ballast d'épaisseur 55 cm environ, dont 35 cm minimum se trouvent sous les traverses,
- une couche de forme et éventuellement une sous-couche en matériaux sélectionnés.

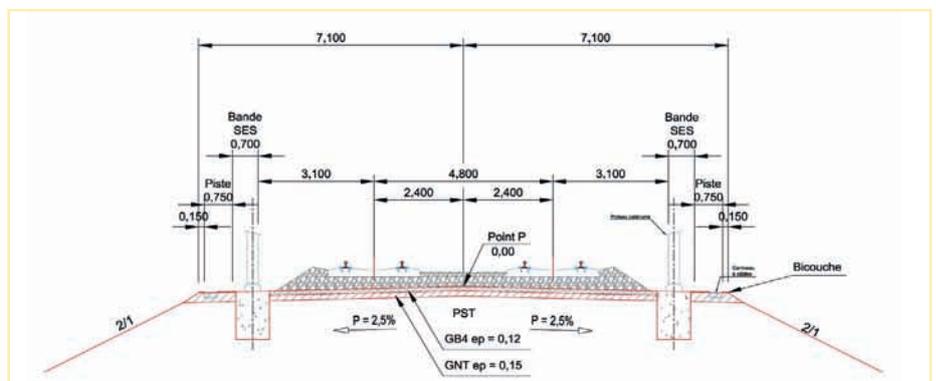


Figure 1
Coupe en travers type d'une voie ballastée
Typical cross section of ballasted track

Ce qui représente environ 4 tonnes de ballast au mètre linéaire de voie. Sous le ballast, on trouve une couche de forme et une sous-couche en matériaux sélectionnés qui confèrent à la plate-forme ses qualités de stabilité sous le trafic et de durabilité, avec en particu-

Elle assure le guidage du véhicule et transmet la charge d'un essieu à la plate-forme par l'intermédiaire des rails, des traverses, du ballast et des sous-couches.

Par sa conception, la voie ballastée confère, au niveau de la table de roulement du rail :

- une déflexion de 1,2 / 1,4 mm ;
- un coefficient de ballast $\leq 0,1$ N/mm² ;
- un indice d'élasticité ≤ 30 kN/mm ;
- une contrainte dans le patin du rail ≤ 60 N/mm².

Spécificités françaises

Il faut avoir à l'esprit que la grande vitesse en France est née autour d'un système complet intégrant une voie ferrée ballastée dédiée à un matériel roulant dont les caractéristiques techniques sont :

- un niveau de carénage sous caisse,
- un profil aérodynamique favorisant l'écoulement de l'air en latéral,
- un entraxe des essieux du boggie de 3 m,
- un boggie positionné entre deux caisses,
- une distance entre boggie supérieure à 15 m,
- une charge à l'essieu de 17 tonnes,
- une masse non suspendue minimale,
- un glissement minimal des roues.

Les modélisations du comportement de la voie en statique - avec une approche de la dynamique par application d'un coefficient de 1,3 - ont tenu compte de ces paramètres. La conception de la voie dépend essentiellement de quatre éléments : la plate-forme, le rail, les traverses et le ballast. On ne décrit pas techniquement cette voie étudiée en 1976 par M. Prudhomme, ingénieur SNCF, qui a permis dès 1981 de rouler en service commercial à 270 km/h et désormais à 320 km/h.

En conséquence, on peut s'interroger sur l'impact sur la voie du changement des caractéristiques techniques du matériel roulant. En effet, à titre d'exemple, certaines études démontrent qu'un entraxe des essieux du boggie de 2,5 m (au lieu de 3 m) peut provoquer la fluidification du ballast. Cela entraînera alors une dégradation plus rapide de la géométrie de la voie et, par conséquent, une augmentation des opérations de maintenance par bourrage, dressage et nivellement de la voie.

La voie sans ballast

Elle se caractérise par trois grandes familles de dispositions constructives. Les rails sont :

- soit fixés directement sur une dalle en béton par l'intermédiaire de selles métalliques,
- soit fixés sur des traverses en béton, noyées dans une dalle en béton, armé ou non, selon les concepts adoptés,
- soit noyés dans une engravure et scellés au moyen d'une résine à base de polyuréthane.

Ce type de voie doit assurer les mêmes fonctions que la voie ballastée par la superposition de différents étages de raideurs décroissantes (figure 2).

Voie sans ballast en France : mythe ou réalité

Une étude, réalisée par INEXIA (entreprise d'ingénierie des infrastructures de transport) pour le compte de Cimbéton [5], a montré l'intérêt de la voie sans ballast pour autant que les facteurs-clés suivants soient présents

- (si possible deux ou trois d'entre eux) :
- la LGV est contrainte en tracé (obstacles, jumelages avec des autoroutes, etc.) (photo 3) ;
- les reliefs sont marqués (forts gradients de dénivelés) ;
- une vitesse d'exploitation située aux environs de 350 km/h ;
- une fenêtre d'entretien de la ligne réduite ;
- un choix de la technique de pose défini avant la déclaration d'utilité publique (DUP).

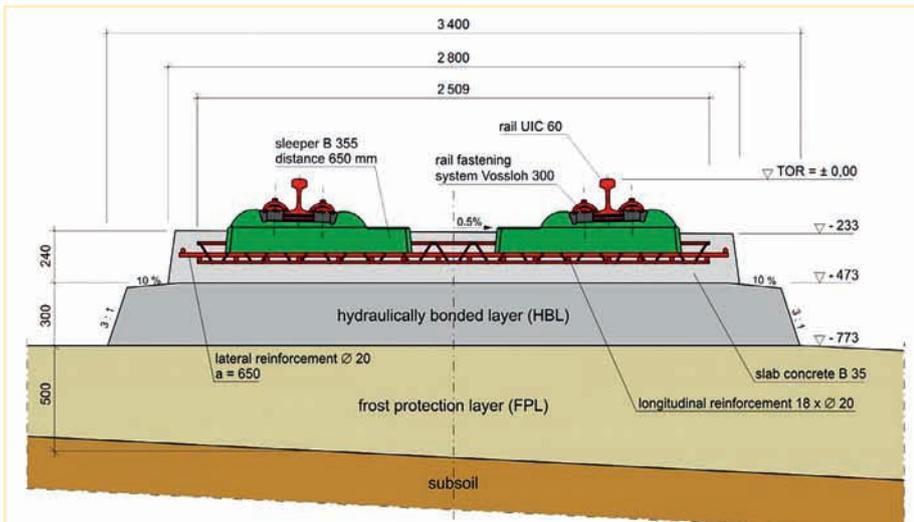


Figure 2
Coupe en travers type de la voie sans ballast
Typical cross section of unballasted track



Photo 3
Ligne à grande vitesse jumelée à une autoroute
High-speed train line alongside a motorway

En outre, il faut tenir compte également, dans toute analyse comparative (tableau 1), des contraintes supplémentaires d'exploitation hivernale dans le cas d'une voie ballastée.

	Voie ballastée		Voie sans ballast	
	Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Projet	<ul style="list-style-type: none"> • Coût de construction compétitif et généralement plus faible que celui de la voie sans ballast, 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de prendre en compte la structure de chaussée dès le projet, • Disponibilité réduite de l'infrastructure lors des opérations d'entretien, • Durée de vie relativement limitée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande disponibilité de la voie, • Durée de vie longue, • Coût global compétitif. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de prendre en compte la structure de chaussée dès le projet, • Coût de construction plus élevé que la voie ballastée (+ 50 à 75 %).
Conception	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau sonore faible, • Transfert des vibrations pouvant être limité par interposition de semelles anti-vibratiles, soit sous selles support de rail, soit sous traverses (ex STEDEF). 	<ul style="list-style-type: none"> • Irrégularité des propriétés rhéologiques du ballast, • Résistance limitée au déplacement latéral, • Détérioration rapide de l'alignement de la voie, • Poids propre élevé sur les ouvrages d'art, • Nécessité d'une emprise large pour la tenue du ballast. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande stabilité de la voie (transversale et verticale), • Structure plus mince, donc intérêt dans le cas des tunnels, • Structure plus légère, donc intérêt sur les ouvrages d'art. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions sonores élevées mais solutions disponibles, • Possibilité d'ajustement limité (par le biais du système de fixation du rail), • Pas de compensation des tassements éventuels de la plate-forme et du sol support.
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Pose à grand rendement maîtrisée, • Largement mécanisée, • Possibilité de corriger les défauts de mise en œuvre, • Capacité d'adaptation aux tassements éventuels, de la plate-forme et du sol support. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planning de mise en œuvre restrictif, • Utilisation de quantités importantes de granulats de caractéristiques élevées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadences rapides (en fonction de l'approvisionnement en béton), • Maîtrise globale des cadences et des coûts, • Expérience française en cours sur la LGV, • Expériences étrangères a priori favorables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transition voie béton/voie ballastée demandant une réalisation spécifique, • Intervention lourde pour corriger les défauts de construction.
Entretien	<ul style="list-style-type: none"> • Techniques et procédures de maintenance parfaitement maîtrisées, • Possibilité d'adaptation à long terme de la géométrie de la voie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projection de ballast à grande vitesse, • Fréquence élevée des opérations d'entretien, • Coûts de maintenance élevés, • Renouvellement périodique du ballast, • Obligation de la surveillance et du contrôle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande durabilité générale de la voie sans action de reprise ou de nivellement, • Faible besoin en entretien. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expérience française faible vis-à-vis de la maintenance des rails, • Interventions lourdes pour le renouvellement de la structure, • Faible capacité à s'accommoder des tassements du support.

Tableau 1
Voie ballastée et voie béton : avantages et inconvénients
Table Ballasted track and concrete track: advantages and drawbacks

Dossier Le béton au quotidien

En effet, la réduction de la vitesse s'impose par mesure de sécurité en raison des projections de ballast provoquées par la chute des blocs de glace ou de neige accumulés sous le train et qui constituent un danger pour les trains croiseurs. Ces limites et restrictions favorisent donc le concept de la voie sans ballast.

La voie sans ballast peut être une réalité, mais elle doit intégrer un certain nombre de paramètres spécifiques, incontournables et nécessaires à sa compétitivité économique, à son bon fonctionnement avec un taux de disponibilité élevé et à sa durabilité.

En effet, conformément aux principes de base, la voie ferrée transfère la charge d'un essieu à la plate-forme par l'intermédiaire du rail et de son support (traverses + ballast ou dalle) et cela, avec des sollicitations dynamiques.

La conception d'une voie sans ballast impose une systématisation des méthodes de construction de son support. Une attention particulière doit être portée aux techniques de terrassement et de remblais et la qualité des matériaux des sous-couches doit être assurée. Le tassement de l'assise est incompatible avec une voie sans ballast, la réalisation du support dans le respect des normes en vigueur est exigée et toutes solutions consistant à limiter les tassements différentiels doivent être entreprises, comme les pré-chargements, l'emploi de géotextile ou les tapis résilients applicables en terrain thixotropique. Dans ce cadre, elle trouve sa pertinence sur les ouvrages d'art et dans les tunnels.

D'autre part, le développement de la voie sans ballast s'explique en premier lieu par la recherche d'une structure durable réduisant le niveau de maintenance.

Ce type de voie présente également d'autres spécificités décrites ci-après en parallèle de celles de la voie ballastée : la présence d'acier dans une plate-forme en béton armé continu (BAC) ou de ferrailage dans du béton, pouvant perturber la signalisation ferroviaire, nécessite donc d'adapter cette dernière et, dans certains cas, d'isoler électriquement le ferrailage.

La voie sans ballast peut être conçue de différentes manières (figure 3).

Les principaux systèmes de pose de voie sans ballast

Rails fixés directement sur une dalle béton par un système de selles et d'attaches

C'est une technique sur appuis discontinus. Chaque appui est constitué de selles métalliques équipées d'attaches élastiques et d'une semelle anti-vibratile (photo 4).



Photo 4
La selle métallique équipée d'attaches élastiques et d'une semelle anti-vibratile
Steel tie-plate equipped with elastic rail fasteners and an anti-vibration tie-plate

La voie sans ballast est-elle un atout environnemental ?

A l'heure des préoccupations sur l'environnement, plus particulièrement dans un souci de préservation des ressources naturelles, de la réduction du bilan carbone et des impacts environnementaux, la question a toute sa place dans le débat mené sur la voie sans ballast ou voie ballastée.

C'est une analyse de cycle de vie (ACV) qui permettrait d'identifier les atouts de la voie sans ballast. Outre cette ACV, la possibilité de création de voie en béton semble ouvrir de nouvelles opportunités. En effet, les avantages qui se profilent à travers une solution de voie sans ballast sont les suivants :

- Préservation des ressources naturelles :
 - réduction des matériaux nécessaires à la mise en œuvre de la plate-forme béton,
 - possibilité d'intégrer des produits issus d'une revalorisation pour le remblai ou dans le process de fabrication du béton,
 - process simplifié du criblage des matériaux.
- Réduction des impacts liés à la mise en œuvre :
 - le nombre d'opérations manuelles et mécaniques est moindre, ce qui permet de mobiliser les ressources différemment ;
 - le coulage du béton nécessite un matériel de mise en œuvre plus conventionnel, bien que la logistique d'approvisionnement pour garantir une qualité de béton irréprochable doit faire l'objet d'une réflexion appropriée ;
 - l'utilisation d'engins moins lourds et moins spécifiques génère par conséquent un moindre impact carbone lié à la fabrication et l'entretien de ces engins ;
 - les systèmes à dalles préfabriquées offrent la possibilité de regrouper leur fabrication en usine générant ainsi les diminutions de nuisances sonores et de rotations de camions ;
 - l'impact favorable du gain sur la maintenance ;
 - l'avantage, dans le cas où la plate-forme n'est pas protégée par une grave-bitume, de ne pas avoir à répandre des produits phytosanitaires pour désherber les voies.

Il est certain que cette solution est à comparer avec le coût « carbone » lié à la fabrication du béton qui est un process à part entière. De plus, la logistique est également un point sensible qu'il convient d'analyser compte tenu de la caractéristique du produit béton qui nécessite un stockage plus contraignant, en termes de contenance et de température. En contrepartie, les sites d'approvisionnement en ballast de bonne qualité sont moins nombreux que les sites de fabrication de béton.

Le choix d'une voie sans ballast peut se justifier dans les pays où la qualité du ballast est impropre à une ligne à grande vitesse.

Malika Benamar
Responsable qualité et environnement
Colas Rail

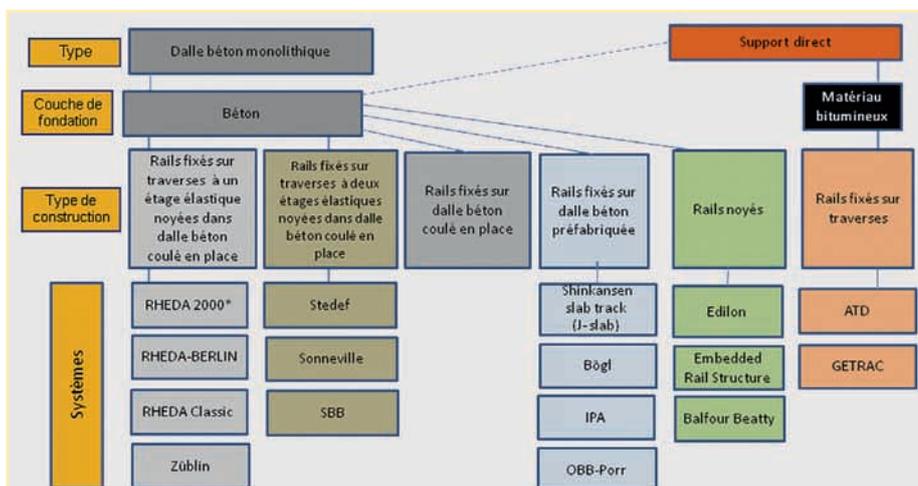


Figure 3
Logigramme des différents systèmes de pose de la voie sans ballast
Flowchart of different systems for laying track without ballast

Cette technique peut être utilisée :

- Soit avec une dalle béton préfabriquée en usine. Cela présente l'avantage de garantir la qualité des ancrages, d'éviter les problèmes de bullage du béton sous les selles, de limiter le volume des livraisons de béton prêt à l'emploi et de faciliter le montage de la voie (selles + rails). Néanmoins, cette technique nécessite de disposer de moyens de levage des dalles adaptés et impose, du fait de cette manutention, un ferrailage renforcé du béton.

Ce système se justifie pleinement lorsque les usines de préfabrication des dalles sont utilisées pour la fabrication des voussoirs ou d'autres éléments préfabriqués nécessaires au chantier.

- Soit avec une dalle béton coulé en place. Cela présente l'avantage d'être souple et facilement adaptable aux conditions du chantier, sans avoir recours à un calepinage précis comme demandé par la technique des dalles préfabriquées, de s'adapter aux conditions du terrain, d'avoir une procédure de pose ne requérant pas d'investissements importants en dehors des gabarits de pose et des coffrages et de ne pas nécessiter une ou plusieurs usines de préfabrication. C'est une solution prisée par les entreprises qui n'envisagent pas d'investir dans des équipements coûteux et spécifiques au projet.

Les systèmes les plus utilisés font appel à des attaches élastiques de type Vossloh et/ou Pandrol.

Traverses noyées dans la dalle en béton

C'est une technique sur appuis discontinus. L'appui est constitué de traverses, équipées ou non de selles métalliques. Dans les deux cas, les rails sont fixés avec des attaches élastiques reposant sur une semelle élastique.

La technique consiste à positionner en x, y et z la voie équipée de ses traverses et à procéder au coulage du béton qui doit noyer la traverse ou les blochets, partiellement ou totalement, en fonction du système retenu. Dans son principe, la pose est facile mais requiert une grande maîtrise technique de la part des entreprises qui doivent obtenir des tolérances géométriques très serrées (de l'ordre du millimètre) et plus particulièrement pour les LGV. Elle nécessite peu de maintenance. Les systèmes les plus utilisés, brièvement décrits dans le tableau 2, sont Stedef (photo 5), Rheda (photo 6) et Sonneville. Cependant dans les tunnels [6], afin d'obtenir des déflexions similaires, voire identiques à celles de la voie ballastée,

Système	Amortissement vibratoire	Caractéristiques principales
RHEDA (photo 6)	<ul style="list-style-type: none"> • 1 étage élastique sous le patin du rail, • Affaiblissement vibratoire moyen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretoises noyées • Accès secours possible en tunnel, • Pas d'infiltration d'eau entre la traverse et la dalle, • Correction possible du tracé du nivellement de 20 à 56 mm selon le type d'attaches.
STEDDEF (photo 5)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 étages élastiques, l'un sous le patin du rail et l'autre sous la traverse, • Affaiblissement vibratoire performant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretoises apparentes, • Accès secours en tunnel uniquement avec engins spécialisés, • Infiltration d'eau entre la traverse et la dalle est possible, • Correction limitée du tracé du nivellement.
SONNEVILLE	<ul style="list-style-type: none"> • 2 étages élastiques, l'un sous le patin du rail et l'autre sous la traverse, • Affaiblissement vibratoire performant. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretoises apparentes, • Accès secours en tunnel uniquement avec engins spécialisés, • Infiltration d'eau entre la traverse et la dalle est possible, • Correction impossible du tracé du nivellement.



Photo 5
Rails fixés sur traverses béton – Système Stedef
Rails set on concrete sleepers – Stedef system



Photo 6
Rails fixés sur traverses béton – Système Rheda
Rails set on concrete sleepers – Rheda system

Tableau 2
Les principales caractéristiques des différents systèmes de rails sur traverses noyées
Main characteristics of different systems of rails on embedded sleepers

les traverses sont équipées d'un second étage élastique positionné sous le niveau inférieur de la traverse. En conséquence, ces systèmes requièrent un chausson élastique pour le système Sonneville ou une coque rigide pour le système Stedef. Ces équipements permettent l'indépendance de la traverse par rapport à son support. Le gain vibratoire apporté est de l'ordre de 12 décibels.

Si ce type de voie peut être utilisé en tunnels ferroviaires, l'accès des moyens d'entretien, et notamment des véhicules de type routier, est toutefois limité. Comme dans le cas de la voie ballastée, la partie haute des traverses et les rails émergent de la surface de la dalle. Dans le cas des traverses Stedef, l'entretoise dépasse également du béton. Cela ne permet donc ni la circulation des véhicules, ni celle des usagers (risque de butée sur l'entretoise et donc de chute). Il convient donc de disposer d'engins spéciaux pour les secours et l'entretien.

Rail noyé ou ERS (Embedded Rails Systems)

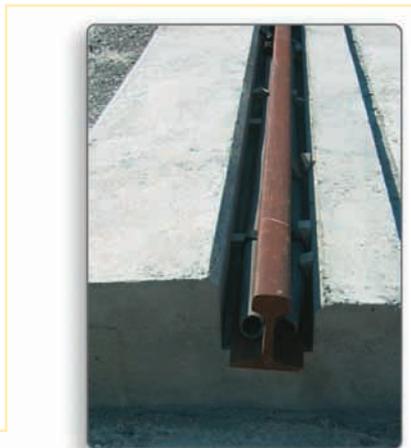
C'est une technique sur appuis continus. Les rails sont maintenus dans une engravure réalisée (engravure moulée ou fraisée) dans une dalle en béton (photo 7 et figure 4).

Après réglage et calage, le rail est enrobé et collé par une résine bi-composante (photo 8), dont les capacités mécaniques sont étudiées en fonction des besoins du projet (atténuation de bruit ou des vibrations). La caractéristique principale du système ERS de la société Edilon, utilisé dans de nombreux pays, est l'absence totale des éléments de fixation traditionnels, tels que les boulons, les selles, les ressorts, etc. L'objectif de ce système est de favoriser l'amortissement vibratoire et l'isolation électrique du rail par rapport à son support.

Dossier Le béton au quotidien



Photo 7
Rail noyé ou ERS – bétonnage et réalisation des engravures à la machine à coffrage glissant
Embedded rail or ERS – Slipform placement of concrete and channels



- consistance et temps de polymérisation réglés en fonction du travail à réaliser,
- collage parfait sur toutes les surfaces,
- insensibilité à l'humidité.

Nota Les performances élastiques de la résine sont adaptées en fonction de la charge exercée sur le rail.

Il existe d'autres systèmes de fixation sur appuis continus, tel le procédé Balfour Beatty, dont le principe est de remplacer la résine par des éléments isolants destinés à serrer le rail dans l'engravure. Ce système est peu utilisé et fait appel à un profil particulier de rail, différent de ceux couramment utilisés et classés dans la catégorie « Rail vignole ».

Dalles préfabriquées

La fabrication en usine de plaques d'appui ou de dalles préfabriquées pour voie ferrée est une alternative à la construction d'une dalle coulée en place (photo 9). Les premières applications ont été réalisées aux Pays-Bas, il y a plus de 30 ans.

La préfabrication en usine d'éléments de dimensions importantes (de 3 à 8 m de long pour 2,40 m de large et 40 cm d'épaisseur) garantit des tolérances de fabrication de l'ordre du millimètre.

Les éléments sont généralement en béton armé avec un béton de classe C55/65, conforme à la norme NF EN 206-1 de caractérisation des bétons.

Les armatures répartissent sollicitations et charges. Les dalles ainsi réalisées peuvent recevoir tous les systèmes, qu'ils soient ERS ou classiques ; les fixations de rails sont pré-installées.

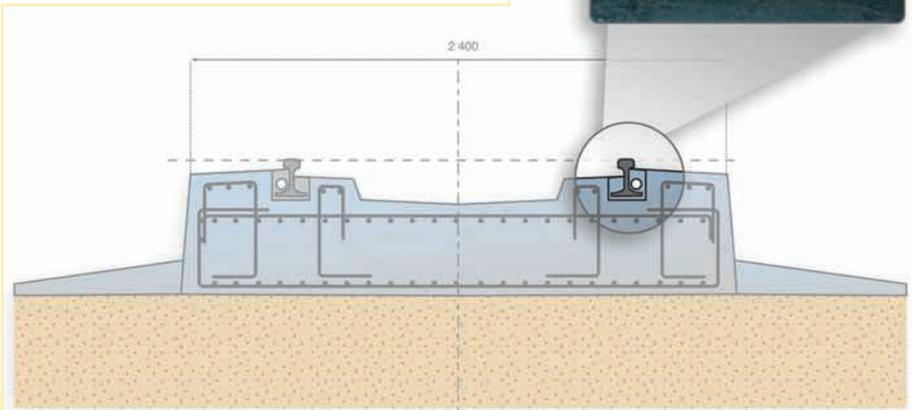


Figure 4
Coupe en travers et détails du système de pose « rail noyé » ou ERS
Cross section and details of "embedded rail" system or ERS

Cimbeton



Photo 8
Rail noyé ou ERS – coulage de la résine
Embedded rail or ERS – placing of resin

Edition

La résine doit rester invariable dans le temps et résister au rayonnement et aux agressions chimiques, thermiques et mécaniques. De plus, elle doit être facile à employer dans des conditions courantes de chantier :

- conditionnement adapté des composants,

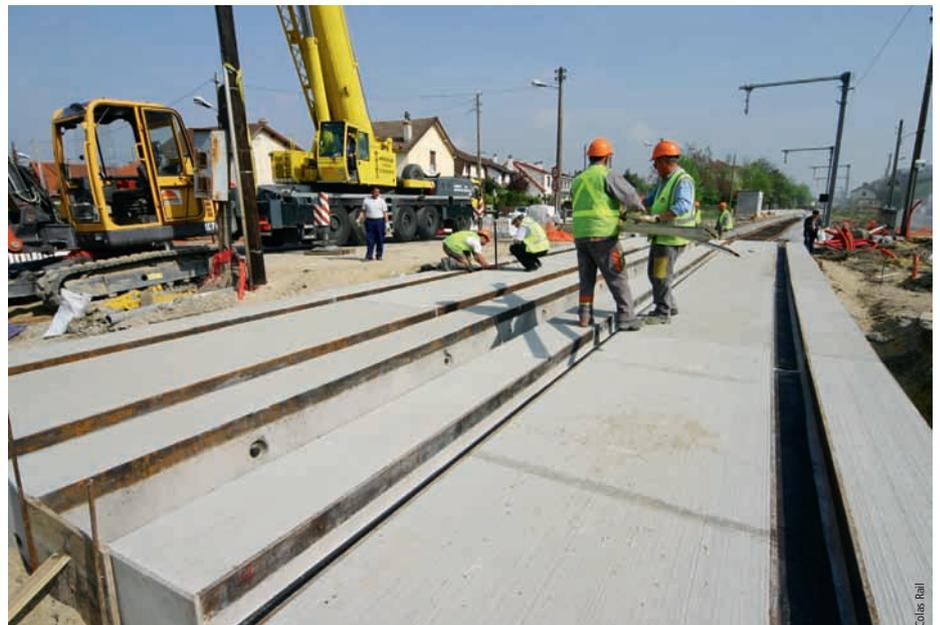


Photo 9
Dalles préfabriquées pour voie à système ERS, ligne tram-train T4, section Aulnay-Bondy
Precast slabs for ERS track on Aulnay-Bondy section of Tram-train line T4

Cofas Rail

Les voies de progrès ou l'émergence d'une solution de voie sans ballast à la française

Compte tenu des limites des systèmes de voie sans ballast actuellement utilisés et exposés précédemment, de la nécessité de trouver une solution pour augmenter les vitesses d'exploitation des trains, de la volonté de promouvoir à l'étranger le savoir-faire français dans le domaine des LGV, il convient de :

- Enrichir la technologie française en adoptant le concept de voie sans ballast ou voie béton, déjà largement répandu en Allemagne, au Japon, en Chine, en Espagne, etc.
- Favoriser l'émergence de nouvelles structures ferroviaires associant les différents systèmes évoqués ci-dessus.
- S'inspirer du domaine routier où l'on a assisté ces dernières années à l'émergence de structures composites optimisées, associant un béton et un produit bitumineux.
- Mettre au point un logiciel de calcul spécifique qui permette de dimensionner les structures béton en prenant en compte les caractéristiques du ou des matériels roulants et d'identifier les paramètres les plus pertinents à considérer pour optimiser le dimensionnement (déflexion comparable à celle de la voie ballastée, deux étages élastiques à répartir selon le principe de masse – ressort, un support viscoélastique permettant d'apporter la souplesse à l'ensemble).
- Faciliter la réalisation de planches d'essais pour valider les concepts proposés et les dispositions constructives adoptées.

Conclusion

Ayant acquis une expérience de construction et de suivi d'un tronçon de 2 km sur la LGV Est, RFF et la SNCF disposent aujourd'hui d'un retour d'expérience de voie béton circulée à environ 300 km/h. Si les essais, réalisés sur cinq ans, se révèlent probants, l'emploi de la voie sans ballast pourra se développer sur les futures lignes à grande vitesse. Et ce d'autant que cette solution technique pourrait être optimisée en intégrant :

- des effets d'échelle,
- les gains attendus sur les volumes terrassés,
- les gains sur les ouvrages d'art,
- de nouvelles structures composites (type routier), telle la structure béton armé continu sur grave-bitume,
- des améliorations dans le domaine des systèmes de pose.

Le réseau ferré français prendrait ainsi la suite de pays comme l'Allemagne, les Pays-Bas, la Chine ou le Japon, qui ont déjà renoncé au ballast pour la construction des LGV. Cette nouvelle orientation, si elle se confirmait, permettrait à l'ingénierie et aux entreprises françaises de concourir efficacement sur les projets LGV à l'étranger qui majoritairement sont conçus avec le concept de la voie sans ballast. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Allemagne : 300 km/h sur voie béton entre Cologne et Francfort, P.-O. Boutin, Revue Travaux, n° 792, décembre 2002
- [2] Voie sur dalle pour lignes à grande vitesse – Etat de l'art, A. Hocke, Ph. Moine, Revue Travaux, n°881, juin 2011
- [3] Chine : le vrai bond en avant, F. Dumont, Ville Rail & Transport, 13 janvier 2010
- [4] France : une voie expérimentale en béton sur la ligne à grande vitesse est. Revue Routes N°98, décembre 2006, Cimbéton
- [5] Etude comparative voie ballastée vs voie sur dalle, Cimbéton/Inexia, 2009
- [6] Tunnels ferroviaires : la voie béton, solution pour améliorer la sécurité des usagers et l'intervention des secours. T66, Collection technique Cimbéton, août 2008



Ballasted track or unballasted track A relevant news subject for railway players

With regard to high-speed rail lines (ligne à grande vitesse, LGV in French) throughout the world, there are two proven technical designs with sufficient implementation experience: ballasted track and track on concrete slab. In France, the choice has been the ballasted track and it must be acknowledged that French railway engineers have extensive expertise in the design and development of a complete high-speed transport system incorporating all aspects of the subsystems of which ballasted railway tracks form a part. Know-how and constant improvements on this track design, in particular for their geometrical quality and durability, have led to a well thought-out choice, following the example of other foreign networks (Germany, Japan, China, among others) which have opted for concrete track designs. It must be recognised that the ballasted track has less progress and development leeway than the concrete track, given the restrictive conditions which must henceforth be met by a high-speed line, namely uninterrupted service (day and night), durability (absence of maintenance), high speed levels, increasingly tight geometry (high-speed train line alongside a motorway corridor). The aim of this article is to shed light on the two designs, with their respective advantages and difficulties, and on the improvements required for the development of concrete railway tracks à la française.

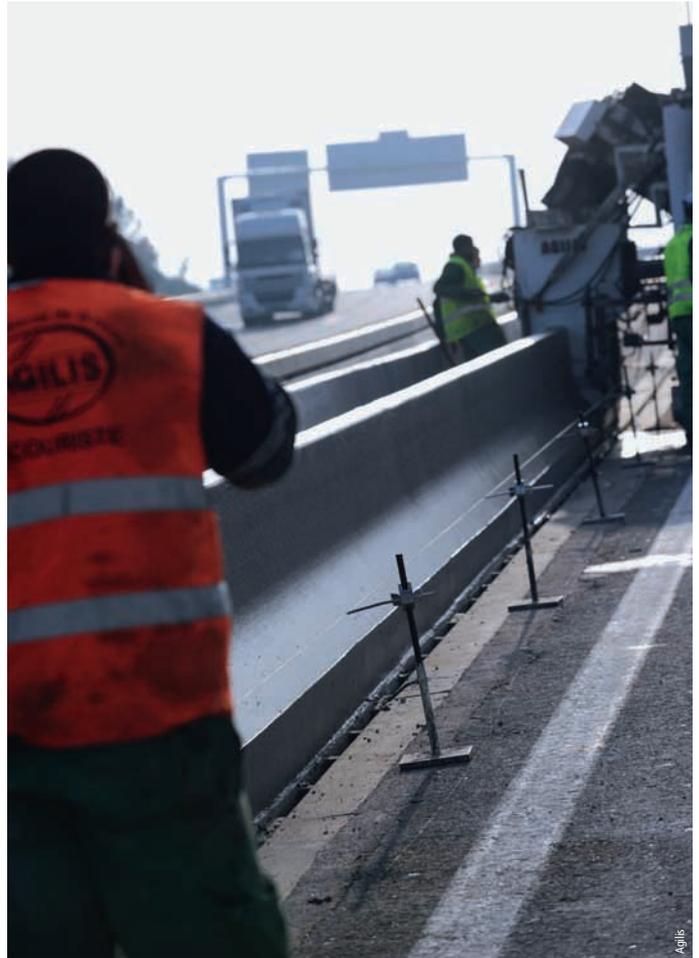
AUTEURS

Christophe Chevalier
Directeur technique
AGILIS

Florence Pero
Secrétaire général
Syndicat des spécialistes
de la chaussée en béton
et des aménagements
(SPECBEA)

Dispositifs routiers de retenue (DRR)

Evolution de la normalisation et de la réglementation ; incidences sur les barrières en béton coulé en place



Réalisation d'une GBA en béton extrudé en terre-plein central autoroutier
Setup of extruded concrete barrier on motorway median



Les récentes évolutions du contexte réglementaire et normatif des dispositifs routiers de retenue (DRR) viennent modifier les habitudes françaises. Toutefois, leurs incidences sur les dispositifs en béton coulé en place sont différentes de celles sur les dispositifs manufacturés. Cet article se propose de faire le point sur les textes disponibles, de préciser ceux qui s'appliquent aux dispositifs en béton coulé en place, ainsi que les futures évolutions de ces textes. Enfin, les avantages de ces dispositifs vis-à-vis de la sécurité routière sont évoqués.

Introduction

Les dispositifs routiers de retenue (DRR) ont pour objet d'accueillir et rediriger les véhicules en détresse en protégeant leurs occupants et les tiers et d'assurer le guidage des piétons et des autres usagers de la route. Ils diffèrent les uns des autres outre par leur performance, par leur fonction et leurs sites d'implantation.

On distingue deux types de dispositifs :

- les dispositifs de retenue des véhicules (glissières, barrières) ;
- les dispositifs de retenue des piétons, et/ou cyclistes, nommés garde-corps.

Certains combinent ces deux fonctions.

Par ailleurs, on distingue deux espèces de dispositifs :

- les produits manufacturés, et
- les ouvrages, qui sont des dispositifs construits en place. Ces derniers comprennent, par exemple, les barrières en béton coulé en place : le muret pour véhicules légers, MVL (figure 1), le séparateur GBA - ou glissière en béton adhérent (figure 2) - , le séparateur DBA - ou double barrière adhérente (figure 3) ou bien encore la barrière normale BN1 pour ouvrages d'art.

Enfin, d'autres équipements de bord de route ne sont pas des dispositifs de retenue, mais ont des fonctions annexes comme celle d'éviter le franchissement intempestif (bordures hautes, par exemple). Ces équipements ne relèvent pas du présent article.

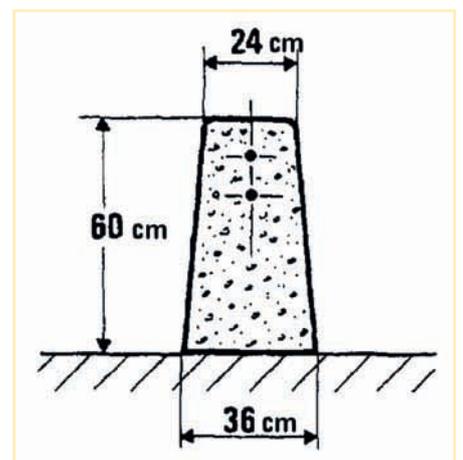


Figure 1
Muret pour véhicules légers (MVL)
extrait de la circulaire n°88-49 [1]
Low wall for light vehicles (MVL)

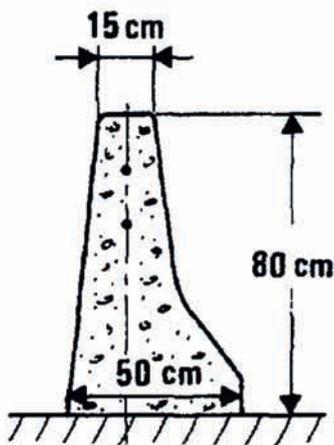


Figure 2
Séparateur ou glissière en béton adhérent (GBA)
extrait de la circulaire n°88-49 [1]
Separator or barrier in adherent concrete (GBA)

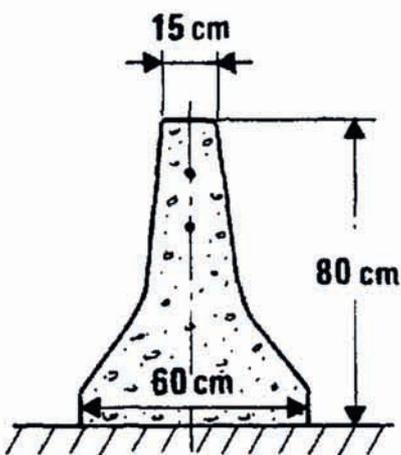


Figure 3
Séparateur ou double barrière adhérente (DBA)
extrait de la circulaire n°88-49 [1]
Separator or double adherent concrete barrier (DBA)

Contexte français et européen

Depuis de nombreuses décennies, le cadre réglementaire des dispositifs de retenue (DRR) installés en France était organisé. Pour pouvoir être mis en œuvre sur le réseau routier national (RRN), et par extension généralement sur les autres réseaux routiers, ces dispositifs devaient être conformes :

- soit à la circulaire n°88-49 [1], d'agrément et de conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée ;
- soit à une norme prescriptive (ex. : pour les dispositifs en béton, la norme NF P98-430 et sa série [2]) ;
- soit à une circulaire d'homologation (très souvent pour des produits d'entreprise, par exemple le capot métallique des GBA pour joints de chaussée larges).

En décembre 1988, la Directive des produits de construction (DPC) [3], qui engage à une évaluation commune des produits, a conduit à une normalisation européenne des dispositifs de retenue, par la rédaction de la série de normes EN 1317 [4]. Ces normes ont pour objet, en particulier, de fixer les performances (avec des classes et niveaux) à atteindre pour ces produits afin de pouvoir disposer du marquage CE, et ainsi être mis sur le marché.

Cette série de normes ne s'applique qu'aux produits manufacturés (par exemple, les glissières et barrières métal ou métal et bois, les blocs préfabriqués en béton) ; en revanche, les ouvrages (GBA/DBA, ...) ne sont pas couverts.

A l'heure actuelle, seule une petite partie des travaux européens d'élaboration de la série de normes EN 1317 (devant conduire à la publication des normes françaises de transposition) est terminée : il s'agit des sections courantes (partie répétitive) des dispositifs de retenue (NF EN 1317-2 [4]) et des atténuateurs de chocs (NF EN 1317-3 [4]). Les normes couvrant les sections spéciales, comme les transitions (partie qui raccorde deux dispositifs différents), les extrémités, les dispositifs pour les motos, ne sont toujours pas approuvées. Cela pose d'ailleurs un certain nombre de difficultés pour l'évaluation complète de ces produits « dispositifs routiers de retenue ».

En mars 2008, conformément aux directives européennes et sans attendre la parution complète de la série de normes EN 1317, l'arrêté portant application de l'obligation de marquage CE des produits DRR [5] est publié. Dès lors, tout produit relevant de la norme NF EN 1317-5 [4] (norme servant de support au marquage CE) et vendu pour la première fois après le 1^{er} janvier 2011, doit être détenteur du marquage CE.

Enfin, l'arrêté du 2 mars 2009, relatif aux performances et aux règles de mise en service des DRR soumis à l'obligation de marquage CE, dit arrêté RNER [6], impose aux maîtres d'ouvrage les critères de choix des DRR qu'ils font installer sur leurs itinéraires circulés à plus de 70 km/h, lorsqu'ils relèvent de la norme EN 1317 et qu'ils doivent être marqués CE.

Conséquences pour les dispositifs en béton (murets et séparateurs)

Les dispositifs en béton coulé en place ne relèvent pas des normes et dispositions réglementaires issues du cadre

européen. Il est donc nécessaire, dès lors, de se référer au cadre normatif et réglementaire français préexistant.

En conséquence, et en attendant un texte précisant le cadre réglementaire applicable aux ouvrages, les dispositifs en béton coulé en place peuvent être mis en œuvre dès lors qu'ils sont conformes aux normes de la série NF P98-430.

La Commission de normalisation des dispositifs de retenue routiers (CNDRR) a, dans ce contexte, jugé utile de réviser les normes descriptives des DRR dits génériques (c'est-à-dire, qui ne sont la propriété d'aucune entreprise particulière), et en particulier celles traitant des dispositifs en béton.

Le projet de révision de la norme NF P98-430 ne remet pas en question les dispositifs en béton, et les classe même dans les niveaux de retenue du nouveau référentiel d'essai de la norme NF EN 1317-2. En particulier, les GBA/DBA ont une performance acquise pour la retenue des véhicules légers de niveau N2 et des poids lourds de niveau H2 (voir encadré) dans les conditions de réalisation et d'implantation conformes à la norme NF P98-430. Des essais, conformes aux exigences de la norme NF EN 1317-2 et réalisés sur ces dispositifs, ont confirmé ces niveaux de retenue.

Par ailleurs, cette révision devrait apporter des indications plus précises sur la géométrie, sur les modes d'implantation et sur les tolérances d'exécution en fonction des derniers essais de chocs réalisés. La nouvelle version, en outre, devrait apporter aux exploitants plus de souplesse au niveau de l'entretien, en particulier lors des rechargements de chaussée, et éclaircir le choix délicat des capots métalliques en fonction de la configuration et du niveau de retenue à prendre en considération conformément à l'arrêté RNER. Enfin, une mise en conformité des caractéristiques des bétons de ces ouvrages avec la norme NF EN 206-1 [7], facilitera la prise en compte du facteur d'agressivité en fonction des performances minimales requises.

Pour rappel (et selon les termes de la circulaire n°94-74 [8]), d'une façon générale et en l'état actuel des connaissances, les avantages des séparateurs en béton apparaissent comme prépondérants pour l'équipement :

- des zones en site urbain ou périurbain ;
- des sections à fort trafic sur lesquelles l'utilisation de dispositifs métalliques pourrait conduire à des contraintes d'exploitation jugées trop importantes ;
- des zones d'accumulation d'accidents à gravité modérée ;
- des sections à trafic poids lourds important afin de minimiser les risques de traversée ;
- des points singuliers et, plus généralement, zones où l'objectif « retenue des poids lourds » est un élément essentiel de sécurité ;
- des sections en zone difficile (profil en long, tracé en plan).

Enfin, les dernières études statistiques d'accidentologie de l'Observatoire national interministériel de sécurité routière (ONISR) [9] montrent que, contrairement aux idées reçues, les dispositifs de retenue en béton, malgré une valeur d'ASI (indice de décélération) plus défavorable lors des essais de chocs normalisés, engendrent une gravité des accidents moins sévère et une mortalité inférieure aux autres dispositifs de retenue (de type métallique), en particulier sur les véhicules légers et motocyclistes.

Les essais de chocs

La norme NF EN 1317-2, relative aux sections courantes des DRR, précise les exigences à satisfaire lors de chocs normalisés, qui vont permettre de prétendre au marquage CE. Ces essais de chocs doivent être effectués dans des laboratoires européens agréés.

Elle définit des niveaux de retenue, basés sur des véhicules de masse donnée lancés à vitesse constante sur les dispositifs. En particulier, deux niveaux de retenue, cités dans l'arrêté RNER, sont spécifiés :

- le niveau N2, permettant de retenir les véhicules légers, de masse inférieure ou égale à 1 500 kg, et percutant le dispositif à 110 km/h avec un angle de 20° ;
- le niveau H2, permettant de retenir, outre les véhicules légers, un poids lourd de 13 tonnes percutant le dispositif à 70 km/h avec un angle de 20°.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Circulaire n°88-49 du 9 mai 1988, du ministère de l'Équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports, relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées ; Bulletin officiel du ministère de l'Équipement, 19 juin 1988, n°17
- [2] Série de normes sur les dispositifs en béton :
 - a) NF P98-430, avril 1991 : Barrières de sécurité routières en béton - Séparateurs et murets en béton coulé en place - Définitions, fonctionnement et dimensions
 - b) NF P98-431, juin 1991 : Barrières de sécurité routières - Séparateurs et murets en béton coulé en place - Spécifications techniques de réalisation et de contrôle
 - c) NF P98-432, avril 1991 : Barrières de sécurité routières - Séparateurs et murets en béton coulé sur place - Conditions d'implantation
 - d) NF P98-433, juin 1991 : Barrières de sécurité routières - Séparateurs et murets en béton coulé en place - Accessoires et pièces métalliques spéciales
 - e) XP P98-443, novembre 1993 : Barrières de sécurité routières - Séparateurs et murets en béton coulé en place - Contrôle d'exécution
- [3] Directive 89/106/CEE du Conseil du 21 décembre 1988 relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres concernant les produits de construction (DPC)
 - Dossier « Produits de construction à l'heure européenne : marquage CE », Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 818, juin 2003
- [4] Série de normes EN 1317 :
 - a) NF EN 1317-1, septembre 2010 : Dispositifs de retenue routiers - Partie 1 : terminologie et dispositions générales pour les méthodes d'essai (Indice de classement : P98-440-1)
 - b) NF EN 1317-2, septembre 2010 : Dispositifs de retenue routiers - Partie 2 : classes de performance, critères d'acceptation des essais de choc et méthodes d'essai pour les barrières de sécurité incluant les barrières de bord d'ouvrage d'art (Indice de classement : P98-440-2)
 - c) NF EN 1317-5+A1, décembre 2008 : Dispositifs de retenue routiers - Partie 5 : exigences relatives aux produits et évaluation de la conformité des dispositifs de retenue pour véhicules (Indice de classement : P98-440-5), version amendée
- [5] Arrêté du 6 mars 2008, du ministère de l'Écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, portant application à certains dispositifs de retenue routiers du décret n°92-647 du 8 juillet 1992 modifié concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction publié au JORF n° 0070 du 22 mars 2008, texte n°4
- [6] Arrêté RNER (réglementation nationale des équipements de la route), du ministère de l'Écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire : arrêté du 2 mars 2009 relatif aux performances et aux règles de mise en service des dispositifs de retenue routiers soumis à l'obligation de marquage CE publié au JORF n° 0067 du 20 mars 2009, texte n°6
- [7] NF EN 206-1 (Version corrigée), avril 2004 : Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité (Indice de classement : P18-325-1)
- [8] Circulaire n° 94-74 du 10 octobre 1994, du ministère de l'Équipement, des transports et du tourisme, relative à l'emploi des dispositifs de retenue en métal et en béton sur routes à chaussées séparées
- [9] ONISR, « Le bilan de la sécurité routière 2009 », version intégrale 2010, Annexe p. 314
ONISR, « Le bilan de l'accidentologie de l'année 2008 - Document de travail », juin 2009, pp. 57-59



Road restraint systems (RRS) Evolution of standards and regulations; effect on concrete barriers cast in place

Recent changes within the context of regulations and standards relative to road restraint systems (RRS) have led to modifications in customary French practices. However, their effects on concrete barriers cast in place are different from those of manufactured devices. This article provides a review of available documents, pointing out those that apply to concrete barriers cast in place, as well as future updates of these texts. Finally, the advantages of these systems with regard to road safety are presented.

AUTEURS

Serge Horvath
Responsable risques et sécurité
CIMBÉTON

Frédéric Gratessolle
Chef d'agence béton
APPIA Grands travaux



La résistance du béton en zones logistiques



Un trajet en voiture suffit pour s'en convaincre : les plates-formes logistiques n'ont jamais été aussi nombreuses autour des villes et même en zone rurale. Quel que soit le contexte, l'intégration dans le paysage est souvent critiquable. Un nouvel ouvrage a été publié par Cimbéton [1] qui vient aider à une conception pertinente de ces infrastructures, au profit de l'esthétique, de l'environnement, mais aussi de la sécurité et de l'économie.

L'entrepôt, lieu de tous les flux

Signe de l'activité économique et de ses évolutions - essor du commerce électronique, notamment - les plates-formes logistiques se multiplient sur le territoire : plus de 100 millions de mètres carrés d'entrepôts ont été mis en chantier au cours des 30 dernières années. Pierre angulaire du réseau logistique, l'entrepôt est le lieu de tous les flux : flux de personnes, de marchandises, d'automobiles et de camions, bien entendu. Par ses dimensions, le bâtiment a un impact non négligeable sur l'environnement. D'autant qu'il est souvent peu attrayant, comparable à une boîte posée là, sans souci d'insertion. Pourtant les choses changent. Les entrepôts font maintenant l'objet de nombreux efforts de la part des différents acteurs : études paysagères et végétalisation du site, utilisation de matériaux et de couleurs agréables, etc. Les entrepôts ont d'autres défauts : nuisances acoustiques, pollution et émissions de gaz à effet de serre, ou bien encore, imperméabilisation du site par l'importance des surfaces de voirie nécessaires. Une imperméabilisation néfaste à la restauration des nappes phréatiques et qui a aussi pour conséquence, qui plus est, de rejeter des eaux pluviales à très gros débit en cas d'orage violent. La consommation énergétique est également impressionnante. Un tableau peu engageant, donc, aggravé par la durée d'exploitation prévisible de

ces installations - environ 20 ans. Les entrepôts seraient-ils un mal nécessaire ?

Entrepôt « DD »

L'ouvrage précité [1] entend bien prouver que l'entrepôt « développement durable » est possible. Et ce, grâce au matériau béton, reconnu pour ses qualités techniques et sa robustesse, pour son économie, mais aussi, de plus en plus, pour ses qualités esthétiques. Plus que jamais, le béton s'inscrit dans une démarche de développement durable bien comprise.

Souvent choisi en façade de bâtiment pour ses possibilités de texture et de résistance au feu, le béton apporte évidemment les mêmes qualités s'il est retenu pour la structure porteuse et la plate-forme de stockage, puisque, en outre, il sait résister durablement aux charges importantes et concentrées.

Béton et aménagements extérieurs

L'autre bât qui blesse est l'environnement immédiat de l'entrepôt. Du fait de l'ampleur et de la nature de la circulation (camions, chariots élévateurs), un réseau de voirie important entoure les

bâtiments, avec un lourd impact sur le paysage. Qui plus est, le poids des engins soumet les chaussées à des efforts énormes qui mènent à l'orniérage, voire à l'affaissement. En la matière, le béton a des arguments pertinents.

Arguments « mécaniques », d'abord. Le traitement des sols avec un liant chaux ou ciment apporte aux remblais et autres couches de forme des qualités qu'elles n'ont pas naturellement, et les rend ainsi utilisables à peu de frais (le procédé est peu gourmand en énergie, donc économique). L'argument mécanique vaut également pour le revêtement lui-même. Dans les zones logistiques, l'agressivité spécifique du trafic de poids lourds (flux intense, charges importantes, etc.) conduit à rechercher des revêtements présentant une résistance élevée à l'orniérage. Il est donc nécessaire de concevoir des infrastructures routières durables et résistantes aux agressions. En l'occurrence, le béton s'impose comme le matériau *ad hoc* du fait de sa rigidité élevée, de sa tenue à la fatigue, de sa solidité à toute épreuve, de sa résistance aux agressions (charges, poinçonnement, chaleur, froid, hydrocarbures, érosion, inondations, usure de surface, etc.). La sécurité est également accrue du fait du maintien, pendant de très longues périodes, de l'uni et des caractéristiques de surface.

Dossier Le béton au quotidien

Au besoin, la technique du béton de ciment mince collé (BCMC) permet de lutter durablement contre l'orniérage des voies à structure bitumineuse existantes. Le procédé consiste à fraiser ou à raboter la structure dégradée et à mettre en œuvre une couche mince (8 cm minimum) de béton de ciment qui adhère parfaitement à la couche bitumineuse résiduelle sous-jacente. La structure composite monolithique ainsi obtenue offre une durabilité intéressante, grâce à sa rigidité qui répartit les charges et soulage ainsi la structure bitumineuse sous-jacente, grâce aussi à la protection thermique apportée par le béton à la structure.

Les voiries en béton présentent également des avantages économiques - le béton est un matériau constitué d'éléments généralement disponibles localement (sable, granulats, ciment, eau) - et des avantages environnementaux - le béton est un matériau mis en œuvre à froid, qui ne dégage pas d'émissions polluantes à cette étape.

Par ailleurs, le béton se prête au recyclage, ce qui n'est pas anodin dans le cas de ces infrastructures dont la durée d'exploitation est limitée, et permet, lorsqu'il est conçu selon les règles de l'art, d'atteindre des durées de vie de 30 ans sans rénovation lourde et avec un entretien réduit.

Enfin, les carrefours giratoires, fréquents à l'abord des infrastructures logistiques (photo 1) seront avantageusement réalisés en béton, qui constitue sans doute le matériau le plus adapté aux conditions d'exploitation de ces zones particulières. Il y fera la preuve des mêmes qualités [2] avec la possibilité d'un traitement de surface de la chaussée béton qui lui confèrera des qualités pérennes d'adhérence et de résistance au dérapage. Les différentes techniques de traitement de la surface du béton, en effet, permettent d'obtenir une très grande variété de textures (photo 2), au profit aussi de l'esthétique.



Photo 1
Giratoire en béton
Concrete roundabout



Photo 2
Aspects de surface
Surface appearance

Retour au développement durable

La question de l'imperméabilisation des sols, on le sait, est dommageable pour l'environnement. Pour les places de parking, cheminements piétons et autres espaces peu sollicités mécaniquement, les surfaces perméables devront donc être favorisées. Ce sera l'occasion d'employer les dalles gazon, les dalles ou pavés en béton avec joints perméables ou encore les bétons drainants (figure 1).

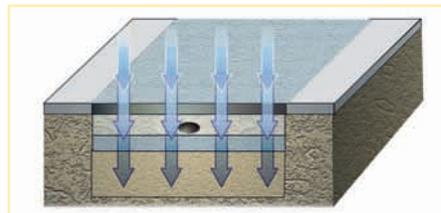


Figure 1
Schéma d'un béton drainant
Echantillon comportant 2 couches de béton drainant, avec la couche supérieure colorée. L'eau est stockée dans la couche inférieure (zone bleutée) et peut être, soit diffusée dans le sol support, soit versée dans des exutoires
Porous concrete diagram
Sample comprising 2 porous concrete layers with a coloured upper layer. Water is stored in the lower layer (in blue) and can be either diffused into the subgrade or discharged through outlets

Mais on ira plus loin encore dans la protection environnementale avec des solutions qui contribuent à dépolluer l'environnement. C'est sans doute l'une des innovations majeures de ces dernières années dans l'univers du béton. En l'occurrence, un béton élaboré à partir d'un ciment à effet photocatalytique (figure 2) : sous l'action des rayonnements ultraviolets (UV), il permet la dégradation des polluants de l'air, principalement les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV), qui sont piégés par action directe à la surface du béton. L'argument prend tout son sens dans une zone logistique,



Concrete strength in logistic zones

A ride in a vehicle is convincing enough: never has there been more logistic platforms around towns and in rural areas. Whatever the context, their integration within the landscape can often be criticised. A new publication by Cimbéton [1] was issued to help in the proper design of these infrastructures to the benefit of aesthetics and the environment, but also safety and the economy.

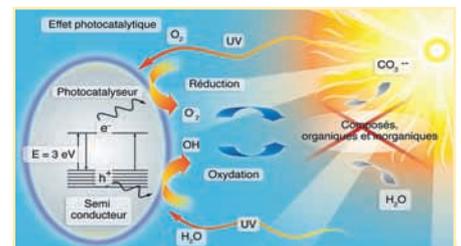


Figure 2
Béton dépolluant
Eco-friendly concrete

où la principale pollution provient du trafic de véhicules. Ce béton (photo 3) pourra donc utilement être employé pour la réalisation de chaussées, de carrefours giratoires ou d'aires de béquillage, par exemple.



Photo 3
Béton dépolluant
Eco-friendly concrete

Chaussées d'accès, zones de stockage, de manutention et de chargement, architecture, protection thermique, sécurité incendie : il sera décidément difficile aux entrepôts et zones logistiques d'échapper aux qualités du béton... ■

BIBLIOGRAPHIE

[1] Collection technique Cimbéton - B69. Béton et constructions HQE® - Intérêt du béton pour la conception d'entrepôts HQE® et de zones logistiques - décembre 2010, Cimbéton

[2] Guide technique Specbea « Carrefours giratoires en béton » (à paraître)

AUTEURS

Frédéric Gratessolle
Directeur Agence béton
Appia Grands Travaux

Christophe Chevalier
Directeur technique
Agilis

Alain Depetrini
Ancien Secrétaire général
SPECBEA



Vue générale de l'aéroport de Roissy et, au premier plan, du satellite S4 en travaux

Les domaines de prédilection du béton



Pour de nombreux projets, les maîtres d'ouvrage ont à leur disposition plusieurs alternatives techniques. Bien souvent, la politique d'investissement à court et moyen terme n'est pas favorable, en France, aux structures rigides. Cependant, et heureusement pour la pérennité de cette technique, il existe certaines applications où la mise en œuvre de structures en béton donne satisfaction à long terme en répondant aux contraintes de projet suivantes :

- charges importantes,
- vitesse d'évolution faible,
- investissement à long terme,
- conditions météorologiques extrêmes en matière d'écart de température ou de précipitations.

Quelques réalisations répondant à ces critères, sur les ports et les aéroports, sont décrites ci-après.

Port Dégrad des Cannes de Cayenne (Guyane) (Réalisation Appia Grands Travaux)

Bien que le département de la Guyane se situe sur le continent Sud-américain, la densité de la forêt amazonienne rend son fonctionnement similaire à celui d'une île. Le climat est de caractère tropical avec des pluies abondantes et une température élevée. Le premier point d'entrée reste la côte atlantique. Les principaux échanges avec l'extérieur s'opèrent donc par voie maritime et l'activité économique est rythmée par l'arrivée des nombreux porte-conteneurs. Le port international de Dégrad des Cannes se situe sur la commune de Remire Montjoly au droit de l'estuaire du fleuve Mahury.

Pour s'adapter aux navires toujours plus longs, le port de Dégrad des Cannes se

devait de se doter d'infrastructures modernes. La chambre de commerce et d'industrie de la Guyane (CCIG) a donc entrepris la rénovation et l'extension du quai n°1 en 2008.

Les chariots élévateurs, sur ce type de port, assurent la manutention de conteneurs pouvant atteindre 45 t (photo 1).



Photo 1
Manutention de conteneurs par chariots élévateurs

Dossier Le béton au quotidien

Ils évoluent sur un périmètre réduit et à des vitesses très lentes. Les conteneurs, quant à eux, sont entreposés sur au moins trois niveaux, appliquant sur le sol des charges de poinçonnement très élevées (jusqu'à 20 t par appui).

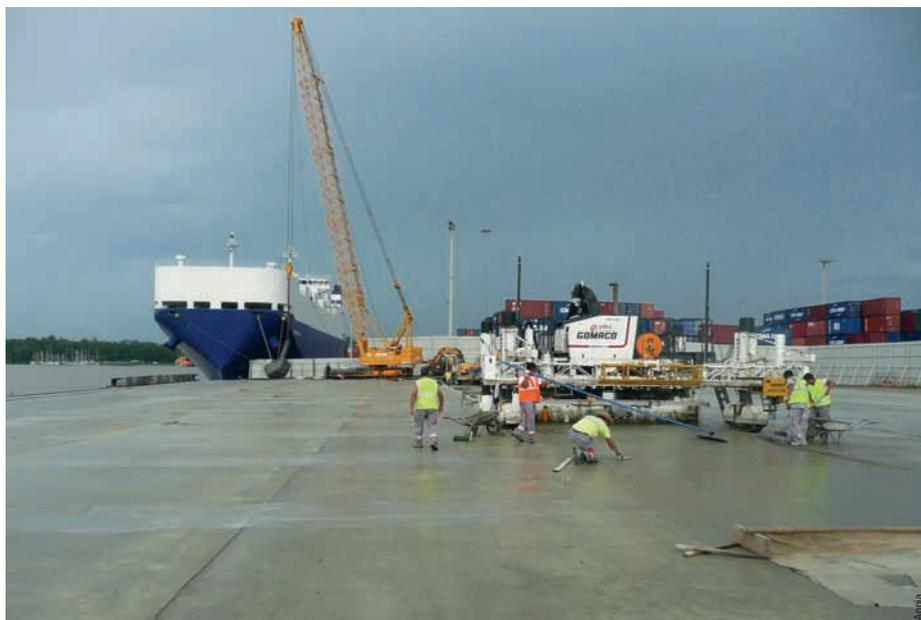
Dès lors, la structure en béton a trouvé, avec de telles contraintes, un terrain de prédilection.

Les travaux d'extension ont consisté en la réalisation de 3 files de pieux couronnées par des poutres longitudinales sur lesquelles venaient reposer des caissons en béton présentant une forme de demi-lune. Un premier remplissage, en béton armé entre chaque caisson, a créé la base de la plate-forme.

Le revêtement est composé de deux structures entièrement en béton : sur la zone d'extension, la couche de fondation de classe 3 présente une épaisseur de 21 cm et la couche de revêtement de classe 5 une épaisseur de 39 cm, tandis qu'au droit de la zone de rénovation, la fondation a été mise en œuvre sur 38 cm et le revêtement sur 39 cm.

Le bétonnage s'est effectué en bandes de largeur de 5 m et de longueur de 130 m (photos 2 et 3).

Le béton (tableaux 1 et 2) a été produit par deux centrales locales assurant un rendement de 40 m³/h et mis en œuvre par une machine à coffrage glissant guidée sans fil par deux stations totales.



Photos 2 et 3
Bétonnage

Matériaux	C25 / S2.0
Sable 0/4 naturel SDCI	945 kg
Granulat 10/20 SCC	650 kg
Granulat 6/10 SCC	350 kg
CEM I 42,5 N CE PM CP2	330 kg
Eau totale	160 L
Eau efficace (Eeff)	153 L
Eeff / c	0,46
CHRYSOPlast Omega I 44	0,35 %
CHRYSOAir D	0,20 %

Tableau 1
Formule du béton de fondation

Matériaux	C25 / S2.0
Sable 0/4 naturel SDCI	880 kg
Granulat 10/20 SCC	675 kg
Granulat 6/10 SCC	345 kg
CEM I 42,5 N CE PM CP2	390 kg
Eau totale	160 L
Eau efficace (Eeff)	153 L
Eeff / c	0,4
CHRYSOPlast Omega I 44	0,35 %
CHRYSOAir D	0,20 %

Tableau 2
Formule du béton de revêtement

Aéroport Roissy Charles de Gaulle

La plate-forme aéroportuaire de Roissy Charles de Gaulle est un des lieux en France où les surfaces revêtues de béton sont les plus importantes. Par ailleurs, la croissance constante du trafic nécessite la réalisation permanente de nouveaux aménagements.

Les structures rigides sont réservées aux parkings des avions et aux voies d'accès aux pistes. Au droit de ces zones, les aéronefs sont soit à l'arrêt ou roulent à faible vitesse. Ces deux configurations sont celles qui apportent le plus de charge au revêtement.

Aires Fedex phase III (Réalisation Appia Grands Travaux)

Outre les zones d'aérogare connues du grand public, de nombreuses activités économiques sont également localisées sur la plate-forme. Notamment, l'entreprise Fedex y a basé son centre européen. Ainsi, les avions sont chargés en colis durant la journée, et s'envolent dans le monde entier le soir venu.

Après l'exécution, en 2006 et 2008, de deux aires, Aéroports de Paris (AdP) a lancé en 2010 une troisième phase de parking à réaliser en 2011. Cette nouvelle extension est capable d'accueillir 3 appareils simultanément.

Les caractéristiques géométriques de ce projet sont données dans le tableau 3.

Parking avion	Superficie	35 500 m ²
	Épaisseur de béton de classe 6	37 cm
	Largeur de coulage	5 m
	Joint goudonné	
Aire pour stockage matériel	Superficie	5 500 m ²
	Épaisseur de béton de classe 6	25 cm
	Largeur de coulage	5 m
	Joint goudonné	

Tableau 3
Caractéristiques géométriques des aires Fedex III

Aires de dégivrage seuil 27 (Réalisation Appia Grands Travaux)

À l'issue de la saison hivernale rigoureuse 2010-2011, il a été décidé d'augmenter la capacité de l'aéroport en matière de dégivrage des avions. Dès lors, il a fallu réaliser deux aires supplémentaires sur lesquelles ces opérations auront lieu l'hiver prochain. Ces zones sont constituées d'une partie centrale en béton sur laquelle l'avion vient se positionner et de zones d'évolution des dégivreuses en structure souple, de part et d'autre.

Les caractéristiques géométriques sont données dans le tableau 4.

Superficie	26 500 m ²
Épaisseur de béton poreux	10 cm
Épaisseur de béton de classe 6	41 cm
Largeur de coulage	5 m
Joint goudonné	

Tableau 4
Caractéristiques géométriques des aires de dégivrage seuil 27

Les 30 000 m³ de béton nécessaires à la réalisation de ces deux projets ont été fabriqués par une centrale mobile installée sur le site et d'une capacité de production de 100 m³/h (photo 4).



Photo 4
La centrale à béton installée sur le site

Les bétons ont été transportés en camion benne. Ce moyen de transport est adapté pour les distances réduites et favorise une vidange du chargement rapide.

Satellite S4 (Réalisation Agilis)

Les parkings pour le nouveau satellite S4 capable d'accueillir les gros porteurs A380 et B777 représentent une surface de 160 000 m² environ.

Ils sont réalisés en chaussées béton BC6 sur une épaisseur de 0,40 à 0,42 m, reposant sur 0,10 m de béton poreux.

La plate-forme est découpée en dalles de 5 m x 5 m goudonnées entre elles automatiquement par la machine de mise en œuvre du béton. Cette technique originale constitue une alternative intéressante à l'utilisation des paniers et permet d'obtenir et de garantir, à grande cadence, un positionnement conforme des goujons (photo 5).

Le béton est produit depuis la centrale continue de chantier de Bouygues TPI partenaire de l'opération. Cette centrale de grande capacité a alimenté durant 2 ans les deux machines SP500 nécessaires à la réalisation du chantier.

Pour la confection de la plate-forme (photo 6), il aura été utilisé environ 140 000 tonnes de granulat, décomposées en 3 coupures (sable, gravillon et cailloux) et quelque 23 000 tonnes de ciment. Les granulats sont des calcaires de très bonne qualité provenant des Carrières du Boulonnais, et le ciment, un CEM II 42,5 de chez Holcim.

Le chantier dans son ensemble représente 80 000 m³ de béton, 23 000 t de ciment, 70 500 goujons, 65 000 ml de joints.

Le béton est mis en œuvre à une cadence moyenne journalière de 800 m³.

Le chantier doit s'achever au milieu de l'année 2012.



Photo 5
Le positionnement automatique des goujons



Photo 6
Réalisation de la plate-forme

Dossier Le béton au quotidien

AUTEURS

Christophe Chevalier
Directeur technique
Agilis (84)

Philippe Chifflet
Directeur technique
Roger Martin (21)

Jean-Louis Ciceron
Directeur
BGL (69)

Christian Genet
Gérant
MB Constructions (84)

Hervé Grillet
Directeur
AXIMUM Grands Travaux (69)

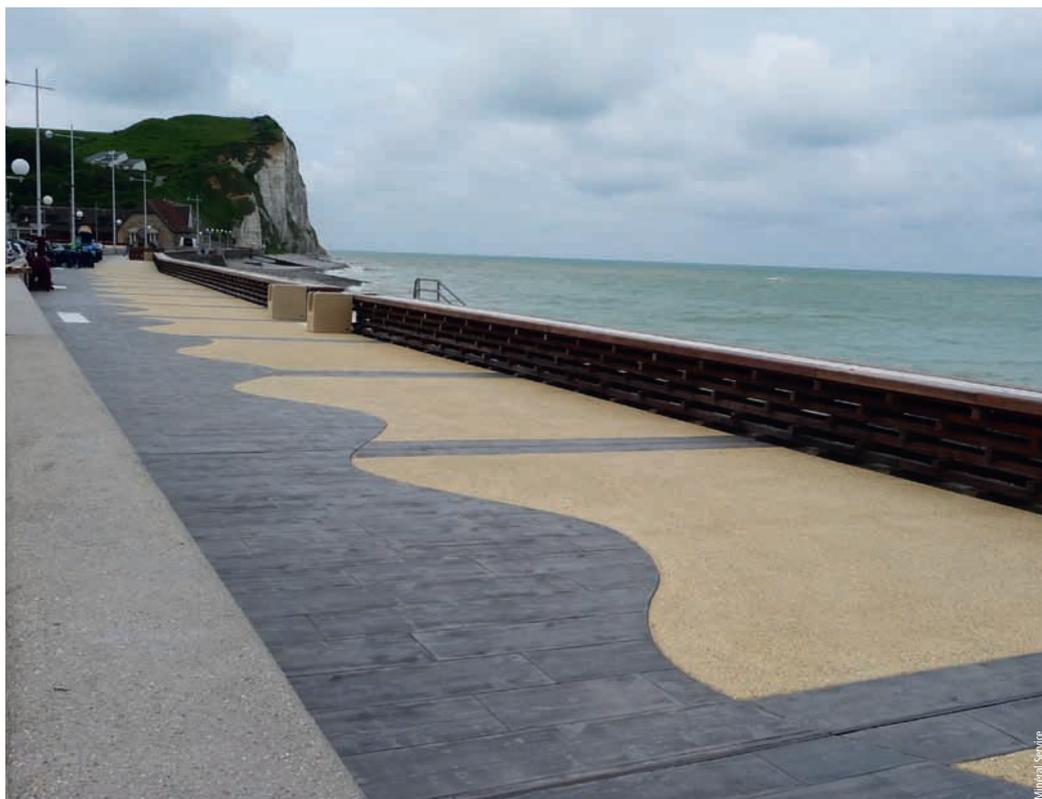
Cyril Henri
Directeur d'exploitation
PROFIL 06

Armand Joly
Directeur
Provence Impressions (84)

Gérard Pelissier
Directeur du conseil de surveillance
SOLS (26)

Olivier de Poulpiquet
Président-directeur général
Minéral Service (76)

Alain Depetrini
Ancien Secrétaire général
SPECBEA



Front de mer à Veulettes-sur-Mer

Tour de France 2011 d'un compagnon bétonnier



Imaginons que notre bétonnier soit un normand de Veulettes-sur-Mer (76), et qu'il se retrouve accidentellement à Toulon pour commencer son tour de France de compagnon, pourquoi pas ?

Il part donc de Toulon (84) en tramway, emportant sur ses chaussures la poussière ocre du Sud, pour se rendre dans la Meuse à Verdun (55) et constater la prouesse de réaliser 1 500 ml environ de bordures en béton extrudé, en 4 jours, et en centre-ville.

Il ne manque pas de se rendre à Génas (69), où la petite commune a décidé de refaire ses passages piétons et ses carrefours en béton.

Passant par son pays, la Normandie, il est charmé par un élégant aménagement multicolore de voirie à Bretteville-sur-Odon (14), et le non moins multicolore tramway de Rouen (76).

Nostalgique du Sud - il y a tant à voir ! - il retourne d'une traite en Provence, en Alpes et en Côte d'Azur.

Le petit chemin d'Istres (13), bordé de pas d'ânes, le conduit à Aix-en-Provence (13), visiter le très minéral et lumineux Collège Arc de Meyran.

Il doit maintenant aborder les étapes culturelles, au Musée Pierre Bonnard du Cannet (06) et à la Villa Paloma à Monaco, ainsi que l'étape culturelle indispensable chez les sœurs Clarisses à Ronchamp (70).

Après un court repos à l'hôtel La Réserve à Ramatuelle (84), il s'attaque enfin à la montagne, par l'Esplanade Paul Grimault à Annecy (74) et le solarium de la station de ski de Val d'Isère (73).

Fatigué, les yeux remplis d'étoiles, il revient chez lui, s'assied sur le front de mer de Veulettes (76), contemple la mer et s'écrie : L'IMAGINATION DU BÉTON EST AU POUVOIR !

/// A Toulon (Var)

La communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée (TPM) est maître d'ouvrage du projet de transport en commun en site propre (TCSP). La maîtrise d'œuvre est assurée par le groupement Sogreah Consultants / Iris Consult. Dans le cadre du premier tronçon de ce TCSP, le pôle opérationnel de l'aménagement urbain (POAU) de TPM a lancé des travaux d'aménagement de voirie (chaussée, trottoirs, piste cyclable), de voies de circulation pour bus à haut niveau de service (BHNS), de réseaux divers, d'espaces verts, d'éclairage public et de clôture.

Les travaux de «requalification du Carrefour de Villevieille secteur nord» ont été confiés à l'entreprise Colas Midi-Méditerranée, qui a sous-traité la réalisation de la plate-forme en béton à l'entreprise Aximum Grands Travaux. Cette chaussée a été réalisée manuellement sur une longueur de 400 m et une largeur de 6,50 m, en une dalle d'épaisseur 20 cm en BC2, et une dalle d'épaisseur 25 cm en BC5 de teinte rouge, goujonné et grenailé en surface.



Requalification du carrefour de Villevieille

/// A Verdun (Meuse)

Pour la communauté de communes Codecom, dans le cadre de son marché d'entretien, l'entreprise Profil 06 a réalisé les bordures en béton extrudé coulé en continu participant à la réfection complète des réseaux, des chaussées et des trottoirs de deux rues parallèles du centre-ville, Saint-Louis et d'Anthouard.

La rapidité d'exécution, la résistance dans le temps et une esthétique irréprochable, étaient les enjeux du chantier. Ils ont été tenus dans la mesure où quelque 1 500 ml de bordures ont été réalisés à la cadence journalière moyenne de 350 ml, en deux jours d'intervention pour chacune des deux rues, 4 jours de coulage au total, et à la complète satisfaction du maître d'ouvrage.

Le procédé consistant à couler du béton livré par camions malaxeurs, avec une extrudeuse se guidant en direction et en

altimétrie sur un fil directeur posé à l'avancement, trouve ici sa parfaite justification en site urbain



/// A Genas (Rhône)

L'aménagement de la rue Carnot en chaussée béton représente, pour cette voirie urbaine peu ou moyennement sollicitée, la solution économique et durable à retenir en lieu et place de giratoires coûteux.

L'entreprise BGL a réalisé 1 200 m² de béton de ciment mince collé (BCMC) sur la chaussée existante pour réhabiliter et matérialiser visuellement différents passages traversants, carrefours et passages piétons, dans une formule de béton contenant des gravillons concassés 8/14 Sault-Brénaz et du ciment gris.

Le maître d'ouvrage est la communauté de communes de l'est lyonnais (CCEL) et le maître d'œuvre ERCD (Energie réseaux conseils et développement).



Carrefour en béton à Génas

/// A Bretteville-sur-Odon (Calvados)

C'est de la palette de Claude Monet que le maître d'œuvre, Benoit Dumouchel, semble s'être inspiré pour confier à l'entreprise Minéral Service la réalisation de cet ouvrage coloré.

Il s'agissait de réaliser sur une voirie, 490 m² de béton patiné recouvrant un béton existant dont la surface avait été préalablement sablée pour améliorer l'adhérence.



Voirie en béton patiné

Soumise au passage des véhicules et des piétons, la surface du béton patiné a été protégée par une résine, à titre de traitement préventif contre les salissures et l'usure. Effet garanti !

/// A Rouen (Seine-Maritime)

De la couleur encore, et une déclinaison des textures pour la réfection des voies du tramway du réseau Métrobus, dont le maître d'ouvrage était Sometrar, et le maître d'œuvre Systra.

Trois bétons de textures et de coloris différents ont été employés :

- béton lissé sur 6 114 m²,
- béton imprimé façon pavé sur 940 m²,
- béton sablé sur 587 m².

Leurs formulations ont été mises au point par les entreprises Sols et Minéral Service, titulaires des travaux, en collaboration avec Ciments Lafarge.

En zone de carrefour fortement sollicitée par le passage des tramways d'une part, et de la circulation lourde routière d'autre part, un ferrailage spécifique du béton a été mis en place.

Le chantier a été réalisé sous circulation des rames dont le service n'était pas interrompu.



Les voies réhabilitées du tramway de Rouen

Dossier Le béton au quotidien



Carrefour tram/ chaussée

A Istres (Bouches-du-Rhône)

Le chemin en béton des Massugues et de la Manne dans la ZAC des Craux, serpente parmi les arbres, aménagé par endroits de marches et de pas d'ânes quand la pente devient forte. Le maître d'ouvrage est l'Epad à Istres, et le maître d'œuvre le Cabinet Sitétudes à Marseille.



Le chemin serpentant à côté du pas d'ânes

Les quantités sont à l'échelle de ce petit ouvrage bucolique qui n'a pas moins requis, de la part de l'entreprise Provence Impressions, la plus grande application :

- 368 m² pour l'allée piétonne en béton hydrosablé,
- 86 m² pour 68 marches d'escalier et pas d'ânes en béton hydrosablé,
- 130 m² pour une dalle en béton balayé.

A Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône)

Au collège Arc de Meyran, on en arrive à ne plus distinguer la superstructure de l'infrastructure qui participe alors du même parti architectural de minéralisation donnant lumière et nervosité à l'ensemble. Le maître d'ouvrage est Treize Développement à Marseille, et le maître d'œuvre CFL Architecture à Aix-en-Provence.

Sans autres commentaires, l'entreprise Provence Impressions a réalisé :

- 2 291 m² de dalles piétons circulables en béton hydrosablé, épaisseur 12 cm,
- 1 704 m² de rampes coursives en béton hydrosablé, épaisseur 7 à 8 cm,
- 530 m² d'une dalle piétonne et avec circulation de véhicules légers en béton désactivé épaisseur 12 cm,
- 197 m² d'une dalle piétonne en béton poncé coloré,
- 440 m² de revêtement d'un coulis coloré, collé, poncé,
- 1 079 ml de marches d'escaliers de 30 cm en béton hydrosablé,
- 1 199 ml de contre marches d'escalier en béton hydrosablé,
- 101 ml de bandes podotactiles en béton hydrosablé,
- 492 ml de fourniture et mise en œuvre de bandes inox 316L, dont la partie vue est de 3 cm.



Les escaliers en béton coulé en place

Au Cannet (Alpes-Maritimes)

La ville en maîtrise d'ouvrage, et le cabinet d'architectes Sylvie Rossi & Frédéric Ferrero associés à Horizons Paysages - Nicolas Faure en maîtrise d'œuvre, ont confié à l'entreprise MB Constructions la

réalisation en béton des abords du musée Pierre Bonnard.

Il s'est agi de 1 090 m² de béton désactivé livré par Lafarge Bétons Sud-Est.

De jour comme de nuit, le parvis en béton donne toute sa lumière à ce musée célébrant le peintre Pierre Bonnard qui appréciait tant celle de la Côte d'Azur.



Le musée Pierre Bonnard de jour...



... et de nuit

A Ronchamp (Haute-Saône)

Les grands noms d'architectes se bousculent. En 1955, Le Corbusier livre la chapelle Notre-Dame-du-Haut. Un bon demi-siècle plus tard, c'est à Renzo Piano de se mettre à la tâche pour le Lieu de vie des Sœurs Clarisses.



Le guichet d'entrée

Constatant, une nouvelle fois, la détermination des architectes d'associer dans une œuvre cohérente, le béton horizontal et le béton vertical, le premier servant à sertir l'esthétique du second, il convient de noter que c'est une filiale du groupe Roger Martin qui a mis en œuvre les

1 000 m³ de béton de voirie fournis par Belfort Béton, filiale du même groupe, dans une formule C35/45 XF4 0-20 S3 G+S. Le maître d'ouvrage est le conseil général de la Haute-Saône (70).

A Monaco

Le Prince lui-même s'est constitué maître d'ouvrage de la transformation de la Villa Paloma, l'une de ces élégantes demeures de la rêveuse Côte d'Azur à l'époque où l'on ne *buildinguait* pas encore, en Nouveau Musée National de Monaco. Le maître d'œuvre était l'Atelier Blanchi (architecte DPLG).



La terrasse vers la mer



Le Nouveau Musée National de Monaco

MB Constructions a mis en œuvre 813 m² de béton désactivé livré par Lafarge Bétons Sud-Est. Apprécions !

A Ramatuelle (Var)

L'aménagement extérieur de l'hôtel La Réserve, au lieu-dit Escalet Nord, est l'œuvre de Provence Impressions, sous la maîtrise d'ouvrage de SNC Hora à Lyon, et la maîtrise d'œuvre du Cabinet Gillot Jeanbourquin à Besançon.

La dalle piétonne et VL s'étend sur 717 m² et la rampe, en béton hydrosablé, sur 212,00 m².

Cela mérite une petite pause !



Ramatuelle, hôtel La Réserve

A Annecy (Haute-Savoie)

Sous la maîtrise d'ouvrage de la ville, et la maîtrise d'œuvre de l'agence paysagiste APS de Valence (Drôme) associée au bureau d'études Cap Vert (Isère), Sols Alpes (Groupe Sols) est en charge du lot revêtement de sol en béton du chantier de l'Esplanade Paul Grimault.

Cet aménagement qui présente de nombreuses difficultés d'exécution, tant d'un point de vue esthétique que technique dans le souci du détail et de la qualité de finition, consiste à créer dans le périmètre de la ZAC Courier, une esplanade piétonne de 3 400 m² sur la dalle supérieure d'un parking.



L'esplanade végétale



La terrasse urbaine

L'espace a été découpé en trois zones : une esplanade végétale, une grande terrasse urbaine et une roseraie.

L'**esplanade végétale** est aménagée en s'inspirant du plateau calcaire des lapiaz du Parmelan. Le revêtement en béton matricé donne ainsi l'illusion d'être sillonné de rigoles et de fissures. La surcharge admissible de la dalle existante ne permettant pas d'utiliser des matériaux denses, un rechargement en polyuréthane projeté est mis en œuvre pour reprendre le nivellement de la zone supportant les revêtements de surface.

A noter également la réalisation de bétons désactivés rugueux avec gros agrégats roulés du Fier, et des bandes de béton basaltique noir traversant cet espace.

Au centre du jardin, la deuxième zone est constituée par un grand rectangle de plus de 1 500 m² transformé en **terrasse urbaine**, solarium offrant des perspectives sur le Semnoz et le massif des Bornes. Un matériau composite imitant le platelage bois est associé à un béton sablé rainuré, l'effet de lignage étant accentué par des sciages longitudinaux rapprochés.

Dossier Le béton au quotidien

Le troisième espace est un jardin qui crée un lien entre la dalle haute et la dalle basse et cache le parking. Une **roseraie** est encadrée par deux grands escaliers en béton désactivé basaltique noir. La descente au niveau bas s'effectue par une rampe en « zigzag » réalisée en béton désactivé avec agrégat calcaire de Grésy. L'ensemble de cet espace est réalisé sur un remblai allégé. Ces travaux ont démarré en février 2011 et devraient s'achever courant de l'année 2012.



Rechargement en mousse

A Val d'Isère (Savoie)

AGILIS aménage le solarium du centre Oxygène de la station de ski, soit plus de 2 000 m² de béton balayé ou hydrosablé. La réalisation se décompose en plusieurs types d'ouvrages : chemins piétonniers, accès pompiers en béton balayé, et un solarium sur 5 niveaux en béton hydrosablé.



Le solarium

Une attention particulière a été apportée à la formulation du béton et à sa mise en œuvre en raison des conditions d'agressivités météorologiques régnant à cette altitude. Pour les mêmes raisons, et afin de préserver la plate-forme des infiltrations d'eau et des désordres dus au gel, tous les joints (construction, retrait, dilatation) sont rendus étanches.

A Veulettes sur Mer (Seine-Maritime)

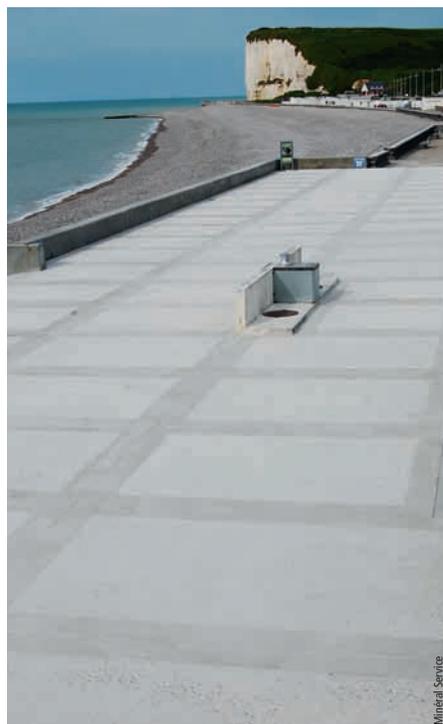
L'entreprise Minéral Service a réalisé pour la mairie, sous la maîtrise d'œuvre du cabinet Folius, le double aménagement du front de mer et d'une cale à bateau.

L'aménagement du front de mer consiste en 208 m² de béton imprimé façon bois, et en 2 000 m² de béton désactivé de sable dans une formulation adaptée à l'environnement marin.

Le chantier est situé à proximité immédiate de la plage, en présence de terrasses, de commerçants et d'une importante fréquentation de touristes en période estivale.

Les bétons, fortement sollicités par la mer et les intempéries, sont protégés en surface par des résines.

La **cale à bateau** représente 1 200 m² de béton bouchardé mis en place selon un calepinage précis donné par l'architecte, sur un béton existant dont les fissures ont été isolées par un film polyane et 5 cm de sable.



La cale à bateau



Détail sur joint de dilatation



Les joints de dilatation de la dalle existante ont été répercutés sur le nouveau revêtement et matérialisés par deux planches béton imprimé bois

AUTEUR

Marie-Françoise OSSOLA
RGRA



Le T Zen 1 Sénart—Corbeil-Essonnes, prix de l'intégration environnementale

Bétons d'aménagement et décoratifs

Résultats du concours 2011



Les quatre lauréats du premier concours national « Bétons d'aménagement et décoratifs » ont été félicités au cours de la cérémonie, organisée dans l'enceinte du Salon des maires et des collectivités locales, et présidée par Yves Krattinger, sénateur de Haute-Saône et président de la Commission « Aménagement du territoire, transports, infrastructures et NTIC » de l'Assemblée des départements de France. Honoré d'avoir présidé le jury, Y. Krattinger s'est adressé en ces termes à l'assistance : « *Ce concours fait partie des initiatives que les professionnels de la construction ont lancées pour soutenir l'inventivité des entreprises, l'innovation et sa mise en œuvre concrète ; il reflète l'engagement des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des entreprises dans l'exécution des dispositions des lois Grenelle en matière de développement durable, ...* »

L'esprit du concours

Créé en 2011, ce nouveau concours national organisé par le Syndicat du béton prêt à l'emploi (SNBPE), avec le soutien de Cimbéton (Centre d'information sur le ciment et ses applications), du Syndicat national des adjuvants pour bétons et mortiers (Synad) et du Syndicat national du pompage du béton (SNPB), récompense les réalisations en béton prêt à l'emploi (BPE) de différents aménagements tels que : les voiries à faible trafic et les voiries urbaines, les pistes cyclables, les voies dédiées aux transports en sites propres, les giratoires, les chaussées réservoirs, ... et toutes autres réalisations en bétons d'aménagement et décoratifs. Il est ouvert aux entreprises de mise en œuvre, aux producteurs de BPE ainsi qu'aux collectivités.

Comité de sélection et membres du jury

- **Comité de sélection** : Joseph Abdo (Cimbéton), Jean-Marc Potier et Benoist Thomas (SNBPE)
- **Membres du jury**
 - **Elus** : J.-M. Belliard, vice-président du conseil régional Alsace, maire de Sierentz ; Ph. Saurel, premier adjoint au maire de Montpellier, chargé de l'urbanisme, conseiller général ; Préfet Rollon Mouchel-Blaisot, directeur général AMF-Mairie 2000
 - **Architectes** : F. Auclair, président des ABF ; C. Tretout, architecte urbaniste, Agence Nicolas Michelin ; B. Rodriguez de SA, membre du bureau de l'Ordre des architectes
 - **Techniques** : G. Beurier, Communauté urbaine Lille Métropole ; S. Andonian, Communauté urbaine de Strasbourg, M. Meheut, direction des Routes du conseil général des Yvelines
 - **Journalistes** : M.-F. Ossola, RGRA ; C. Raynaud, BTP Magazine ; F. Gluzicki, Béton le Magazine

Le comité de sélection a reçu 44 dossiers, parmi lesquels il a choisi 3 projets dans chacune des 3 catégories : aménagement global, esthétique et intégration environnementale. Le comité de sélection a proposé au jury l'attribution d'un prix spécial à un projet allant au-delà des critères fixés par le règlement du concours, puisque portant sur le réaménagement d'un ensemble urbain.

Le jury, présidé par Yves Krattinger et composé d'élus, d'architectes, de techniciens et de journalistes de la profession, a choisi le 4 octobre 2011, les trois meilleurs projets en lice. Ces derniers ont été primés d'après des critères techniques (performances techniques du béton utilisé), environnementaux (qualité, durabilité et entretien de l'ouvrage), pratiques (usage et reproductibilité) et

Dossier Le béton au quotidien

esthétiques (aspect général de l'ouvrage et intégration paysagère).

A chacun des projets sélectionnés par le jury, quatre trophées ont été remis au producteur de BPE, à l'entreprise de travaux, au maître d'ouvrage et, le cas échéant, à l'architecte ou à l'urbaniste les ayant conçus.

Prix de l'aménagement global

Les trois ouvrages pré-sélectionnés étaient le Campus de Montrouge présenté par Holcim, une rue piétonne de la ville de Talant (près de Dijon) par Dijon Béton et l'aménagement du centre-bourg de Saint-Germain (10) par Holcim.

Dans cette catégorie, le jury a attribué son prix à l'aménagement centre-bourg de la ville de Saint-Germain. Il s'agit de la remise en valeur du centre-bourg, à proximité de commerces et de l'église ; la mairie de Saint-Germain, maître d'ouvrage, a confié la maîtrise d'œuvre à Egis Aménagements, les travaux étant réalisés par l'entreprise Roussey (Eurovia) à Saint-André-lès-Vergers, et le BPE livré par Holcim Bétons Centre Est.



S'agissant de voies de circulation, de trottoirs et de pistes cyclables, les bétons (désactivés) mis en œuvre sont des XF1 et XF2. L'intégration environnementale est optimisée par l'utilisation de granulats clairs (comblanchiens) pour rappeler la façade de l'église et celle d'un calepinage en brique rouge identique aux murs de l'église.

La reproductibilité de ce projet est évidente ne serait-ce que par l'intérêt manifesté par plusieurs communes pour cette réalisation et par le fait qu'ont été utilisés des produits et des techniques bien connus par les applicateurs.

Prix de l'esthétique

Pour ce prix, le comité de sélection a proposé au jury de choisir entre les aménagements suivants : l'extérieur d'une maison individuelle Cournon d'Auvergne, présenté par CERF, l'esplanade du Centre Pompidou à Metz par Holcim et la réhabilitation du Pont du Diable (34) par Unibéton.



Très rapidement l'unanimité s'est faite autour de l'esplanade du Centre Pompidou à Metz, projet portant sur l'aménagement du parvis, les accès au parking et la liaison à la gare du centre Pompidou. Conçu par le Cabinet ANMA - Nicolas Michelin et mis en œuvre par l'entreprise Jean Lefebvre Lorraine Woippy (57), le contrôle étant assuré par les services techniques de la Communauté d'agglomération Metz Métropole et le BPE produit par Holcim Béton France - Région Est.

Les bétons mis en place sont des bétons désactivés naturels et des bétons désactivés colorés noir avec insertion de verre recyclé rouge, jaune et orange, à savoir des BPS NF EN 206-1 C25/30 - CEMII/B32.5 - S3 - XF2 (photo).



En primant cette réalisation, le jury a voulu en souligner le caractère innovant avec l'incrustation de morceaux de verre et l'aspect esthétique puisqu'il concourt à créer un dégradé de couleur noire sur l'horizon entre le parking et le dallage intérieur du bâtiment.

Prix de l'intégration environnementale

La liaison Sénart - Corbeil-Essonnes présentée par Vicat, des aménagements à l'aéroport Paris Charles de Gaulle par Holcim et ceux du Parc de la Roseraie à Grand-Quevilly (76) par Lafarge étaient en compétition dans cette catégorie.

Par son ampleur et le fait qu'elle illustre parfaitement bien les préoccupations en termes de transports des collectivités locales, la liaison Sénart - Corbeil a été récompensée.

Il s'agit en effet de la réalisation d'une voirie de transport en commun en site propre (TCSP) ayant pour maître d'ouvrage l'EPA (établissement public d'aménagement) Sénart et pour maîtres d'œuvre les architectes du STIF (Syndicat des transports d'Ile-de-France) et du Cabinet Richez Associés.

De multiples entreprises sont intervenues sur le chantier :

- infrastructures : Jean Lefebvre IDF - Eurovia IDF - TP Goulard - STRF - SRBG - Vinci Construction Terrassement - Signature (Eurovia) ;
- hydro décapage de la surface de la chaussée béton : Via Pontis ;
- production du BPE : BGIE Bétons Vicat - unité de production de Moissy-Cramayel.



Cette réalisation [1] ouvre la première connexion transversale de la grande couronne. Elle représente un investissement de 82 millions d'euros, 14,7 km de route - dont 9,6 km en site propre du Trambus - et 13 stations pour 8 000 voyageurs prévus pour un bassin de 100 000 habitants.

Pour réaliser ce projet, a été mise en œuvre une plate-forme en BAC (béton armé continu), à base de béton XF2 avec

les constituants suivants : un sable de Seine et graviers de Voutré (carrière de roche massive située à 250 km de Sénart) et un colorant jaune.

Il convient également de souligner l'utilisation de la technique de l'hydrogommage réalisée grâce à la mise au point d'une machine à haute pression pour la pigmentation, utilisant 1 litre d'eau/m² et ce, en l'absence de produits chimiques.

L'intégration environnementale du projet était contenue dans l'appel d'offres lui-même qui imposait la solution béton avec l'exigence d'un ciment clair, voire blanc, et des matériaux de couleur jaune pour un béton plus « chaleureux » ; cela correspond à une forte volonté de marquer nettement le contraste avec les routes environnantes (photo).



Prix spécial du jury

Le jury, validant en cela la préconisation du comité de sélection, a attribué un prix spécial à l'aménagement de l'espace Chabran à Draguignan (Var).

L'intention est de saluer un aménagement général qui tient compte de la mémoire de l'histoire militaire du lieu (réhabilitation de casernes) et s'articule, à partir de bâtiments organisés, autour d'une trame centrale traversante dont l'axe piétonnier est en béton décoratif. Il intègre aussi la création d'espaces verts, de plantations, d'un amphithéâtre, de jeux d'enfants, de fontaines, le tout ayant été conçu par un paysagiste, l'Agence Guillermin de Saint-Raphaël et un architecte urbaniste, Amadeo à Marseille. La maîtrise d'ouvrage a été assurée par la Communauté d'agglomération dracénoise, la mise en œuvre par l'entreprise SAIEM de Draguignan et le BPE produit par Cemex Bétons Sud-Est.

Le cœur du projet étant un parc paysager de 28 500 m², il fallait que les différentes granulométries des bétons allient l'esthétique et un usage piétonnier confortable ; à cet effet, 8 000 m² de béton désactivé ont été mis en

œuvre, selon 3 formulations de béton (6/14 concassé gris, 6/14 concassé + colorant jaune, 4/8 roulé gris).



L'innovation du projet porte sur la requalification du casernement militaire, après sa restitution à la ville, la création de logements et bâtiments administratifs et la restructuration complète des espaces extérieurs en espaces publics. L'intégration environnementale a été prise en compte par l'utilisation de granulats locaux pour l'élaboration des bétons et le choix de formes géométriques pour les calepinages, offrant une note de modernité en lien avec les nouveaux bâtiments tout en rappelant l'esprit militaire du lieu.

Ce projet va bien au-delà de la simple réhabilitation de bâtiments anciens. Il montre combien le BPE peut contribuer à la transformation d'un espace

très marqué (casernes) ce qui peut s'appliquer à d'autres cas, tels que d'anciennes friches industrielles.

Et demain ?

Le concours 2011 ayant connu une participation notable de la part des entreprises adhérant au Syndicat et su intéresser un jury de haut niveau, le SNBPE donne rendez-vous en 2013 à ses partenaires de la filière pour une nouvelle édition du concours dont il proclamera les résultats dans le cadre de sa participation bisannuelle au salon des maires.

Relevons les encouragements en ce sens d'Y. Krattinger : « *Je souhaite que la remise de ces prix donne envie à ceux qui n'ont pas concouru cette année de le faire dans deux ans (...) et aux lauréats de faire connaître le résultat de leur travail pour donner des exemples de très bonnes pratiques à l'ensemble de la communauté urbaine.* » ■

BIBLIOGRAPHIE

[1] J.-Y. Hinard, O. Goyat « La liaison TCSP Sénart — Corbeil-Essonnes, une voie bus à haut niveau de service (BHNS) en béton clair », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) n° 889, novembre 2010, pp. 32-34

AUTEURS

Xavier Carbonneau
Chef du Service enrobés
CST Colas

Flavien Lubineau
Technicien
CST Colas

Bernard Yvinec
Chef de sections
Service enrobés
CST Colas



Stock d'AE concassés et criblés

Remerciements

Les auteurs remercient également Laurie Villard pour son active contribution à la réalisation de ce travail

Mobilisation du liant des agrégats d'enrobés (AE) et contribution à la performance des enrobés

L'usage des agrégats d'enrobés (AE) n'est pas nouveau, mais la pression environnementale, la recherche d'économie et le développement d'outils industriels plus fiables et capables d'atteindre des dosages élevés (de plus de 30 % et jusqu'à 70 %) conduisent à un développement important de cette possibilité. La variabilité des AE limite un peu cette perspective, sauf dans le cas de grosses opérations d'entretien sur des chaussées homogènes qui constitueront après la fixation de modalités de fraisage adaptées, complétées éventuellement par des opérations de concassage criblage, un gisement aux caractéristiques « stables ».

L'intérêt économique repose aussi sur une hypothèse implicite de mobilisation du liant des AE à la performance de l'enrobé, permettant de réduire aussi la quantité d'apport de bitume neuf, qu'il soit pur ou régénérant. La part de cette contribution est supposée totale, mais aucune étude ne permet à ce jour de confirmer ou d'infirmer de manière irréfutable cette hypothèse.

Pour aider à la clarification de cette hypothèse, une étude a été menée pour quantifier la contribution du liant des AE à la performance des enrobés. En préalable à la présentation de la démarche adoptée et à l'analyse des résultats, quelques résultats publiés récemment sont rapidement exposés.

Etat de l'art et limites sur la question de la « mobilisation » du liant des AE

Un grand nombre de travaux sur le sujet s'intéressent à la démonstration du mélange au moyen de traceurs ou à la mesure d'une caractéristique mécanique qui reflète le mélange du liant neuf d'apport et de celui issu des AE. Dans ce dernier cas, c'est presque exclusivement le module de l'enrobé qui est évalué.

On peut citer ainsi la thèse [1] sur la mise en évidence du mélange des liants des AE avec le liant neuf au cours de l'étape d'enrobage. La sélection de traceurs adaptés, repérables dans le film de liant intergranulaire, démontre que le mélange au moins partiel s'opère entre le liant des agrégats d'enrobés et du bitume neuf d'apport. Cependant cette approche, en raison des limites dimensionnelles des méthodes de caractérisation, a nécessité le recours à un enrobé modèle,

fabriqué avec une teneur en liant élevée pour imposer d'un film bitumineux intergranulaire suffisamment épais. L'enrobé retenu ne comportait pas de filler. Enfin, le matériau faisant office d'agrégats était constitué de l'enrobé modèle vieilli en laboratoire, ce qui permet de connaître exactement sa composition initiale et de parfaitement exploiter les traceurs sélectionnés. Cette approche est limitée par les contraintes qu'imposent les choix faits sur la formule témoin.

En effet, on peut supposer qu'ils conduisent à des effets antagonistes, l'absence de filler contribuant à favoriser la fluidité du liant par rapport à un agrégat réel et donc faciliter son mélange, et l'épaisseur du film de liant notablement plus importante que celle présente dans les enrobés traditionnels pouvant nécessiter un mélange plus énergique pour favoriser la diffusion.

Agrégats d'enrobés Rôle des liants

La pratique du recyclage étant très développée aux Etats-Unis, un important travail y a déjà été mené, notamment pour la codifier dans le cadre de la méthode de formulation *Superpave* [2] en prenant en compte les caractéristiques du liant des AE et en sélectionnant en conséquence la classe PG du liant d'apport.

Une étude de 2009, conduite à l'*Illinois Center for Transportation*, a tenté de quantifier la contribution du liant des AE à la performance [3]. A cette fin, différentes fabrications, préparées avec des dosages en AE de 20 et 40 %, des liants d'enrobage de classe PG 64-22 et PG 58-28 sont évaluées en modules. Un protocole simulant un mélange parfait du liant d'enrobage avec celui des AE est également développé. Ce travail est complété par des essais mécaniques pratiqués sur les liants et ensuite utilisés pour estimer le module de l'enrobé avec le modèle de Hirsch. Mais, même si une augmentation significative de cette caractéristique est constatée avec l'augmentation du dosage en AE, une quantification précise de la contribution du liant des AE n'a pas été possible.

Enfin, on peut citer l'étude réalisée à Nottingham [4]. L'idée de travailler avec un agrégat maîtrisé, car fabriqué en laboratoire et ensuite incorporé dans un mélange pour produire un enrobé de composition identique, permet de s'affranchir des questions liées à l'effet possible du squelette granulaire. L'approche visuelle conduite avec un mélange coloré par des oxydes, dont on observe la dispersion pour différentes conditions de malaxage, comporte là encore un biais similaire à celui des travaux [1], avec un possible effet de la viscosité de ce mastic particulier. Cette approche montre également l'intérêt d'un AE de faible granularité, pour faciliter sa dispersion et son « incorporation » dans le mélange final. En parallèle, les caractéristiques mécaniques sont évaluées au travers, entre autres, de mesures de modules et démontrent que la contribution des AE à la performance augmente avec la durée de malaxage et leur finesse.

Il apparaît dès lors que toute étude visant à démontrer la contri-

bution du liant des AE à la performance va être inéluctablement limitée aux conditions expérimentales retenues et aux constituants sélectionnés. La granularité des AE disponibles, le protocole de malaxage utilisé (type de malaxeur et durée) ainsi que les températures de conditionnement des constituants en préalable aux fabrications peuvent également influencer le résultat, contribuant à rendre difficile la quantification précise de la part respective du liant des AE et des modalités d'études dans la variation des performances mesurées.

Approche retenue

Le module apparaît comme la performance mécanique la plus simple à mesurer et pour laquelle on doit arriver à démontrer la contribution du liant des AE. Cette hypothèse résulte de la tendance que l'on peut observer figure 1, à savoir que le module de l'enrobé croît avec le module du liant. Ce graphique représente le module complexe en flexion de l'enrobé mesuré sur éprouvettes trapézoïdales à 15 °C et 10Hz en fonction du module du liant d'enrobage mesuré au *DSR*, également à 15 °C et 10Hz. Un certain nombre de mélanges, non identifiés sur la figure, comportent des AE. Pour ces derniers, l'abscisse correspond à la caractéristique mesurée exclusivement sur le liant neuf d'apport.

Le travail présenté dans cet article comporte donc une évaluation systématique, pour toutes les fabrications, du module de l'enrobé mesuré en compression diamétrale à 15 °C 124 ms, et en parallèle une caractérisation du liant neuf d'apport, du liant des AE, et au besoin du mélange parfait entre liant d'apport et liant des AE dans leurs proportions respectives dans l'enrobé. Ces mesures relativement rapides sont réalisées à l'aide d'un presse de type UTM 14 et d'un viscosimètre à cisaillement dynamique de marque Anton Paar (photos 1). On peut rappeler que l'essai de compression diamétrale est retenu dans la norme EN 12697-26 [5] et présente une très bonne corrélation avec l'essai de module complexe en flexion sur trapèzes [6].

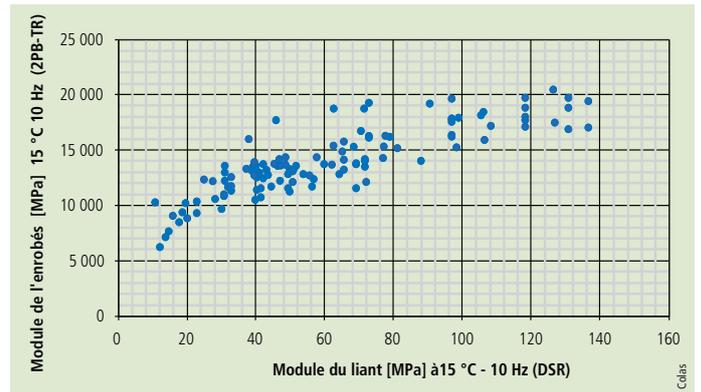


Figure 1
Evolution du module des enrobés en fonction du module mesuré sur le liant neuf d'enrobage
Evolution of asphalt mix modulus as a function of modulus measured on a new asphalt mix binder



Photos 1
Presse de type UTM et viscosimètre à cisaillement dynamique Anton Paar
Press of the UTM type and Anton Paar dynamic shear viscosimeter

Deux approches complémentaires ont été menées en parallèle :

- La première approche a consisté à comparer les modules obtenus sur des enrobés dont les modalités de fabrication diffèrent, la teneur en liant et la courbe granulométrique étant identiques.

On compare les performances mesurées sur un mélange avec AE à une formule identique mais simulant un mélange parfait des deux liants : celui des AE et le liant neuf d'apport, tel qu'illustré sur la figure 2.

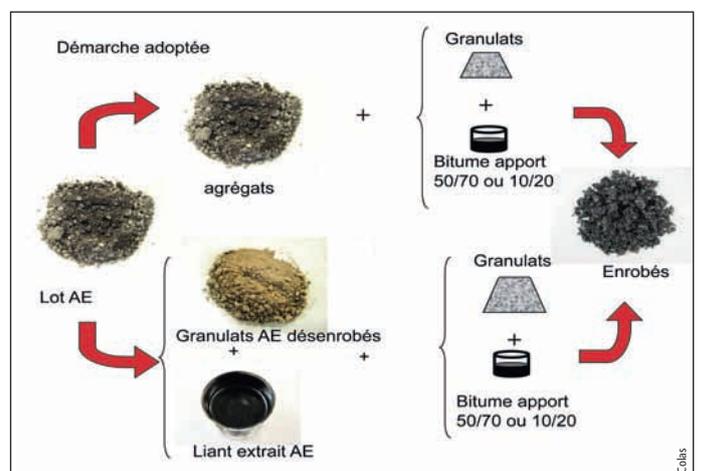


Figure 2
Protocole retenu pour simuler le mélange parfait du liant neuf d'apport avec celui des AE
Protocol adopted to simulate perfect mixing of new binder added with that of asphalt aggregate

Cette partie de l'étude est complétée par des fabrications d'enrobés tièdes de la même composition, ainsi que d'autres mélanges faisant varier le taux d'agrégats. Ce travail s'apparente à celui mené à l'Université de l'Illinois [3], mais sur un produit à forte teneur en liant de type enrobé à module élevé (EME), et s'intéresse exclusivement à la comparaison des mesures faites sur liants et enrobés.

• La seconde approche a consisté à comparer les modules obtenus sur une formule d'enrobé (en testant différents types de liant) à ceux obtenus sur la même formule (même squelette granulométrique recomposé) mais en y incorporant 30 % d'AE et en ajustant la teneur en liant d'apport de façon à conserver le même module de richesse que le « témoin ». Cela permet de balayer la plus large gamme possible de performances et de maximiser les possibles écarts de modules entre formules avec et sans AE.

Caractéristiques des constituants de l'étude

Composition des AE et formulations retenues

Afin de quantifier la part du liant des AE dans la performance, il a donc été retenu arbitrairement de travailler sur un mélange connu, de type EME 0/14 formulé à partir de granulats alluvionnaires silico-calcaire du Rhin, dont la teneur en liant est de 5,7 %. Les AE utilisés ont été prélevés sur un stock sur une centrale. La teneur en liant, ainsi que les caractéristiques mesurées sur le liant extrait après séchage en couche mince (≈ 5 cm) en étuve 12 h à 50 °C sont détaillées dans le tableau 1.

Teneur en liant	4,25 %
Pénétrabilité (1/10 mm)	12
TBA (°C)	69
G* 15 °C 10 Hz (MPa)	83

Tableau 1
Caractéristiques du liant extrait du lot d'AE utilisé pour l'étude
Characteristics of binder taken from asphalt aggregate batch used for study

A partir des trois types de constituants définis ci-dessus, granulats,

AE et bitume pur d'enrobage, 4 familles de mélanges ont été fabriquées en laboratoire. Elles sont détaillées dans le tableau 2.

Famille de mélanges	Composition	Analyse conduite
A	Granulats : 0/14 alluvionnaire AE : 30 % Bitume d'apport : 50/70	Modalités de fabrication : Chaud avec conditionnement des AE, tiède, et simulant un mélange parfait du liant d'enrobage et de celui extrait des AE
B	Granulats : 0/14 alluvionnaire sans AE Bitume d'apport : 160/220, 70/100, 50/70, 35/50, 20/30 et 10/20	Référence de variation de E* en fonction de G*
C	Granulats : 0/14 alluvionnaire AE : 30 % Bitume d'apport : 160/220, 70/100, 50/70, 35/50 20/30 et 10/20	Effet du module du liant d'apport (G*) sur le module de l'enrobé

Tableau 2
Modalités de fabrication retenues pour l'étude
Manufacturing conditions used for study

Caractéristiques des différents liants d'enrobage

Afin de balayer la plus large gamme possible de module du liant d'enrobage, toutes les classes de liants purs disponibles ont été utilisées. Les caractéristiques mesurées sur les différents lots sont détaillées dans le tableau 3. Le module est déterminé à 15 °C -10 Hz.

Classe du bitume pur d'enrobage	Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)	TBA (°C)	G* 15 °C 10 Hz (MPa)
10/20	12	68	98
20/30	20	62	66
35/50	35	54	37
50/70 ⁽¹⁾	49	49	43
50/70 ⁽²⁾	58	50	20
70/100	81	46	16
160/220	175	40	8

Tableau 3
Caractéristiques des différents bitumes purs utilisés
Characteristics of different pure bitumens used

On observe qu'avec la gamme complète de liants retenue, il y a un facteur de plus de 10 entre le module mesuré sur le liant le plus mou et le plus dur. Les caractéristiques déterminées sur le liant extrait des AE s'apparentent plus à celles d'un liant dur, assez proche en termes de résultats à ce que l'on trouve sur un bitume 10/20. Deux lots de bitumes 50/70 présentant des modules significativement différents ont été utilisés au cours de l'étude. La série fabriquée sans AE, avec l'ensemble des bitumes purs per-

met de disposer d'une étude de référence qui illustre la variation du module de l'enrobé en fonction de celui du liant, l'ensemble

des autres caractéristiques étant fixes (nature des matériaux, teneur en liant, teneur en vides).

Modalités de fabrication

L'ensemble des fabrications s'est fait avec un malaxeur de type Rainery. Pour les mélanges avec des AE, ceux-ci étaient préalablement séchés, puis conditionnés en température à 110 °C

pendant 2h30 +/- 30 min pour la confection des enrobés. Les liants d'enrobage sont à leur

Température de consigne du mélange (°C)	Dosage en AE (en %)		
	20	30	40
120	125	125	130
140	150	155	160
160	175	180	190
180	200	210	230

Tableau 4
Abaque permettant le choix de la consigne de chauffe des granulats neufs en fonction du dosage en AE et de la température de consigne visée pour le mélange, pour des AE secs (établi à partir de [8])
Graph used to select new aggregate heat setting as a function of asphalt aggregate percentage and temperature setting wanted for mix, for dry asphalt aggregates (based on ref. [8])

température normale d'utilisation. Les températures visées sur les mélanges sont celles définies dans la norme NF P 98-150 [7] en fonction des classes du liant d'enrobage.

La température de consigne a pu être atteinte en surchauffant légèrement les granulats d'apport, tel qu'indiqué dans le tableau 4. Cette procédure de fabrication a également été utilisée lors de la confection des enrobés tièdes au 50/70, dont la température finale visée est de 120 °C.

Pour chaque mélange c'est un lot de 4 à 5 éprouvettes, de diamètre 100 mm et d'épaisseur comprise entre 40-50 mm, qui a été fabriqué avec une presse à cisaillement giratoire (PCG) de type Gyropac.

Résultats

Les résultats obtenus sur les mélanges de la famille A (tableau 2) sont présentés figure 3. La formule au 50/70 avec 30 % d'AE ne présente pas une valeur de module significativement différente du mélange témoin. Ce résultat ne semble pas indiquer de contribution évidente du liant des AE à la performance. Cependant, la valeur mesurée est également proche de celle obtenue sur une fabrication simulant un mélange parfait du bitume des AE et du liant neuf d'apport. La conclusion n'est donc pas aussi évidente.

Par ailleurs, on observe aussi que les performances mesurées sur le mélange tiède sont également du même ordre de grandeur. Du point de vue du module, le mélange tiède avec une température de fabrication supérieure à 100 °C, est plus favorable à la mobilisation du liant des AE qu'un procédé à plus basse température.

Agrégats d'enrobés Rôle des liants

Une possible explication de ce constat décevant sur la démonstration de la contribution du liant des AE à la performance repose sur le module déjà relativement élevé du liant 50/70 utilisé pour cette évaluation, de 43 MPa à 15 °C 10 Hz (tableau 3). La température des AE semble être un facteur extrêmement important comme en témoigne le résultat d'essai obtenu sur le mélange dont les AE ont été au préalable conditionnés 2h30 à 150 °C. Il peut être amplifié également par une évolution possible du liant des AE durant la phase de conditionnement à 150 °C. Ce point n'a pas été vérifié dans le cadre des travaux présentés ici.

La famille B nous permet de disposer d'une corrélation entre la valeur de module mesurée sur enrobé et celle déterminée sur le liant d'enrobage, pour toute la gamme des bitumes d'usage courant, incluant même des liants non utilisés en enrobé à chaud dans le contexte français. Les résultats sont illustrés figure 4. Ils montrent qu'à formule et compacité constantes, il est possible de relier directement le module de l'enrobé à celui du liant.

A partir de cette base, peuvent également être mieux analysés les résultats des mesures faites sur les mélanges C. Il est ainsi possible de comparer les modules déterminés sur les mélanges des familles B et C. Cette comparaison suppose que l'on néglige la contribution au module de la différence de nature minéralogique entre granulats des AE et granulats neufs. Le tableau 5 présente les valeurs moyennes mesurées.

On note pour les mélanges fabriqués avec les liants les plus mous, une augmentation du module des mélanges avec AE comparé aux formules tout alluvionnaire, tandis que pour les mélanges préparés avec les liants les plus durs c'est l'inverse. Il est également possible de reprendre graphiquement l'analyse des données de ce tableau en traçant la variation du module de l'enrobé en fonction de celle du liant. Se pose alors la question de la valeur à retenir pour le module du liant. Les extrêmes possibles sont connus car ils correspondent soit à l'hypothèse

qu'il n'y aurait aucun mélange et l'on retient alors pour abscisse le module du liant d'apport, soit un mélange parfait. Dans ce dernier cas, on l'estime à partir des proportions dans l'enrobé du liant d'enrobage et du liant des AE et de leur module respectif en appliquant la relation suivante :

$$\text{Log } G^* (\text{mélange parfait des liants}) = a \text{ Log } G^*_{\text{bitume neuf}} + b \text{ Log } G^*_{\text{bitume AE}}$$

où a et b sont respectivement les proportions de liant des AE et de bitume neuf dans le liant total de l'enrobé, $a + b = 1$. Il faut noter que ces pourcentages diffèrent du pourcentage d'agrégats d'enrobés présents dans le mélange.

Ces deux hypothèses extrêmes ont donc été reportées sur la figure 5, où sont également rappelées les valeurs obtenues sur les mélanges B.

Lorsque l'on retient comme abscisse le module G^* du liant d'enrobage, les points s'éloignent de manière assez significative de la droite établie sur les formules 100 % alluvionnaire.

Lorsque l'on retient comme abscisse un G^* du liant calculé correspondant au mélange parfait, cela conduit à une augmentation de l'abscisse pour les formules avec les liants les plus mous et une diminution pour la formule au 10/20, seul liant qui présente un module supérieur à celui déterminé sur le liant extrait des AE (tableaux 1 et 3). Pour les liants présentant les modules les plus faibles, les points correspondant à l'hypothèse d'un mélange parfait se rapprochent de la droite de référence établie sans AE.

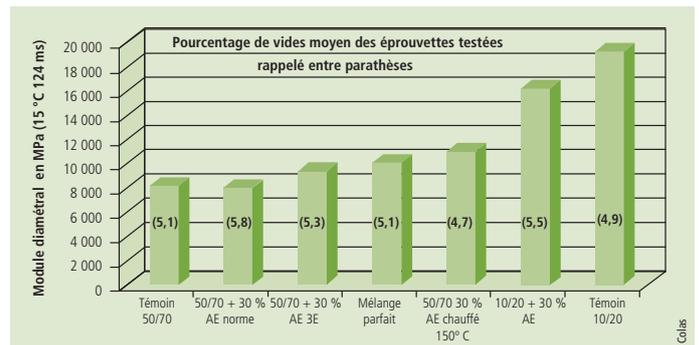


Figure 3 Valeurs de modules mesurées sur les différentes fabrications de la famille A (cf tableau 2) / Modulus values measured on different manufactures of family A (see Table 2)

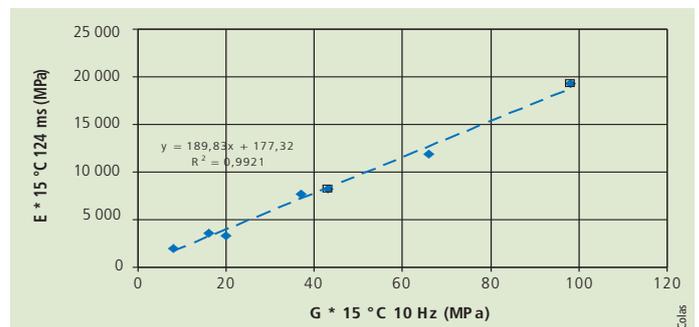


Figure 4 Variation du module mesuré en fonction du G^* du liant d'enrobage à courbe granulométrique et compacité constantes / Variation of measured modulus as a function of G^* of mix binder with constant gradation and compactness curve

Classe du liant d'enrobage	Module formules sans AE (B)	Modules formules à 30 % AE (C)
10/20	19 251 (4,9)	16 303 (5,5)
20/30	11 833 (5,2)	11 318 (5,7)
35/50	7 688 (5,2)	7 876 (5,2)
50/70 ⁽¹⁾	8 222 (5,1)	8 051 (5,8)
50/70 ⁽²⁾	3 344 (5,3)	5 255 (5,2)
70/100	3 578 (5,5)	5 463 (3,8)
160/220	1 945 (5,7)	3 536 (5,8)

(1)(2) indices identifiant les deux lots de 50/70 utilisés dans cette partie de l'étude

Tableau 5 Modules mesurés sur les différentes fabrications (références (B) et (C) du tableau 2). Les pourcentages de vides géométriques moyens déterminés sur chaque lot d'éprouvette testé en module sont indiqués entre parenthèses / Modules measured on different manufactures (references (B) and (C) of Table 2). Percentages of mean geometrical voids determined on each batch of specimens tested for modulus are shown in brackets

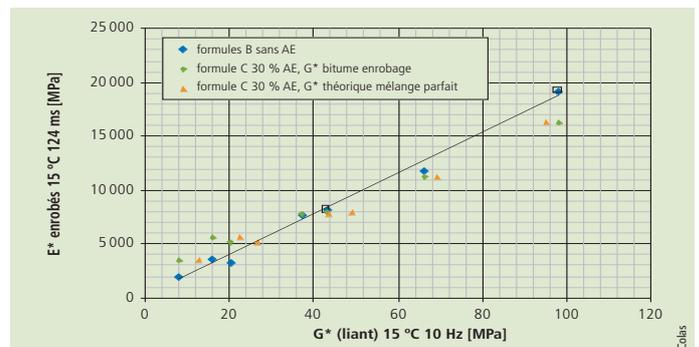


Figure 5 Représentation des modules mesurés sur les formules à 30 % d'AE en fonction du module du liant, avec l'hypothèse d'une valeur égale à celle du liant d'enrobage ou calculée pour un mélange parfait / Representation of measured moduli on mix designs with 30% asphalt aggregate according to binder modulus, in the case of a value equal to that of mix binder or calculated for perfect mixing

Analyse supplémentaire

Les mélanges à 30 % d'AE précédents sont des compositions dans lesquelles le liant des AE ne représente que 20 % du liant total dans l'enrobé. Il est donc possible de calculer quelle valeur de module peut être attendue au maximum dans l'hypothèse d'un mélange parfait entre le liant des AE avec celui du bitume neuf d'apport. Cette évolution a été tracée sur la figure 6, pour deux valeurs arbitraires de G^* à 15 °C-10 Hz, du bitume neuf d'enrobage, respectivement 20 et 98 MPa. Elles correspondent aux valeurs mesurées sur les bitumes 50/70(2) et 10/20 précédents (tableau 3). Pour le liant issu des AE une valeur de 83 MPa a été retenue.

Si l'on observe la courbe d'évolution du module calculé sur le mélange parfait entre le 50/70(2) et le liant des AE, on note que l'augmentation du module est assez marquée. Malgré tout, pour atteindre un niveau équivalent à celui d'un bitume 35/50, en retenant la valeur expérimentale du tableau 3, il faut que le liant des AE représente un peu moins de 45 % du liant total du mélange. A l'inverse, avec les hypothèses retenues ici, l'effet du liant des AE sur un bitume dur est beaucoup moins marqué.

Ce dernier point contribue également à expliquer les résultats obtenus sur les fabrications D, préparées à partir du bitume 50/70(1) de G^* 43 MPa, pour les 3 dosages en AE retenus de 20, 30 et 40 %, rappelés dans le tableau 6.

En effet, on ne constate pas d'augmentation très importante du module avec le dosage en AE, les formules à 30 % présentant même un module légèrement inférieur à ceux déterminés sur les mélanges à 20 %. Cependant, si l'on regarde pour ces trois enrobés la part du liant des AE dans le liant total elle est respectivement de 13,3 19,7 et 26,3 %. A partir de ces données, il est possible d'estimer, par calcul, la valeur théorique du module mesuré dans le cas d'un mélange parfait pour ces trois compositions. On aboutit respectivement à 46,9, 48,9 et 51,1 MPa.



Figure 6
Représentation de la valeur théorique du module du mélange parfait des liants d'apport et des AE, en fonction de la part du liant des AE dans l'enrobé
Representation of theoretical value of perfect mixing modulus of added binders and AAs as a function of amount of AAs in mix

	Formule à 20 % AE		Formule à 30 % AE		Formule à 40 % AE	
Température d'essai (°C)	10	15	10	15	10	15
% de vides	5,9		5,8		5,4	
Modules 15 °C 124 ms [MPa]	14 322	10 332	13 682	8 051	16 655	10 560

Tableau 6
Modules mesurés sur les différentes fabrications D à différents taux d'AE
Moduli measured on different manufactures D with different asphalt aggregate percentages

Si l'on revient à l'hypothèse faite initialement que l'on ne retenait pas d'effet de la légère variation du squelette granulaire sur le module de l'enrobé et que l'on estime partir de la figure 4 la variation à laquelle doit correspondre cette augmentation du G^* théorique, on aboutit à une augmentation de l'ordre de 380 MPa entre 20 et 30 % d'AE et inférieure à 800 MPa entre 20 et 40 %. Ces effets sont pratiquement inférieurs à la reproductibilité de l'essai. Ils peuvent donc expliquer la difficulté à être mis en évidence lorsque l'on compare deux mélanges qui ne diffèrentaient que par le dosage en AE.

Pour compléter ce travail, une dernière étude a été conduite sur une autre formulation, également de type EME. Les granulats neufs utilisés sont d'origine dioritique. La teneur en liant totale du mélange a été fixée à 5,3 %. Le lot d'agrégats est également différent et présente une teneur en liant de 5,8 %. De manière analogue à ce qui a été réalisé précédemment, une référence d'évolution du module a été établie en fonction du module du liant d'enrobage, mais cette esti-

mation a été limitée à 3 formules, à base de 160/220, 20/30 et 10/20. Les caractéristiques des liants neufs et de celles du liant extrait de cet autre lot d'agrégats d'enrobés sont rappelées dans le tableau 7.

Classe du bitume pur d'enrobage	Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)	TBA (°C)	G^* 15 °C 10 Hz (MPa)
110/20	10	72	144
20/30	20	62	66
160/220	175	40	8
AE	11	69	96

Tableau 7
Caractéristiques des bitumes neufs et extraits des AE
Characteristics of new bitumens and from asphalt aggregates

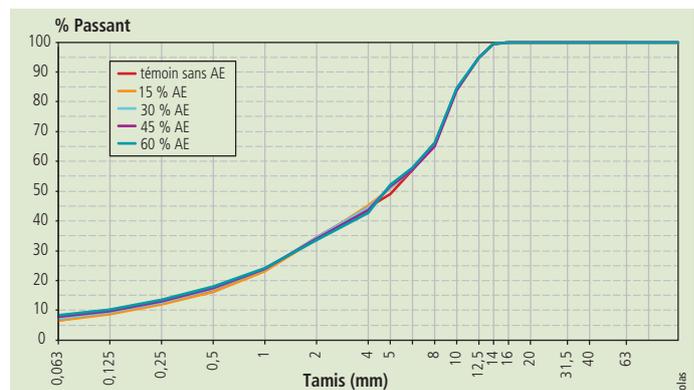


Figure 7
Comparaison des différentes courbes granulométriques des recompositions incorporant 0, 15, 30, 45 et 60 % d'AE
Comparison of different gradation curves of recompositions incorporating 0, 15, 30, 45 and 60% AA

On peut noter au passage, là encore, la grande variabilité de module sur des liants de classe 10/20 si l'on compare le résultat du tableau 4 à ceux du tableau 3. On retrouve des écarts très importants entre lots et origine du liant comme cela a été constaté sur les 50/70.

En complément, des fabrications à 4 taux d'AE (15, 30, 45 et 60 %) ont été réalisées en retenant les deux bitumes 160/220 et 10/20 comme liant d'apport, pour la détermination du module. Ces dosages en AE correspondent respectivement à une proportion de 16, 32, 48 et 64 % du liant des AE dans le liant total du mélange. Les recompositions ont été ajustées de manière à viser une courbe granulométrique du mélange la plus constante possible (figure 7), de même la teneur en liant d'apport a été corrigée pour rester à teneur en liant total constante.

Agrégats d'enrobés Rôle des liants

L'usage du 160/220 vise à se mettre dans les seules conditions expérimentales susceptibles de montrer clairement la contribution du liant des AE à la performance au regard des conclusions précédemment tirées. Là encore, il est important de supposer que l'on néglige un effet possible de la nature des constituants granulaires du mélange sur le module, point qui peut s'avérer discutable pour les taux les plus élevés, surtout si la maniabilité et la compacité finale de l'enrobé varient de manière importante entre les différentes fabrications.

L'évolution du module de l'enrobé en fonction du module du liant a été observée. Et, comme précédemment pour le liant, on retient arbitrairement les deux extrêmes correspondant respectivement soit au seul module du liant d'apport, soit au module théorique calculé dans l'hypothèse d'un mélange parfait. Cette approche est représentée figure 8.

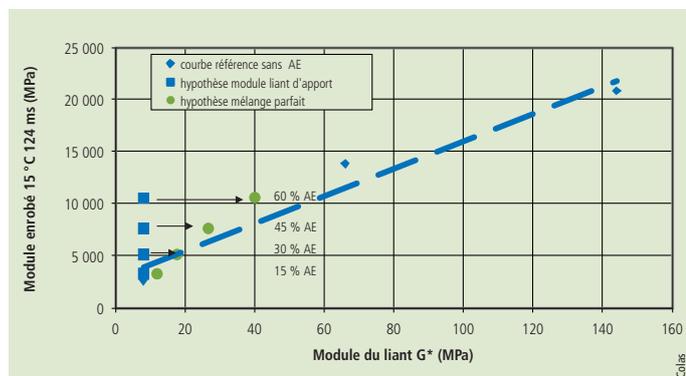


Figure 8
Représentation de la valeur de module mesurée sur les mélanges au 160/220 à différents dosages en AE, selon que l'on retient pour abscisse le module du liant d'apport et d'un mélange parfait entre liant des AE et liant d'apport
Representation of value of modulus measured on mixes at 160/220 with different percentages of AA depending on whether abscissa represents modulus of added binder and perfect mixing between binder from AA and added binder

On remarque dans ce cas une augmentation très importante du module avec le dosage en AE. Les valeurs mesurées sur les enrobés sont beaucoup plus proches de celles que l'on peut estimer à partir de la droite d'évolution de référence établie avec les 3 compositions sans AE. Cette dernière approche démontre bien la contribution significative du liant des AE au module. Elle confirme aussi que, pour être mise en évidence au travers de la mesure d'une propriété mécanique de l'enrobé, il faut soigneusement sélectionner

les constituants et que le liant des AE représente une part importante du bitume total de l'enrobé. Cette contribution étant démontrée pour un liant mou, elle est également assurée pour un bitume d'apport plus dur. Le liant neuf d'enrobage sera nécessairement à la bonne viscosité puisqu'il est utilisé à la température de consigne définie par sa classe. De plus, la température finale du mélange plus élevée favorisera également l'homogénéisation du produit.

Perspectives

La démonstration de la contribution du liant des AE à la performance apparaît avec les derniers résultats. Elle résulte aussi, il faut le rappeler, des conditions opératoires retenues au laboratoire, de la granularité des AE et des modalités de malaxage.

Pour le point particulier de la tenue en fatigue, cette caractéristique n'a pas été étudiée ici. Elle est primordiale pour tous les produits pour couches d'assise, dans lesquels les dosages en AE peuvent être maximisés, valorisant habilement leur part de liant vieilli et dur. Il n'existe pas, à ce jour, d'indicateur fiable fondé sur les seules caractéristiques intrinsèques du liant des AE pour imaginer son influence sur la tenue en fatigue de l'enrobé. Le travail auquel cela correspond n'a pu être mené ici. Malgré tout, les résultats disponibles au sein du groupe Colas, par exemple sur des formules d'EME comportant des AE, illustrés sur la figure 9, n'indiquent pas de risque particulier.

l'enrobé et existence d'un écart important entre modules du liant d'apport et celui issu des AE. La pertinence d'une adaptation du liant neuf d'apport ne peut donc se faire qu'au travers de l'étude de formulation, complétée d'une évaluation de l'ensemble des caractéristiques des liants en présence dans le mélange. Mais la définition d'un taux de recyclage pour lequel l'utilisation d'un liant neuf d'une classe « inférieure » à celle normalement retenue pour un mélange sans AE n'est pas possible. En effet, la part relative de liant des AE sera prépondérante à plus faible taux de recyclage pour les graves-bitume que pour des produits comme les BBME et les EME.

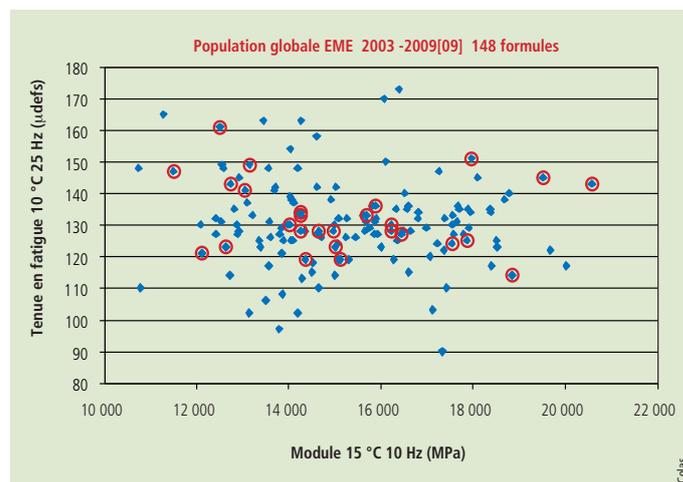


Figure 9
Performance en module et fatigue sur des formules d'EME avec et sans AE (formules avec AE marquées en rouge)
Modulus and fatigue performance on EME (high modulus mix HMM) with and without AA (mix designs with AA marked in red)

Il est raisonnable de penser, comme pour le module, qu'en deçà d'un taux de recyclage important, ce sont les caractéristiques propres du liant neuf d'apport qui sont prépondérantes. Certains mélanges avec recyclés présentent d'ailleurs des performances exceptionnelles. Il est également envisageable avec des liants connus pour leur propension à favoriser la fatigue et qui présentent généralement un module plus faible, de trouver par le recyclage une possibilité d'optimiser les formulations [9].

La contribution du liant des AE étant acquise, elle ne peut être mise en évidence au travers d'un impact sur les performances que dans des cas particuliers : forte proportion du liant des AE dans

Au-delà de ces deux performances que sont le module et la fatigue, d'autres points particuliers, comme le comportement à basse température, peuvent aussi être intégrés.

Le présent travail ne s'est pas non plus focalisé sur le cas des enrobés tièdes. Les questions d'environnement et d'économie d'énergie imposent de développer ces pratiques. Quel impact une température de fabrication plus basse peut avoir sur la contribution effective du liant des AE ? Sur ce point, le recul n'est pas encore suffisant.

Un certain nombre de chantiers ont déjà été réalisés par le groupe Colas avec ses procédés, qui donnent tous satisfaction et pour lesquels les performances

mesurées en laboratoire se sont révélées identiques à celles de formules témoins à chaud [10]. Des AE préalablement séchés avant un conditionnement de 2h30 +/- 30 min à 110 °C ont été utilisés. Cette température de conditionnement est celle définie dans la norme EN 12697-35 +A1 [11]. Ce protocole a été retenu car les mélanges à très fort taux d'AE (>35 %) sont presque exclusivement produits sur des centrales avec des systèmes permettant un chauffage des AE à une consigne proche de cette valeur de 110 °C. Bien évidemment, le protocole retenu ici ne couvre pas toutes les possibilités des outils de production, certaines centrales permettant l'introduction d'agrégats froids par un anneau de recyclage à des taux jusqu'à 50 %. Ces deux situations sont illustrées (photos 2) avec un poste Contimix 300 et un poste RF 400, travaillant l'un avec un tube de chauffage des AE, et l'autre avec des AE incorporés au niveau de l'anneau de recyclage.



Photos 2
Postes Contimix 300 et RF 400
Contimix 300 and RF 400 units

Aussi, un important travail a déjà été entrepris par le groupe Colas avec des mesures sur prélèvements et sur carottes chantiers pour comparer performances laboratoires et caractéristiques de l'enrobé après mise en œuvre. Il porte sur différents types de centrales (continues et discontinues), pour certaines dotées d'un tube de chauffage des AE et permettant des taux de recyclage jusqu'à 50 %, voire plus. Ces données terrain permettront de confirmer la pertinence des observations faites dans le cadre de ce travail et la qualité des enrobés appliqués.

Conclusion

L'ensemble des résultats présentés ici démontre la contribution du liant des AE à la performance de l'enrobé pour les conditions retenues au laboratoire. Il conforte les hypothèses et pratiques courantes qui prennent en compte le liant des AE comme partie intégrante du liant bitumineux du mélange. Il confirme également les difficultés expérimentales inhérentes à ce type de démonstration. Au-delà de cette étude théorique, l'optimisation des mélanges à fort taux de recyclage reste encore un sujet d'étude, compliqué par la prise en compte de nouveaux paramètres comme le module des liants d'apport et issus des agrégats.

Les études préalables restent donc un outil utile pour progresser dans cette voie, avec un choix judicieux du protocole pour prendre en compte les possibilités industrielles de recyclage maintenant disponibles et notamment le chauffage des AE. Le complément nécessaire à cette approche théorique, déjà engagé dans le groupe Colas, au travers de nombreux suivis de chantiers donnera l'opportunité d'apporter à nouveau des éléments techniques concrets pour favoriser le développement du recyclage. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Recyclage à chaud des agrégats d'enrobés bitumineux », El Bèze, thèse Université Paul Cézanne, Aix Marseille, décembre 2008
- [2] "Recommended Use of Reclaimed Asphalt pavement in the Superpave Mix design Method : Technician's manual". NCHRP Report 452, R Mc Daniel, R.M. Anderson, 2001
- [3] "Determination of Usable residual asphalt binder in RAP", I. Al Qadi, S.H. Carpenter, G. Roberts, H. Oser, Q. Aurangzeb, M. Elseifi, J. Trepanier, Research report ICT-09-031, Illinois Center for Transportation, January 2009
- [4] "Effects of laboratory mixing methods and RAP Materials on performance of hot recycled asphalt Mixtures" V.H. Nguyen, Thesis, Nottingham, July 2009
- [5] EN 12697-26 décembre 2004 « Méthode d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud. Partie 26 Module de rigidité »
- [6] « Modulus measurement European standardisation possibilities », X. Carbonneau, S Quigniot, Y Legal, Rilem, Rhodes, 2009
- [7] NF P 98-150 janvier 2008. Exécution des assises de chaussées, couche de liaison et couche de roulement. Partie 1 : Enrobés hydrocarbonés à chaud – constituants, formulation fabrication, transport, mise en œuvre et contrôle sur chantier
- [8] « Recyclage des enrobés bitumineux en centrale d'enrobage » R.Barroux BLLPC N° 105, janvier-février 1980
- [9] « Analyse des performances mesurées sur enrobés à module élevé et graves-bitume, proposition d'un principe de compensation » M. Chappat, X. Carbonneau, Y. Lefeuvre, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA) n° 875, avril 2009
- [10] « Warm mixes with RAP: case studies » X. Carbonneau, Ph. Pellevoisin, L. Brissaud, V Galera, 16th World road meeting, IRF 2010, Lisboa
- [11] EN 12697-35 +A1, septembre 2007, Mélanges bitumineux. Méthode d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud. Partie 35 : Malaxage en laboratoire.



Mobilisation of asphalt aggregate binder and contribution to mix performance

The use of asphalt aggregates is not new, but environmental pressure, the search for economy and the development of more reliable industrial tools capable of reaching high dosage levels (of more than 30% and up to 70%) lead to a significant extension of their usage possibilities. The variability of asphalt aggregates limits this prospect somewhat, except in the case of major maintenance operations on homogeneous pavements which, after appropriate milling methods have been set, will constitute a "homogeneous" source combined if required with crushing-screening operations.

Cost effectiveness also depends on the implicit condition that the aggregate asphalt's binder can be mobilised with the performance of the asphalt mix, also allowing a reduction in the required quantities of new bitumen, whether pure or regenerating. The extent of this contribution is totally assumed, but no studies have yet made it possible to confirm or invalidate this assumption irrefutably. To help clarify this assumption, a study was conducted to quantify the contribution of the aggregate asphalt's binder to asphalt mix performance. As a preliminary to the presentation of the adopted approach and to the analysis of results, some recently published results are quickly pointed out.

Agrégats d'enrobés Chantier expérimental départemental

AUTEURS

Philippe Chifflet
Directeur technique
Roger Martin

Vincent Larrochette
Directeur du développement
Roger Martin

Emile Lopez
Président
SAS Fenixfalt



Une première demi-chaussée en enrobés
A first asphalt half-pavement

Fenixfalt RM :

Donner une seconde vie au bitume de nos routes

Préface

Dans un contexte budgétaire contraint, le conseil général de Côte d'Or fait le choix de donner la priorité à l'entretien du patrimoine, par rapport à la réalisation d'ouvrages neufs. Notre réseau routier départemental est vaste (5 864 km) et hétérogène en termes d'usage, de géométrie et de vocation. Sur le réseau structurant, il sera recherché un certain confort pour les usagers et évidemment un niveau élevé de sécurité. Cela passe par un renouvellement assez fréquent (10 à 12 ans) de la couche de roulement et par le choix de techniques optimisées et adaptées aux objectifs rappelés précédemment. Pour les voies de desserte locale (3 500 km soit 60 % du réseau), les exigences sont moindres : une attention est portée prioritairement à l'étanchéité de la plate-forme.

Le développement durable est une exigence naturelle au sein des politiques départementales. Le conseil général s'est doté d'un schéma directeur en la matière. Ainsi, une vigilance particulière est appliquée pour inscrire les actions routières dans une dynamique de développement durable. Signataire de la convention d'engagement volontaire (CEV), la volonté du conseil général est justement d'affirmer son ouverture pour tout ce qui concerne le réemploi de matériaux, dans des conditions économiques favorables.

L'expérimentation est nécessaire pour favoriser l'innovation. Etre partenaire de cette démarche d'innovation nous permet d'anticiper les perspectives possibles de développement de cette technique, avec tous les avantages qui en sont attendus. Et pouvoir contribuer ainsi à cette initiative nous semble être en adéquation avec l'audace qui doit caractériser l'action des collectivités territoriales.

ERIC MARTINEZ

Pôle interdirectionnel infrastructures et aménagement durable du territoire (PIADT)
Direction des agences Conseil général de Côte d'Or

L'article présente le procédé innovant Fenixfalt de régénération du bitume vieilli présent dans les agrégats d'enrobés (AE). Il décrit les mécanismes d'action de l'additif et la caractérisation analytique de son effet. L'impact environnemental de ce procédé montre qu'une économie de CO₂ importante liée à l'activité de recyclage est améliorée par l'additif Fenixfalt.

La première application du procédé en France s'est déroulée en juillet 2011 sur un chantier de travaux d'entretien du réseau départemental de Côte d'Or. Ce chantier a démontré tout l'intérêt de Fenixfalt pour la collectivité et un suivi de trois ans par l'organisme d'Etat chargé du programme d'innovation routière, le Sétra, est engagé. Au-delà, ce procédé fera l'objet d'une évaluation dans le cadre du projet de recherche OPTIMIRR (optimisation des matériaux routiers économes et incorporant des recyclés de la route) mené par le LCPC. D'autres chantiers sont prévus en France et dans le monde.

Introduction

Pendant tout le siècle dernier, les routes ont été construites et aménagées pour la circulation des personnes et des biens, répondant là à un besoin essentiel de mobilité et d'échanges. L'immense réseau des axes routiers qui relie aujourd'hui la totalité des lieux de vie a utilisé une grande partie des ressources en bitume de la planète. Un important gisement s'y trouve donc disponible sans compter les granulats associés !

Face aux contraintes économiques, aux obligations de respect de l'environnement et à la raréfaction de la ressource pétrolière, il convient d'apporter une solution efficace au réemploi des matériaux bitumineux des chaussées.

Le projet Fenixfalt RM, remarqué par le jury du concours de l'innovation routière 2009, associe un fabricant d'additif, la société Fenixfalt, et une entreprise de travaux publics Roger Martin (RM) et propose de réutiliser les chaussées existantes en régénérant le bitume. A cet effet, une série d'expérimentations est en cours afin de valider le procédé. En particulier, cet article présente la réalisation d'un chantier de renouvellement de la couche de roulement de la RD996 dans le département de la Côte d'Or. Ce chantier sera suivi par le Sétra dans le cadre de sa politique d'innovation routière.

Le procédé Fenixfalt

Le vieillissement des chaussées

Aux contraintes climatiques subies par une chaussée s'ajoutent les sollicitations mécaniques répétées du trafic. L'état de la surface traduit inévitablement sa dégradation. Le bitume est l'élément subissant le plus ce vieillissement au fil du temps. De ce matériau dépend principalement la durée de vie des chaussées.

Pour lutter contre cet état de fait, le projet d'innovation Fenixfalt RM appliqué à tous types de bitumes vieillis, les régénère en

bitumes routiers neufs dans divers types d'enrobés chauds à forte teneur en agrégats d'enrobés (AE). Le liant du produit fini est issu du mélange du bitume résiduel des AE avec additifs spécifiques de rénovation et d'un bitume routier d'apport. Le liant obtenu présente des qualités équivalentes au bitume pur ou modifié neuf, ce qui constitue une innovation majeure.

Par cette méthode, l'enrobé régénéré produit peut être à nouveau recyclé. La fabrication de Fenixfalt RM se fait dans les centrales d'enrobage existantes, en exploitant leur capacité maximale de réincorporation des AE. Des chantiers d'importance ont eu lieu en Espagne à l'aide d'une première génération de produits de régénération [1 à 3].

Le potentiel de matières premières disponibles dans les chaussées devient un patrimoine valorisable et adaptable aux contraintes auxquelles doivent répondre les maîtres d'ouvrage.

Place du produit/régénérant usuel

Ce procédé n'est pas identique à la régénération pratiquée par ailleurs qui consiste à ajouter des additifs spécifiques composés d'huiles lourdes pour ramollir le mélange de bitume vieilli des AE et ainsi compenser la perte des fractions les plus légères et le durcissement du bitume. Cette action permet de retrouver une viscosité de bitume, mais ne provoque pas de transformation de matière. Dans le procédé Fenixfalt, quel que soit le niveau de vieillissement, les additifs réduisent les parties oxydées des molécules qui composent le bitume, les réintègrent dans la nouvelle structure moléculaire créée et modifient la structure physico-chimique du nouveau bitume.

Tous les types de bitumes peuvent être reproduits. A partir des caractéristiques du liant et de la formulation des AE à recycler, un bitume conventionnel ou un bitume élastomère à niveau de performance choisi, est reconstitué à façon, lors du mélange à chaud des matériaux naturels, du bitume d'apport et des agrégats d'enrobés.

Mise en évidence du processus

Pour l'observation de l'action de l'additif Fenixfalt, quatre critères sont utilisés. Ils font appel aux moyens analytiques suivants :

- l'analyse calorimétrique différentielle DSC [4],
- l'analyse fonctionnelle infrarouge IR [5],
- l'observation microscopique par épifluorescence dans l'ultraviolet,
- la rhéologie.

Chaque technique employée est caractéristique d'un critère traduisant l'évolution du milieu réduit chimiquement et modifié morphologiquement.

1. Le premier domaine met en évidence une réduction de la teneur en fractions cristallisables (FC/paraffines) du bitume vieilli après traitement.
2. L'examen IR est centré sur la réduction de la fonction chimique carbonyle : $=C=O$ qui représente l'oxydation due à l'effet de l'air. Le bitume, constitué majoritairement de composés hydrocarbonés, voit apparaître avec l'enrobage puis l'effet des éléments extérieurs et climatiques, ce groupement fonctionnel caractéristique de l'oxydation. L'action du processus régénérant montre une très importante réduction de cette fonction.

3. La microscopie par épifluorescence constitue le moyen employé pour la mise en évidence de l'homogénéité des bitumes modifiés par les polymères SBS (styrène butadiène styrène). Les polymères greffés dans un bitume modifié réticulé, apparaissent sous la forme d'étoiles dans un fond noir s'éclaircissant (dans le marron) avec la concentration.

4. La rhéologie du milieu bitume permet, au travers du module complexe, de suivre l'évolution du milieu ayant reçu le processus régénérant. En particulier, il est montré une augmentation du module complexe et un accroissement de la composante élastique qui indique l'amélioration du comportement du nouveau liant.

Ces études (figure 1) ont été réalisées par divers laboratoires : l'IFSTTAR (Institut français des sciences et techniques du transport de l'aménagement et des réseaux) de Nantes, le CETE (Centre d'études techniques de l'Équipement) d'Aix-en-Provence et l'Université espagnole de Valladolid (UVA).

La composante élastique du bitume Fenixfalt est supérieure à celle des deux constituants. Le liant régénéré a acquis un comportement élastique qui se fait par le processus réactionnel de réduction des composés oxydés (carbonyles) et de greffage de ponts intermoléculaires élastomériques.

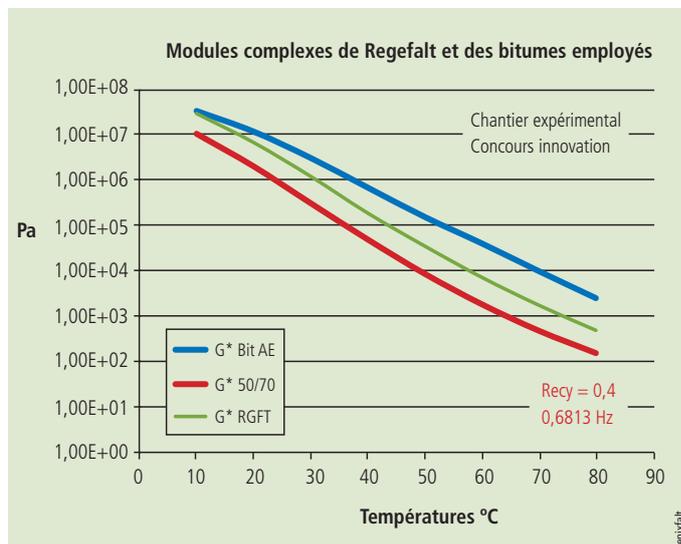


Figure 1
Courbe maîtresse du module complexe des bitumes
Master curve of complex modulus of bitumens

Agrégats d'enrobés Chantier expérimental départemental

Fenixfalt répond au développement durable

Bouleversant la vision traditionnelle des matériaux bitumineux des chaussées, Fenixfalt offre de nouvelles possibilités pour le réemploi des enrobés, en phase avec les critères économico-durables exigés par les politiques environnementales des maîtres d'ouvrage.

Similaire au recyclage de l'acier restituant un produit neuf, les performances de Fenixfalt, d'un point de vue technique et durable, constituent une avancée majeure. Procédé breveté de régénération du bitume vieilli des chaussées, Fenixfalt contribue à ce que les enrobés acquièrent définitivement la dénomination de matériaux durables.

Un enrobé régénéré selon le processus Fenixfalt, du fait de la réduction systématique de la quasi-totalité des sites moléculaires oxydés du bitume, dispose d'une capacité de réemploi qui lui permettra d'être retraité plusieurs fois.

La fiche de données de sécurité (FDS) ne mentionne aucun risque lié à l'usage des constituants des additifs. Le classement de ce produit est non applicable car il ne contient aucune substance dangereuse. Le produit n'est pas inflammable et sa décomposition thermique intervient au-dessus de 230 °C.

Emission de CO₂ équivalent⁽¹⁾

La réduction du bilan carbone et de la consommation d'énergie est reliée à la quantité de matières premières économisées par rapport au procédé sans AE :

- **Bitume :**
277 kg de CO₂ par tonne de bitume,
- **Granulats :**
2,32 kg CO₂/tonne,
- **Agrégats d'enrobés :**
2,64 kg CO₂/tonne,
- **Additifs Fenixfalt :**
560 kg de CO₂ par tonne d'additif. Mais la quantité est très

⁽¹⁾ données de base : SEVE TP et Fenixfalt pour l'additif

faible, de l'ordre de 2 à 4 millièmes du poids dans l'enrobé.

Exemple de calcul pour un enrobé au bitume pur à 40 % de recyclés

Les calculs présentés (tableau 1) retiennent les données présentées par le logiciel SEVE TP. Ils comparent les quantités de CO₂ équivalent engendrées par la fabrication en centrale classique d'une tonne d'enrobé (**hors contribution** en CO₂ générée par la fabrication/**chauffe**).

		% réels
Gravillons	4/10	37,8
Sable	0/4	18,9
Agrégats d'enrobés (AE)		37,8
Bitume	50/70	5,5 (5,8 ppc)

Tableau 1
Formulation d'enrobé à chaud
Hot mix asphalt mix design

On obtient par ce calcul une économie de CO₂ de plus d'un quart tout en conservant les mêmes qualités à l'enrobé fabriqué (tableau 2).

Enrobé sans recycle bitume pur (kg CO ₂ eq/tonne)	Enrobé à 40 % de recyclage Fenixfalt bitume pur (kg CO ₂ eq/tonne)
16,6	11,9
	Economie : 28 %

Tableau 2
Economie de CO₂
CO₂ saving

Ce calcul suppose, bien entendu, que les paramètres de puissance de chauffe du poste soient maintenus constants au cours du cycle de fabrication.

De plus, la distance de transport entre la centrale et le chantier de rabotage « fournisseur d'AE » est généralement bien inférieure (de l'ordre de 30 %) à la distance entre la centrale et la carrière de roche massive. L'impact du transport est donc nettement moindre pour les enrobés avec agrégats d'enrobés recyclés.

Formulation, fabrication et mise en œuvre

Le chantier entre dans le cadre de la validation de la proposition Fenixfalt RM soumise au concours 2009 de l'innovation routière, présentée conjointement par les sociétés Roger Martin SA et Fenixfalt SAS.

Cette proposition, remarquée par le jury, a fait l'objet d'une

action de validation spéciale dans le cadre d'un parcours adapté, managé par le Sétra.

Ainsi, afin de démontrer la faisabilité et la pertinence de ce procédé, après une phase de mise au point en 2010 [6], un chantier sur une voie principale du réseau départemental s'est déroulé en juillet 2011 en Côte d'Or : l'entretien de la RD996. Le suivi de ce chantier fait l'objet d'un protocole entre les divers intervenants susnommés et le maître d'ouvrage, le conseil général de Côte d'Or.

L'enrobé choisi est ce qu'on appelle communément un béton bitumineux semi grenu (BBSG) 0/10 classe 3. Il est appliqué sur 6 cm d'épaisseur. Il contient 40 % d'AE issus d'un seul chantier et ayant fait l'objet d'une caractérisation de leur homogénéité et de leurs performances selon les normes et guide technique du Sétra [7].

Voie et localisation, trafic, environnement

La RD 996 relie Saulon-la-Rue et Noiron-sous-Gevrey. Cette voie est empruntée par 200 PL/jour et beaucoup de véhicules légers dont les occupants se rendent au travail en région dijonnaise, ce qui constitue finalement un itinéraire assez fréquenté.

Il s'agit d'une voie principale, selon la classification du département, qui mesure 7 m de large. Le chantier s'étend sur 3 km environ dont une partie est destinée à l'expérimentation.

Formulation

Les outils classiques de la formulation des enrobés (PCG, Duriez, Orniéreur) sont utilisés lors de l'étude en laboratoire.

Les enrobés présentent une maniabilité plutôt bonne ainsi qu'une tenue à l'eau satisfaisante.

La principale caractéristique modifiée visible à l'étude est l'augmentation de la résistance à l'orniérage ce qui s'explique par l'utilisation d'un taux de 40 % d'AE qui rend le bitume final un peu plus dur que le grade 35/50 classique.

Les AE sont issus d'un chantier unique de rabotage et élaborés : les analyses montrent une catégorie de teneur en liant TL1, de liant B1, de granularité GR1, de caractéristiques intrinsèques des granulats R1, ce qui permet leur utilisation à ce taux élevé en couche de roulement.

La formulation adoptée pour ce chantier est la suivante :

• Fabrication de l'enrobé

Des additifs granulés contenant l'ensemble des principes actifs sont incorporés aux matériaux réchauffés lors du malaxage. Ils produisent la transformation physico-chimique irréversible de régénération du liant résultant du mélange des bitumes neuf et ancien. L'usage de Fenixfalt ne requiert que l'ajout d'un matériel tel qu'un doseur à additifs granulés et la création d'une liaison de régulation des débits des divers flux, soit des modifications mineures pour un poste d'enrobage.

Les enrobés recyclés peuvent atteindre facilement des teneurs de 50 % jusqu'à 65 % d'AE à l'aide des modèles récents de centrale d'enrobage.

Selon les caractéristiques du bitume vieilli, pénétrabilité et TBA, et sa teneur dans l'enrobé à recycler, l'introduction de l'additif de base provoque la transformation de tous les liants résultants du mélange additif avec le couple bitume vieilli et neuf ou seulement avec le bitume vieilli, en bitume régénéré dont les propriétés sont conformes aux spécifications des bitumes routiers.

Pour ce chantier, les enrobés sont fabriqués dans la centrale Valse située à Champdôtre en Côte d'Or, à 30 km du chantier (photo 1). Il s'agit d'un poste continu de marque SIM de capacité 200 t/h qui dispose d'un tambour sécheur qui alimente un tambour enrobeur doté d'un anneau de recyclage.



Photo 1
Centrale d'enrobage VALSE
Valse asphalt mixing plant

On a noté une température de fabrication se situant dans la fourchette de 150 à 170 °C, habituelle pour le poste et le type de chantier. Le matériau produit présente un aspect très bien enrobé et parfaitement homogène.

Les contrôles de fabrication satisfont aux critères de conformité édictés par la norme européenne des enrobés [8] avec des enrobés plutôt riches en bitume.

Mise en œuvre

La mise en œuvre sous circulation nécessite l'application de l'enrobé par demi-chaussée. Des dispositions particulières de réalisation sont prises à travers le plan de répannage pour respecter le recouvrement des bandes (photo 2).



Photo 2
Aspect de l'enrobé après mise en œuvre
Appearance of asphalt after laydown

L'atelier de mise en œuvre comprenait un finisseur Vögele 1800-2 et deux cylindres vibrants permettant d'atteindre les compacités visées (photo 3). Les valeurs de compacité se situent entre 92 et 95 % pour une fourchette admissible entre 92 et 96 %. Des conditions météorologiques très favorables ont été observées.

Les contrôles de mise en œuvre ont montré que l'enrobé se comportait d'excellente manière avec une compactabilité très bonne.



Photo 3
Application de l'enrobé par demi-chaussée
Application of asphalt by half-pavement

Les profondeurs moyennes de texture (PMT) s'établissent dans l'intervalle 0,7 et 0,9 pour une spécification du marché de 0,4 à 1,3.

Suivi du chantier

Protocole de suivi Sétra

Dans le cadre du soutien à l'innovation routière, ce chantier sera suivi pour une période de 3 années par le Département Laboratoire d'Autun mandaté par le Sétra.

En dehors des constatations visuelles avant et après la mise en œuvre de l'enrobé, certaines caractéristiques spécifiques seront évaluées :

- mesures de déflexion (déflexographe),
- mesure de l'adhérence (coefficient de frottement longitudinal, CFL),
- mesures de macro-texture (profondeur moyenne de texture, PMT),
- mesures d'uni transversal et longitudinal (TUS et matériel DLA),
- module de l'enrobé (machine asservie d'essai rhéologique).

Programme OPTIMIRR

L'importance de cette avancée technique pour contribuer au développement du recyclage a été remarquée par le Département Laboratoire d'Autun (DLA) qui a donc intégré le suivi du comportement des enrobés de ce chantier dans le programme de recherche OPTIMIRR piloté par le LCPC.

Cela s'est fait en accord avec le Sétra, les entreprises Fenixfalt et Roger Martin et le conseil général de Côte d'Or.

En particulier, les caractérisations physiques et chimiques des mécanismes d'action de l'additif et les propriétés rhéologiques de l'enrobé seront recherchées.

Conclusions

Une nouvelle gamme d'enrobés est née. Elle se compose de granulats et d'un mélange de liant neuf et de liant régénéré obtenu après traitement en centrale d'enrobage des parties oxydées du bitume. La modification des propriétés du bitume des AE lui permet de renaître comme le phénix mythologique.

Cette nouvelle famille d'enrobés se démarque du comportement mécanique traditionnel des enrobés au bitume classique connus à ce jour. L'enrobé obtenu contient un bitume régénéré aux nouvelles propriétés élastiques améliorées.

Le chantier a permis de montrer le comportement satisfaisant de ce type d'enrobé que ce soit à la fabrication ou lors de la mise en œuvre. Les premiers relevés de chantier sont favorables.

Mais il n'est pas seul : l'entreprise Roger Martin a réalisé d'autres chantiers en Bourgogne et Franche-Comté. Et d'autres sections sont programmées en France sur le réseau autoroutier et dans le monde ... ■



Fenixfalt RM: a new lease on life for asphalt on our roads

The article reviews the innovative Fenixfalt process for regenerating old bitumen present in asphalt aggregates. It describes the mechanisms of action of the additive and the analytical characterisation of its effect. The environmental impact of this process shows that a significant CO₂ saving related to the recycling activity is improved by the Fenixfalt additive. The first application of the process in France took place in July 2011 on a maintenance worksite of the departmental road network of the Côte-d'Or region. This worksite showed the great value of Fenixfalt for the community and a follow-up of three years by the state organisation in charge of the road innovation programme (SETRA) was initiated. In addition, this process will form the subject of an evaluation within the framework of the OPTIMIRR (French acronym for optimisation of low-cost road materials incorporating recycled road materials) research project conducted by the LCPC (French transport research laboratories). Other worksites are planned in France and elsewhere in the world.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LOPEZ, E. et al. (2005, 2006) La regeneración del betún envejecido de aglomerados usados, una apuesta economico-ecologica (I) et (II) Carreteras n° 148-2005 pages 52 à 55, n° 149-2006 pages 78 et 79.
- [2] XIV^e congrès « Iberico Latino Americano » du bitume novembre 2007
- [3] Congrès de l'European Asphalt Pavement Association (EAPA), mai 2007.
- [4] LOPEZ, E. et autres (2005) La micro calorimetría diferencial, una nueva herramienta para conocer mejor el comportamiento de los betunes. CARRETERAS, n° 143 2005, pages 45 à 48
- [5] V. MOUILLET et P. DUMAS (CETE d'Aix) (Durability of polymer modified bitumens : comparison of the evolution due to conventional standardised ageing tests with the in situ ageing of binders in pavements. Eurobitume 2008, Technical Session 3).
- [6] Emile LOPEZ, Philippe CHIFFLET, La nouvelle vie du bitume. Congrès mondial de la Route Mexico 2011
- [7] SETRA Guide Technique « Utilisation des normes enrobés à chaud » Janvier 2008. Référence 0801
- [8] NF EN 13108-21 : Mélanges bitumineux-Spécifications des matériaux-Partie 21 : Maitrise de la production. Juin 2006

Agrégats d'enrobés Chantier départemental

AUTEURS

Laurence Boulangé
Responsable Section Liants
Laboratoire central
Eiffage Travaux Publics – Corbas

Daniel Claudel
Assistant
Laboratoire central
Eiffage Travaux Publics – Corbas

Hervé Dumont
Responsable technique
Service technique Région Ouest
EIFFAGE Travaux Publics

Sébastien Perier
Adjoint technique
Service technique Région
Rhône-Alpes Auvergne
Eiffage Travaux Publics



Mise en place de l'enrobé Biocold sur le chantier de Rauret (43)
Laydown of Biocold asphalt on the Rauret worksite (Haute Loire region)

Biocold

L'enrobé à haute valeur environnementale

Biocold est un enrobé de nouvelle génération mis au point par la Recherche & Développement d'Eiffage Travaux Publics pour répondre au cahier des charges suivant : revêtement bitumineux constitué à 100 % d'agrégats froids d'enrobés recyclés, régénérés par un liant spécial chaud et mis en œuvre à température ambiante.

Les opérations menées depuis 2007 en Sarthe, puis sous la maîtrise d'ouvrage des départements de l'Orne, des Côtes d'Armor et de la Haute-Loire ont permis de valider les conditions de réalisation et de mise en service les mieux adaptées à ces nouveaux produits. L'enrobé recyclé Biocold assure aujourd'hui un renouvellement de couche de roulement à haute valeur environnementale ajoutée où sont conjugués l'utilisation d'une technique peu consommatrice en énergie et émettant très peu de gaz à effet de serre, la préservation de la ressource non renouvelable en granulats et un meilleur confort des équipes de mise en œuvre. L'innovation a porté à la fois sur l'amélioration de la qualité du liant de régénération et sur les conditions finales de mise en œuvre.

Critères techniques et objectifs environnementaux

Les choix techniques se sont, dès le début du projet, orientés vers une optimisation maximale des critères déclinés dans la Convention d'engagement volontaire [1], démarche à laquelle Eiffage Travaux Publics a adhéré dès 2009. La préconisation de techniques à froid pour la fabrication et la mise en œuvre d'enrobés bitumineux favorise une économie d'énergie substantielle et la diminution drastique des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'atout majeur de

cet enrobé est sa souplesse d'utilisation ; en effet, le reprofilage de la chaussée existante et l'apport d'une nouvelle couche de roulement sont réalisés en une opération unique.

La revalorisation à 100 % d'agrégats d'enrobés (AE) bitumineux participe à l'économie des ressources en matériaux entrant dans la composition des enrobés bitumineux aussi bien pour les granulats que le liant bitumineux qui est régénéré par le fluxant végétal et réutilisé à son potentiel technico-économique optimal. L'utilisation de fluxants végétaux dans le liant de régéné-

ration assure l'absence d'émission de GES dans l'atmosphère, comparativement aux fluxants pétroliers.

Enfin, les procédés d'enrobage et de mise en œuvre de ces produits sont facilement adaptables aux moyens industriels locaux évitant des transports longs et coûteux en énergie et émettant des GES.

Descriptif de la technique

Ressources

Les AE sont préférentiellement issus de stocks constitués en centrale d'enrobage, concassés et criblés ; ils peuvent aussi provenir du rabotage de la chaussée existante. Celui-ci est alors effectué avec soin, à vitesse d'avancement constante définie pour obtenir une granulométrie régulière et proche d'une fraction comprise entre 0/10 et 0/14. La qualité de la déconstruction et plus précisément le soin apporté

au tri des seuls matériaux bitumineux est l'un des paramètres essentiels à la réussite de la technique (photo 1).

- la cohésion de l'enrobé après fabrication, et
- le mûrissement et la consolidation de l'enrobé.



Photo 1
Installation de concassage-criblage d'agrégats d'enrobés (AE)
Asphalt aggregate (AE) crushing and screening installation

Les liants d'enrobage sont des bitumes fluxés à l'ester végétal [2], destinés à un usage en centrale d'enrobage. La teneur en liant d'apport dans l'enrobé Biocold est de 30 à 50 % plus faible par rapport à celle d'un enrobé classique fabriqué à chaud. La présence d'ester végétal dans ce liant régénère le liant bitumineux initial déjà présent en surface de l'AE. Ce liant est compatible avec nombreux types d'agrégats d'enrobés.

Mise au point de l'enrobé Biocold

L'enrobé Biocold fait partie de la catégorie des enrobés semi-froids selon la révision en cours de la norme relative à la terminologie des enrobés hydrocarbonés [3] : les agrégats d'enrobés sont utilisés à froid (température ambiante) avec un bitume fluxé végétal chaud [4].

La mise au point de la formule de l'enrobé et du liant d'enrobage est réalisée au laboratoire central d'Eiffage Travaux Publics à Corbas, en lien étroit avec les services techniques régionaux impliqués dans le projet.

Trois critères sont retenus pour cette mise au point d'enrobés recyclés, à savoir :

- la qualité de l'enrobage des AE par le liant de régénération,

Ces différents critères sont évalués selon des tests internes au laboratoire central de Corbas (tableau 1).

La formulation du liant de régénération Biocold améliore à la fois l'enrobage des AE lors de la fabrication de l'enrobé recyclé et sa cohésion (tableau 1).

Les propriétés de montée en cohésion de l'enrobé Biocold à base de 100 % d'AE sont équivalentes à celles observées pour un enrobé issu du mélange de granulats neufs (selon une courbe type de béton bitumineux semi-grenu, BBSG 0/10) avec le liant Biocold. En revanche, le mûrissement de Biocold est plus lent. C'est pourquoi, la dernière phase d'étude a consisté à mettre au point un système d'activation améliorant le mûrissement de l'enrobé. C'est un produit non corrosif et non écotoxique qui interagit avec la surface de l'enrobé (tableau 1).

Fabrication et mise en œuvre sur chantier

La fabrication de l'enrobé Biocold est effectuée avec des AE à température entre 15 et 20 °C, le liant de régénération étant amené à une température de 160 °C. L'obtention d'un bon enrobage des AE exige nécessairement des conditions favo-

Propriétés	Granulats neufs (type BBSG 0/10) + Liant Biocold	Biocold (100 % agrégats)	Biocold (100 % agrégats) activé
Qualité de l'enrobage	2	3	3
Montée en cohésion	3	3	3
Mûrissement	3	1	3

Tableau 1

La qualité de l'enrobage est notée selon le taux de recouvrement du liant sur les agrégats d'enrobés : la note 1 correspond à un taux de recouvrement < 50 % ; la note 2 à un taux entre 50 et 75 % et la note 3 à un taux supérieur à 75 %.

La montée en cohésion et la résistance du matériau aux déformations sont étudiées 30 minutes après fabrication de l'enrobé selon un système d'évaluation allant de 1 à 3. La note 1 correspond à un matériau mou où aucune montée en cohésion de l'enrobé n'est visible ; la note 2 correspond à un matériau encore meuble où un début de cohésion de l'enrobé peut être observé et la note 3 correspond à un matériau dur qui reste plan après plusieurs sollicitations mécaniques.

Le test de mûrissement s'effectue au toucher à la main selon le système d'évaluation allant de 1 à 3. La note 1 correspond à un enrobé laissant des résidus collants sur la main ; la note 2 à une légère sensation de colle sur la main et la note 3 à un enrobé non collant sur la main. Une notation de 1 est réhibitoire pour une application ultérieure sur chantier.

Eiffage Travaux Publics

rables, à savoir une température supérieure à 10 °C et un taux d'humidité ≤ 4,0 % pour les AE (photo 2).

Les enrobés Biocold ont tout d'abord été mis en œuvre dans la Sarthe, sur les communes de Mansigné, Cérans-Foulletourte et Ecommoy en 2007, 2008 et 2010 (photos 3, 4)



Photo 2
Aspect de l'enrobé Biocold avant mise en œuvre
Appearance of Biocold asphalt before laydown



Photos 4
Aspect général de l'enrobé Biocold dans le département de la Sarthe après trois années
General appearance of Biocold asphalt in the Sarthe region after three years



Photo 3
Mise en œuvre de l'enrobé Biocold dans le département de la Sarthe
Laydown of Biocold asphalt in Sarthe region

Agrégats d'enrobés Chantier départemental

puis en Haute-Loire sur la commune de Rauret en 2011 (photos 5 à 7).



Photo 5
Mise en œuvre de l'enrobé Biocold (43)
Laydown of Biocold asphalt
(Haute Loire region)

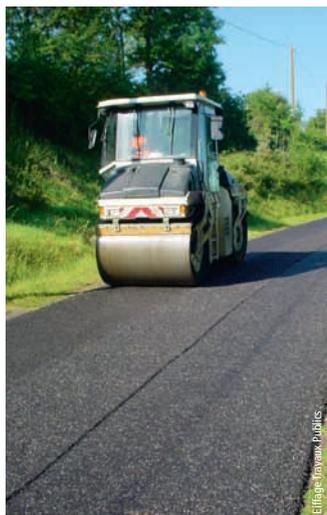


Photo 6
Compactage de l'enrobé Biocold (43)
Compacting of Biocold asphalt
(Haute Loire region)



Photo 7
Aspect général de l'enrobé Biocold
après mise en œuvre
General appearance of Biocold asphalt
after laydown

Les sites retenus sont caractérisés par des trafics faibles (véhicules légers – Trafic Poids lourds < T3) et des supports relativement déformés sur lesquels les capacités de reprofilage et de souplesse du produit ont été particulièrement mises en évidence.

La teneur en vides et le module de rigidité en compression diamétrale à 10 °C et 124 ms [5], mesurés sur des carottes prélevées en 2010 (tableau 2), sont la preuve d'une évolution satisfaisante des performances mécaniques de l'enrobé Biocold et la justification de son bon comportement.

Année de mise en œuvre	2007	2008
Age du Biocold	3 ans	2 ans
Épaisseur des carottes	4 à 5,5 cm	4 à 5,5 cm
Teneurs en vides	10 %	13 %
Module de rigidité en compression diamétrale à 10 °C ; 124 ms	6 000 MPa	5 200 MPa

Tableau 2
Caractéristiques moyennes mesurées sur des carottes prélevées en 2010 de Biocold mis en œuvre en 2007 et 2008

Les liants de régénération Biocold ont été fabriqués dans les usines Eiffage Travaux Publics de Flers (61) et de Collonges (69). Après fabrication, les liants de régénération sont livrés et injectés dans la centrale d'enrobage, par un système indépendant. En région Ouest, les enrobés ont été produits par la Société Mancelle d'Enrobés (SOME), équipée d'une centrale continue Ermont - TRF 200 et en région Rhône-Alpes - Auvergne par la Société Rhodanienne d'Enrobés, équipée d'une centrale discontinue Wibau. La température de l'enrobé Biocold en sortie de la centrale d'enrobage est typiquement de 25 °C.

Le système d'activation a été testé en Haute-Loire. L'additif, appliqué dès le compactage, lui-même réalisé dans tous les cas au moyen d'un petit cylindre lisse double bille utilisé sans vibration, a accéléré le mûrissement de l'enrobé Biocold évitant ainsi toute opération de sablage ou de gravillonnage ultérieur.

Suivi en place

L'enrobé Biocold mis en œuvre en 2007 et 2008 dans la Sarthe a fait l'objet d'un suivi particulier en 2010. Il présentait un bel aspect de surface homogène et fermé (photos 4), bien adapté à son utilisation (voies à trafic < T3).

Bilan technique et environnemental

L'enrobé Biocold composé à 100 % d'AE et d'un liant anhydre de régénération à base d'huile végétale, complète l'offre d'Eiffage Travaux Publics en termes de techniques innovantes de recyclage à froid [6, 7] respectueuses de l'environnement.

L'innovation de l'enrobé Biocold réside dans la formulation du liant de régénération qui accélère sa montée en cohésion après mise en œuvre et dans l'activation de la surface qui évite un traitement ultérieur de la chaussée.

Ces deux atouts font de Biocold une technique économique répondant parfaitement aux besoins actuels des maîtres d'ouvrage en matière d'entretien économique des nombreuses chaussées à faible trafic du vaste réseau routier français. ■



Biocold Asphalt mix of great environmental value

Biocold is a new-generation asphalt developed by the Research and Development people of Eiffage Travaux Publics to reply to the following specifications: bituminous pavement made up of 100% recycled asphalt aggregate regenerated by a special hot binder and placed at ambient temperature. Operations conducted since 2007 in the Sarthe region, then under the owner authority of the Orne, Côtes d'Armor and Haute-Loire departments (county-like divisions), have made it possible to validate the mixing and laydown conditions best suited to these new products. The Biocold recycled mix today allows wearing course renewal with a high environmental value added combining the use of an energy sparing technique, highly reduced greenhouse emissions, preservation of non-renewable aggregate resources and improved comfort for pavement placement teams. The innovation involved both the improved regeneration binder quality and the final placement conditions.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] F. Marmier, Infrastructures routières, voirie et espace public, convention d'engagement volontaire des acteurs de conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 875, avril 2009, pp. 25-28
- [2] Brevet FR 2768150, Liant bitumineux, composition et utilisation, APPIA (1997)
- [3] Norme NF EN 12697-26/Annexe C, Méthode d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – mélanges bitumineux – Partie 26 : module de rigidité (2004)
- [4] Brevet FR 2834305, Procédé pour préparer un enrobé bitumineux routier, APPIA (2001)
- [5] NF P98-149, Terminologie – Enrobés hydrocarbonés – Composants et composition des mélanges – Mise en œuvre – Produits – Techniques et procédés (2000)
- [6] J.-P. Triquigneaux, L. Valéry, Grave-émulsion de recyclage innovante – Une expérimentation réussie en Haute-Garonne, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 833, novembre 2004, pp. 63-68
- [7] Y. Meunier, M. Jourdan, L'enrobé à froid Biochape, solution écologique pour l'entretien des routes départementales, Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 837, mars 2005, pp. 40-41

AUTEURS

Louïsette Wendling
Ingénieur de recherche
Division Laboratoire d'Autun
Centre d'études techniques
de l'Équipement (CETE) de Lyon

Dominique Guedon
Technicien supérieur
de l'Équipement
Laboratoire régional
de Toulouse
CETE du Sud-Ouest

Lionel Odie
Responsable Unité route
durable et économe
Laboratoire régional
de Saint-Brieuc
CETE de l'Ouest

Jean-Claude Fabre
Consultant

Vincent Gaudefroy
Chargé de recherches
Institut français des sciences
et technologies des transports
de l'aménagement
et des réseaux (IFSTTAR)

Joël Siry
Directeur
Gestion des routes départementales
Conseil général
d'Ille-et-Vilaine (35)

Jean-Maurice Balay
Directeur de recherches
IFSTTAR

Anne Millien
Maître de conférences
Groupe d'étude
des matériaux hétérogènes
Génie civil et durabilité
(GEMH-GCD)
Université de Limoges

Chantal de La Roche
Animateur d'axe
« Economie d'énergie
et de ressources naturelles »
IFSTTAR



Département d'Ille-et-Vilaine, RD 44, un site d'expérimentation pour des matériaux durables
Ille-et-Vilaine department, RD 44, an experimental site for sustainable materials

Comportement et étude des graves-émulsion Coopération public-privé

Chantier expérimental de la RD 44 Présentation du site et de son instrumentation

Après avoir réalisé et suivi, dans le cadre de leurs recherches internes, deux sections expérimentales instrumentées de graves-émulsion structurantes pour évaluer leur comportement *in situ*, l'IFSTTAR et le Réseau scientifique et technique (RST) du MEDDTL, ont entrepris en 2008, en collaboration avec l'Union syndicale des industries routières françaises (USIRF) et le conseil général d'Ille-et-Vilaine, la réalisation d'une troisième section sur la RD 44 près de Rennes.

Cette expérimentation vise à suivre l'évolution des caractéristiques mécaniques et physiques du matériau tout au long des étapes de fabrication, de mise en œuvre et de service au moyen d'une instrumentation adaptée et implantée dans la chaussée. Cet article est la première partie d'une série de deux consacrée à ce chantier. Il décrit le choix du site et des matériaux ainsi que la mise en place de la section instrumentée.

Cet article est le 3^e de la série dédiée aux travaux du groupe constitué par l'IFSTTAR, le RST et les entreprises de l'USIRF.

Introduction

C'est dans le cadre de l'opération de recherche OPTIMIRR (optimisation des matériaux routiers économes en énergie et incorporant des recyclés de la route), initiée en 2006, que l'IFSTTAR et le RST ont mis en place une démarche expérimentale pour tenter de répondre aux besoins spécifiques d'évaluation du comportement *in situ* des mélanges bitumineux à froid [1].

Pour assurer une certaine représentativité de la grande variabilité des constituants, des formulations et des conditions environnementales de prise et de mûrissement, que l'on peut rencontrer à l'échelon national, il a été décidé de répartir les sections expérimentales sur des régions aux climats et à la géologie (nature pétrographiques des granulats utilisés) contrastés.

Ainsi, deux chantiers IFSTTAR/RST de graves-émulsion (GE) instrumentés par des capteurs internes et faisant l'objet d'un suivi approfondi (RD20 en collaboration avec le conseil général de Haute-Garonne et site du LRPC de Toulouse [2-5]) ont été réalisés en 2006 et 2008. Ils ont donc été menés sous un climat chaud.

De leur côté, les entreprises de l'USIRF avaient monté en 2004 un projet commun dans le but

de définir une méthodologie pour les enrobés à l'émulsion. Cette démarche a été basée sur la réalisation en parallèle du suivi de sections routières et de l'évaluation en laboratoire des performances des matériaux [6].

Forts des acquis de chacun, l'IFSTTAR/RST et l'USIRF ont décidé d'unir leurs efforts et de réaliser en commun un troisième chantier expérimental instrumenté en 2008.

Recherche Enrobés à l'émulsion

Pour compléter les données précédemment acquises, le choix s'est porté sur une région à climat océanique dans le département de l'Ille-et-Vilaine sur la RD44. Le chantier, réalisé dans le cadre des travaux d'entretien confiés par le conseil général d'Ille-et-Vilaine au parc départemental de l'Équipement de la DDE35, a été retenu après accord des différents partenaires. Il a fait l'objet d'une convention entre l'IFSTAR et le CG 35. Cet article présente la section et le matériau retenus ainsi que la mise en place de l'instrumentation et le chantier de mise en œuvre.

Choix et description du site expérimental

Le site de la RD 44 relie les agglomérations de Goven et Bruz au sud-ouest de Rennes dans un environnement semi-urbanisé sur un linéaire de 273 m. L'entretien prévu était un reprofilage en GE (45 kg/m²) avec un enduit superficiel en couche de roulement. L'augmentation locale d'épaisseur à 12 cm (280 kg/m²) pour la mise en place de l'instrumentation dédiée ne posait pas de difficulté particulière, notamment au niveau des seuils d'entrée dans les propriétés. Le trafic est de type T3. Le site respecte les critères de choix identifiés pour une section expérimentale [1]. Toutefois, la structure de chaussée présente une forte hétérogénéité et des niveaux de déflexions relativement bas sur une portion du site. A la suite d'une phase d'investigation approfondies, le site a été définitivement retenu, malgré ces hétérogénéités.

Point zéro

La chaussée a reçu des réparations locales au point à temps ainsi que des purges là où les déformations de rives étaient très prononcées (photo 1 (a)). Sa structure est composée d'une succession de couches d'enrobés, variant de 8 à 11 cm d'épaisseur, d'un blocage en pierre 40/70 reposant sur une couche de forme en grave non-traitée (GNT) 0/63. Entre la couche de forme et le substratum, une

couche d'épaisseur variable de schistes décomposés en argiles est observée (tableau 1).

sont repérés en coordonnées Lambert et matérialisés au sol ainsi que les points d'origine et de fin du chantier.

une possible circulation d'eau en toit de substratum. Les faibles valeurs de déflexion au centre de la section sont attribuées à la proximité du banc rocheux.



Photos 1
Site expérimental de la RD44 avant (a) et après la mise en œuvre de la grave-émulsion (b)
RD 44 experimental site before (a) and after (b) laying of the emulsion treated gravel

Structure de la chaussée	Sondage		
	n°3	n°4	n°5
Épaisseur de la couche d'enrobés bitumineux (cm)	8	8	11
Blocage (40/70) + Couche de grave non-traitée (GNT) 0/63 (cm)	37	42	50
Épaisseur de la couche d'argile (cm)	35	40	54

Tableau 1
Structure de la chaussée avant rechargement en GE (exemple des sondages implantés aux PR 23 + 107 m, 143 m et 204 m)
Pavement structure before strengthening with emulsion treated gravel (example of coring located at PR 23 + 107 m, 143 m and 204 m)

Les pathologies en surface ont été relevées, de même que la réponse de la structure sous une charge roulante (essieu légal français de 13 tonnes) et sous une charge ponctuelle (*Falling Weight Deflectometer (FWD)*) en appliquant la méthodologie décrite dans la référence [1]. Compte tenu de l'état de fissuration de la chaussée, les demi-bassins ouest-est, est-ouest et transversaux ont été relevés sur les quatre points de mesure d'application des charges ponctuelles situés au droit de la section instrumentée. L'hétérogénéité de la structure a imposé de répéter les mesures sur des points rigoureusement identiques. Les points de mesure de déflexion au *FWD*

La reconnaissance géologique réalisée par le LRPC de Saint-Briec, a montré que le corps de chaussée repose sur une formation de schistes et poudingues pourprés de Montfort. Ces roches présentent une faible perméabilité et les eaux superficielles ont tendance à circuler au toit de ces formations. Un banc rocheux orienté nord-ouest/sud-est traverse en biais la section au niveau des PR 23 + 50 m et + 100 m et réapparaît dans le fossé sud. Six sondages implantés le long de l'itinéraire doublés d'un second relevé de déflexion au *FWD*, ont confirmé la présence de ce substratum rocheux à faible profondeur (1,3 à 2 m) et

Travaux préparatoires

Une mise à niveau du réseau d'assainissement routier a été entreprise avant le chantier (photos 2). Les fossés latéraux ont été calibrés, les busages devant les zones urbanisées repris. La traversée de chaussée servant d'exutoire aux eaux superficielles de la voie Bruz-Goven est reconstruite et l'exutoire aval approfondi jusqu'à son point de rejet. Avant la mise en œuvre de la GE, une vérification des niveaux de déflexion dans le secteur touché par la reconstruction des réseaux d'assainissement a permis de lever la réserve relative à l'incidence de cette reconstruction sur l'état hydrique du corps de chaussée et de valider son choix. Les affaissements de rives trop prononcés ont été purgés. Pour rétablir la pente transversale du profil en travers, un reprofilage généralisé a été réalisé en rives de chaussée en GE 0/10 mise en œuvre à la niveleuse. Pour les besoins de l'expérience, la partie centrale du profil en travers, c'est-à-dire les bandes de roulement gauches, n'ont pas été traitées ni le secteur de la planche instrumentée. Préalablement au reprofilage, une couche d'accrochage a été répandue. Ces travaux préparatoires ont été assurés par le parc DDE 35 et les agents du CG35 pour le compte du CG 35.



Photos 2
Travaux d'assainissement : reconstruction de la traversée de chaussée (a) et des exutoires amont (b) et aval (c)
Drainage works: reconstruction of the pavement crossing (a) and of the upstream (b) and downstream (c) outlets

Mélange à l'émulsion de bitume

Formulation, épreuves de convenueance et de mise en œuvre

La formulation de la GE 0/14 a été établie par le LRPC de Saint-Brieuc. Le squelette minéral est composé de quatre fractions granulaires. Les granulats, issus de roches massives, sont de nature pétrographique « cornéenne » (roche métamorphique de contact). Les fractions inférieures et supérieures à 4 mm sont de provenances différentes. Les teneurs en bitume résiduel externe et en eau sont respectivement égales à 4,1 et 6,5 % (tableau 2).

Une vérification de la formulation *a posteriori* a été établie avec les constituants du chantier et les paramètres de composition du chantier ; elle fera l'objet de l'article à suivre de la présente série. Deux épreuves de convenueance ont validé la formulation et les modalités de mise en œuvre : répanchage au finisseur grande largeur, compactage par atelier composé d'un compacteur à pneu et d'un vibrant, modalités fixées à 4 passes de vibrant, 14 passes de pneus puis 4 passes de vibrant et enfin 2 passes de pneus pour fermer.

Caractérisation des constituants

Tous les constituants de la GE (bitume, émulsion, granulats et eau d'ajout), ont été prélevés et identifiés en laboratoire. Le bitume pur 70/100 utilisé pour la fabrication de l'émulsion provient de la raffinerie Petroplus de Petit-Couronne. Il est conforme aux spécifications de la norme NF EN 12 591 [7] pour les caractéristiques vérifiées. Le bitume est fluxé au dosage de 3 %.

L'émulsion de bitume utilisée est cationique à rupture lente. Elle est conforme à la classe C60B7 de la norme NF EN 13808 [8].

Le liant résiduel issu de l'émulsion du chantier a été caractérisé après stabilisation à la fois selon l'ancienne méthode française (T66-031) et selon les méthodes européennes (anciennement NF EN 14895 rempla-

cée par NF EN 13074-1 [9] et NF EN 13074-2 [10]). Ces deux méthodes conduisent à des valeurs comparables : pénétrabilité de 78 et 79 1/10 mm et point de ramollissement bille anneau respectivement de 47,0 et 44,9 °C.

Les quatre fractions granulaires dédiées au chantier ont été identifiées (granulométrie, masse volumique, coefficient d'absorption d'eau). Leur répartition a été ajustée pour conserver la courbe de reconstitution et validée par l'épreuve de convenueance. Les teneurs en eau naturelles des granulats ont également été vérifiées pour l'ajustement de la teneur en eau d'ajout (tableau 2).

Le sable et les gravillons sont conformes respectivement aux codes a et CIII de la norme XP P18-545 article 7 – EN 13043. Les granulats satisfont donc aux exigences de la norme de spécifications des GE (NF P98-121 [11]). La réactivité chimique des granulats vis-à-vis d'une émulsion cationique a été évaluée au travers de la mesure de remontée de pH et de potentiel d'échange basique (méthode d'essai LPC n°77 [12]). Avec des remontées de pH comprises entre 0,1 et 0,4 (maximum observé sur la fraction 0/2) après 120 minutes d'immersion, la réactivité chimique des granulats est qualifiée de faible : les granulats libèrent une quantité d'alcalins suffisamment faible pour ne pas contribuer à une neutralisation rapide de la phase

Fraction	Composition (%)	Masse volumique (t/m ³)	Coefficient d'absorption d'eau (%)	Teneur en eau naturelle (%)
0/2	40	2,758	1,10	1,8
2/4	12	2,755	-	1,2
4/10	26	2,737	0,42	1,1
10/14	22	2,743	0,54	4,0

Tableau 2

Pourcentages théoriques de composition et caractéristiques des granulats
Theoretical composition percentages and aggregates characteristics

aqueuse acide ni à une déstabilisation importante de l'émulsion. Ainsi, ces résultats laissent supposer un enrobage à l'émulsion homogène et des délais de maniabilité satisfaisants pour la mise en œuvre au finisseur.

Section instrumentée

Implantation

L'hétérogénéité structurelle, les niveaux de déflexion faibles au-delà de la résurgence rocheuse et un important réseau de fissuration de surface, ont imposé

une implantation de la zone instrumentée du PR 23 + 14,7 m à 23 m sur une longueur de 12,3 m (figure 1). La présence d'un réseau de distribution d'énergie électrique pour l'alimentation du local technique et la largeur des accotements le long de la voie Bruz-Goven permettant son implantation ont conduit à choisir d'instrumenter cette voie. Un local technique a été installé au bord de la planche au PR 23 pour recueillir les données issues de l'instrumentation. Les capteurs ont été implantés dans la bande de roulement gauche de la voie (photos 3).

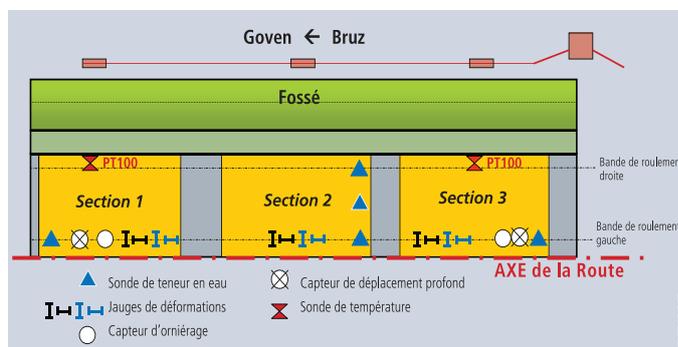


Figure 1

Schéma de principe d'implantation des capteurs
Diagram of sensors location



Photos 3

Mise en place des capteurs avant répanchage

(a) préparation des passages de câbles (b) marquage du positionnement futur des capteurs (c) mise en place des jauges de déformation

Installation of sensors before laying

(a) Preparation of cables installation (b) marking of the sensors future position (c) installation of strain gauges

Recherche Enrobés à l'émulsion



Photo 4
Station météorologique
Weather station

L'axe de la voie a été équipé de sondes d'humidité de type TDR (Réflectométrie dans le domaine temporel). Le site dispose de l'installation d'une station météorologique dédiée (photo 4).

Mise en place

La construction de la section instrumentée a débuté par la réalisation des travaux de génie civil de raccordement électrique, de fondation du local technique et de mise en place des fourreaux et chambres pour le passage des câbles dans l'accotement. Ils se sont poursuivis par la mise en place des capteurs profonds et le positionnement des éléments de capteurs d'orniérage dans le corps de l'ancienne chaussée (photo 5 (a)). Le local technique a été monté en parallèle (photo 5 (b)) et la préparation des câbles, tirage partiel et raccordement dans la chambre de distribution ont été effectués. Le jour de la mise en œuvre de la GE, le tirage des câbles a été finalisé, les raccordements, relevés de positionnement et protection des capteurs ont été effectués. Les sondes de températures de type PT100 ont été posées après la mise en œuvre à différentes hauteurs dans la couche de GE. A l'approche du finisseur, deux jauges ont été endommagées et une surprotection des capteurs a été entreprise (photo 5 (c)).

Fabrication et répannage de la GE

La centrale de fabrication est située dans l'enceinte du parc DDE35 éloignée de 25 km du chantier expérimental. La fabrication de la GE a été séquencée.

Les 445 tonnes de GE ont été répandues en pleine largeur à l'aide d'un finisseur Bitelli BB651C (photo 6 (a)). L'atelier de compactage était composé d'un compacteur vibrant Dynapac CC422, et d'un compacteur pneumatique Hamm GRW15 (photo 6 (b)).

Le plan de compactage utilisé est décrit dans le tableau 3. Il diffère légèrement du plan défini lors de l'épreuve de convenance pour s'adapter au matériau mis en place. Une amorce de remontée d'eau en surface au cours du compactage a été observée.

Avant la mise en œuvre de la couche de GE, une couche d'accrochage, dosée à 69 % de bitume résiduel, a été répandue sur l'ancienne chaussée. Au droit de la section instrumentée, la chaussée est exempte de couche d'accrochage pour faciliter le prélèvement ultérieur d'échantillons.

Après répannage de la couche de GE (photo 1 (b)), la mise à niveau des accotements a été effectuée en matériaux graveleux.

Conditions climatiques

Lors de la mise en œuvre, les moyennes en température et en hygrométrie étaient proches de 20 °C et 50 % d'humidité. On notera cependant deux épisodes pluvieux, juste avant le répannage de la section instrumentée et après l'achèvement du répannage.

Contrôles de la fabrication et de la mise en œuvre

Ces contrôles concernent la composition des mélanges, la mise en œuvre par des mesures de pourcentage de vides, la compactabilité à la presse à cisaillement giratoire (PCG) (photo 7 (a)), l'égouttage (photo 7 (b)) et la maniabilité (photos 7 (c) et 7 (d)) réalisées sur la GE sur chantier ainsi que des mesures d'épaisseur postérieures.



Photos 5
Zone instrumentée
Distribution des capteurs (a) local technique (b) surprotection des capteurs à la mise en œuvre (c)
Instrumented area
Sensors installation (a) Technical shed (b) Over protection of sensors before laying (c)

Plan de compactage / Nombre de passes	Section courante	Section instrumentée
Pneu / Vibrant (nombre de passes)	4 tandem + 16 pneu + 4 tandem + 16 pneu	4 tandem (sans vibration) + 50 pneu

Tableau 3
Plan de compactage de la couche de GE
Emulsion treated gravel compaction plan



Photos 6
Atelier de mise en œuvre : Répannage (a) et compactage (b) en section courante - au droit de la zone instrumentée (c)
Laying equipment: finisher (a) and compaction (b) in the current section - in the instrumented area (c)



Photos 7
Préparation des prélèvements PCG (a) – Essai d'égouttage (b) - Essais de maniabilité (c) (d)
Preparation of Gyrotary sampling (a) – Drainage test (b) – Maniability tests (c) (d)

Composition des mélanges

Vingt prélèvements ont été réalisés sur les 20 camions au départ de la centrale et 10 sur chantier (prélevés dans la vis du finisseur lorsque la moitié du contenu de la benne du camion considéré est répandue). Ces prélèvements ont été conditionnés au laboratoire de l'IFSTTAR (dans un délai compatible avec le maintien des propriétés de maniabilité du mélange) pour évaluer a posteriori certaines propriétés du mélange.

Les caractéristiques des mélanges et leurs variabilités de fabrication sont résumées dans les tableaux 4 et 5. Deux teneurs en liant sont retenues : la teneur en liant résiduel obtenue par extraction et la teneur en liant

de fabrication qui est augmentée de 0,08 point pour tenir compte de la présence initiale de solvants volatils.

Les très faibles variations de composition témoignent d'une fabrication maîtrisée conduisant à une composition homogène du mélange mis en œuvre sur le chantier.

Il est noté un décalage significatif de la teneur en fines par rapport à la valeur visée de 7 % (tableaux 2 et 5). Cet écart est lié à une friabilité élevée du sable 0/2 (48 % selon la norme P18-576 [13]) ayant conduit à une attrition importante.

Pourcentage de vides *in situ*

Les mesures ont été réalisées au gammadensimètre de type GPV 10/22 à deux profondeurs 7,5 cm et 10 cm en distinguant trois zones : la zone des capteurs et les deux portions de voie correspondant à la variation géologique du sol naturel. Les mesures de densité humide ont été corrigées des écarts induits par la présence d'eau soit 10,9 % dans la zone de capteur, 8,4 % du PR 23 + 30 m, à + 120 m et 7 % du PR 23 + 120 m à la fin du chantier côté Bruz. Les écarts par rapport à la teneur en eau totale de fabrication sont attribués aux épisodes pluvieux mentionnés précédemment. En section courante, la moyenne des pourcentages de vides est de 16,8 %. Dans la zone instrumentée, le pourcentage de vides est évalué à 19,5 %. Il est à noter qu'une réduction de 1 % de la teneur en eau conduit à une réduction de pourcentage de vides de l'ordre de 0,8 %.

Mesure des épaisseurs

Un premier relevé topographique, réalisé après la mise en œuvre en 35 points implantés sur la bande de roulement gauche de la voie Bruz-Goven, indique des épaisseurs variant de 10 à 12 cm avec une moyenne de 10,8 cm.

Essais sur mélange frais réalisés sur chantier

Au-delà des contrôles de fabrication et d'homogénéité précités, des essais complémentaires de caractérisation du mélange ont été réalisés sur chantier pour évaluer le comportement du matériau au jeune âge.

Compactabilité

Ces mesures ont été réalisées avec la PCG2 « embarquée » de l'IFSTTAR équipée du système de recueil des eaux extrudées en partie inférieure du contre-fourreau (photo 8).



Photo 8
PCG embarquée de l'IFSTTAR
IFSTTAR mobile Gyrotary compactor

Paramètres	Valeur	Variabilité de fabrication Ecart type
Teneur en eau totale (% ext) moyenne départ centrale	6,6	0,17
Teneur en eau totale (% ext) moyenne arrivée chantier	6,4	0,17
Perte d'eau au transport : Ecart moyen par camion (%)	0,4	0,09
Teneur en bitume résiduel (% ext) sur prélèvement chantier	3,98	0,11
Teneur en liant à la fabrication calculée (% ext)	4,06	0,11
Teneur en émulsion (%)	6,7	-
Teneur en fluxant du bitume mis en émulsion (%)	3,0	-
Masse volumique du squelette minéral (t/m ³)	2,748	-
Masse volumique du mélange (t/m ³)	2,581	-

Tableau 4
Caractéristiques de la GE
Emulsion treated gravel characteristics

Passants (%)	Tamis (mm)	0,063	0,08	0,25	0,5	1	2	4	6,3	10	12,5	14	16	20
	Moyenne des contrôles chantier	9,8	11,5	18	22	28,5	40,5	55	68	80	93	98	100	100
	Ecart type	0,83	0,57	0,49	1,37	0,75	1,15	1,33	1,46	2,11	1,23	0,35	-	-

Tableau 5
Courbe granulométrique moyenne et variabilité
Average grading curve and variability

Recherche Enrobés à l'émulsion

Les moyennes des pourcentages de vides (17 mesures) ainsi que celles des pourcentages de vides occupés par l'eau et par l'air (12 mesures) sont présentées figure 2. Chaque point de mesure est assorti d'une variabilité prise égale à plus ou moins un écart type [14, 15].

Avec un pourcentage de vides inférieur à 22 % à 10 girations et à 15 % à 200 girations, la GE respecte les prescriptions de la norme produit XP P98-121 [11]. La faible variation autour des valeurs moyennes du pourcentage de vides confirme la régularité de composition du mélange. Les premières extrusions d'eau sont détectées à 20 girations correspondant à 16,7 % de vides.

Comme pour la caractérisation de la maniabilité, ces résultats seront complétés dans un prochain article de la série en y associant les résultats obtenus avec les recompositions de laboratoire.

Egouttage au cours du transport

Deux moyens permettent d'évaluer cet égouttage, le premier par mesure des écarts de teneur en eau sur des prises d'échantillon avant et après transport et le second par application de la méthode d'égouttage développée par le LRPC de Toulouse et traduite en projet de méthode d'essai LPC N° 75 [14]. Les deux méthodes ont été appliquées sur le chantier et ont conduit à des résultats similaires. En valeur moyenne le mélange perd 0,4 % de teneur en eau, soit 6 % de sa teneur en eau totale, entre son chargement et son répandage (mesures sur camions) et l'essai d'égouttage conduit à une valeur nulle. Dans les deux cas, l'égouttage est qualifié de très faible.

Montée en cohésion

Deux méthodes d'essais sont pratiquées au LRPC de Saint-Brieuc pour apprécier la montée en cohésion des enrobés à l'émulsion de bitume : l'essai de maniabilité et l'essai de mesure de couple conformément aux dispositions de la méthode d'essai LPC N°76 [15]. Ils ont

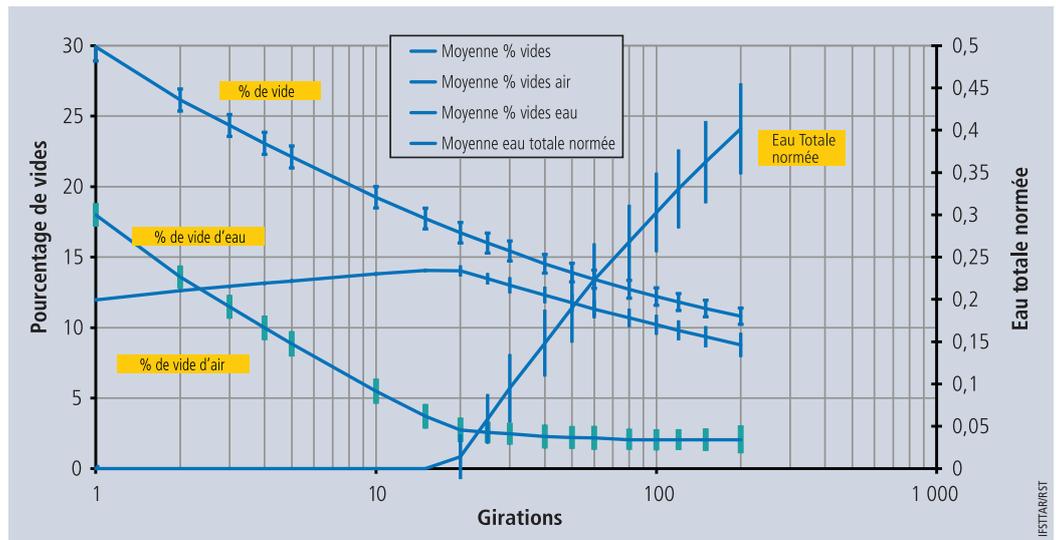


Figure 2
Compactabilité de la GE - Graphes d'évolution des pourcentages de vides
Emulsion treated gravel compactibility - Evolution of void content

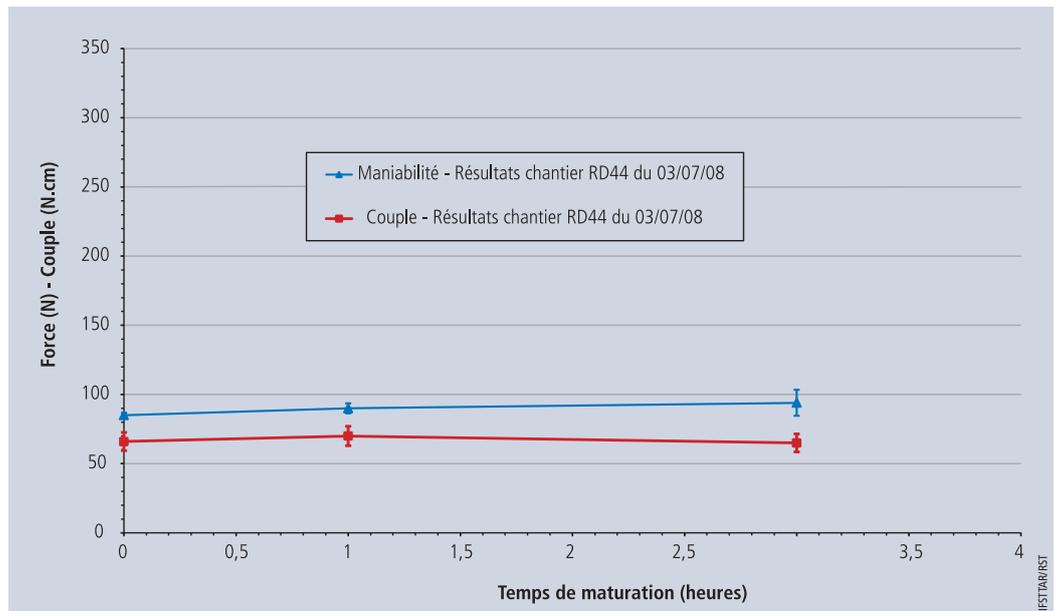


Figure 3
Essais de maniabilité et de mesure de couple sur les prélèvements de GE dans la vis du finisseur
Maniability tests and torque measurement on emulsion treated gravel sampled in the finisher

été réalisés sur le chantier à partir du mélange prélevé dans la vis du finisseur. Sept échantillons ont été prélevés et quartés pour être testés selon les deux méthodes d'essai.

Les résultats moyens obtenus permettent de quantifier la bonne maniabilité du mélange foisonné (figure 3).

Ils seront présentés plus spécifiquement dans un prochain article de la présente série en y associant les résultats obtenus avec les recompositions de laboratoire.

Conclusions

La réalisation du chantier expérimental instrumenté de GE sur la RD 44, dans le cadre de la coopération IFSTTAR/RST-USIRF a permis de mettre en application la méthodologie d'instrumentation développée par le RST. Ses résultats complètent les acquis obtenus lors des deux chantiers précédents de GE structurantes instrumentés par des capteurs internes/externes et faisant l'objet d'un suivi approfondi (RD20 en collaboration avec le conseil général de Haute-Garonne et site du LRPC de Toulouse [2-5]).

La GE mise en œuvre a montré de très faibles variations de composition sur tout le linéaire du chantier et ses performances mesurées *in situ* sont conformes aux spécifications normatives. La section expérimentale mise en place a fait l'objet de suivis dans le temps, tant au niveau du comportement du matériau que de celui de la structure. Ces résultats seront présentés dans le prochain article de la série.

Remerciements

Les auteurs remercient les agents des LRPC de Saint-Brieuc, Toulouse, Autun, Clermont-Ferrand, du Groupe Matériaux pour infrastructures de transport de l'IFSTTAR, le parc départemental de l'Équipement de Rennes pour leurs contributions à cette étude. Ils remercient également l'USIRF pour son soutien financier et le conseil général d'Ille-et-Vilaine pour son implication constante et sa participation aux travaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. Wendling, D. Guedon, V. Gaudefroy, L. Odie, J.C. Fabre, J.M. Balay, A. Millien, C. de la Roche. « Méthodologie de préparation, d'instrumentation et de suivi de chantiers expérimentaux d'enrobé à froid à l'émulsion de bitume », Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), n° 898, octobre 1011, pp 75-81
- [2] L. Wending, D. Guedon, J.C. Fabre, V. Gaudefroy, C. de La Roche, L. Odie, "Methodology to assess *in situ* cold bituminous mix behaviour: example of a French experimental jobsite, Proceedings of the Euraspalt and Eurobitume 4th Congress, Copenhagen, Denmark, p1547-1556, mai 2008
- [3] V. Gaudefroy, L. Wendling, L. Odie, J.C. Fabre, C. de La Roche, "Laboratory characterization of cold mix treated with bitumen emulsion", Proceedings of the Euraspalt and Eurobitume 4th Congress, Copenhagen, Denmark, p1557-1567, mai 2008
- [4] L. Wendling, V. Gaudefroy, Optimir et les chantiers expérimentaux en grave-émulsion, étude 2006, Journées techniques routes du LCPC, Nantes, février 2007
- [5] L. Wendling, V. Gaudefroy, La route durable et les techniques à froid : la RD20 en Haute-Garonne, Séminaire du conseil général 31, des conseils généraux limitrophes, de la DIR Sud-Ouest et de la Communauté urbaine de Toulouse, Toulouse, 26 novembre 2009
- [6] J.-P. Serfass, X. Carbonneau, F. Delfosse, J.-P. Triquignaux, F. Verhée – Mix design method and field performance of emulsion cold mixes – 4th Euraspalt & Eurobitume Congress, Copenhagen, May 2008
- Enrobés à l'émulsion : vers une méthode complète de formulation – Collection bilingue Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA), septembre 2010 à janvier 2011
- [7] Norme, NF EN 12591, Bitumes et liants bitumineux - Spécifications des bitumes routiers, AFNOR décembre 2009
- [8] Norme, NF EN 13808, Bitumes et liants bitumineux - Cadre de spécification pour les émulsions cationiques de liants bitumineux, AFNOR, septembre 2005
- [9] Norme, NF EN 13074-1, Bitumes et liants bitumineux - Récupération du liant d'une émulsion de bitume ou d'un bitume fluidifié ou fluxé - Partie 1 : récupération par évaporation, AFNOR, avril 2011
- [10] Norme, NF EN 13074-2, Bitumes et liants bitumineux - Récupération du liant d'une émulsion de bitume ou d'un bitume fluidifié ou fluxé - Partie 2 : stabilisation après récupération par évaporation, AFNOR avril 2011
- [11] Norme, XP P98-121, Assises de chaussées Grave-émulsion - Définition - Classification-caractéristiques-Fabrication- mise en œuvre, AFNOR février 2005
- [12] Projet de méthode d'essai LPC N° 77 « Réactivité physico-chimique d'un couple émulsion de bitume/granulats-Suivi du pH et dosage des éléments alcalins (Na, Ca, K et Mg) par spectrophotométrie d'absorption atomique à partir d'une solution d'extraction », Editions IFSTTAR, octobre 2011
- [13] Norme, P 18-576, Granulats - Mesure du coefficient de friabilité des sables, AFNOR, décembre 1990
- [14] Projet de méthode d'essai LPC N° 75 « Egouttage d'un enrobé à l'émulsion de bitume », Editions IFSTTAR, sous presse, 2011
- [15] Projet de méthode d'essai LPC N° 76 « Mesure de la montée en cohésion d'un enrobé à l'émulsion de bitume Essai de maniabilité Essai de mesure de couple », Editions IFSTTAR, sous presse, 2011
- [16] V. Gaudefroy, L. Wendling, J. Gaschet, S. Ollier, S. Gallier, *Compactibility of cold bituminous mixes: a new device devoted to emulsion-treated gravel characterisation*, Proceedings du 5^e Congrès mondial des émulsions, Lyon, octobre 2010
- [17] L. Wendling, V. Gaudefroy, J. Gaschet, S. Ollier, S. Gallier, *Laboratory Evaluation of the compactibility of bituminous emulsion mixes: Experimental device and methodology*, Soumis à International Journal of Pavement Engineering, 2011 ■



Behaviour and design of grave-emulsion Public-private cooperation Ille-et-Vilaine department – RD44 experimental site Presentation and instrumentation

After having constructed and monitored two experimental sites of emulsion treated gravels with in built sensors in the frame of an internal research project, the IFSTTAR and the Equipment French scientific and technical network, have undertaken, in collaboration with the "Union Syndicale des industries routières françaises" (USIRF) and the local authorities of the "Ille-et-Vilaine department", the realization of a third experimental site on the Departmental Road 44 (RD 44), near Rennes. This experimentation aims at surveying the material mechanical and physical characteristics evolutions all along the manufacturing and laying processes, as well as during the service life, thanks to the use of in built and adapted instrumentation. This article is the first one of a series of two devoted to this experimental site. It describes the site and materials choices as well as the instrumented section..

This article is the third one among the series devoted to the study undertaken by the IFSTTAR/ RST and USIRF companies group.

AUTEURS

Jacques Bonvallet
Directeur marketing & commercial
Groupe Fayat

Yvon Gerbel
Responsable marketing
Secmair

Françoise Marmier
RGRA

Swift

La réparation durable, économique et ergonomique des nids de poule

Les réseaux routiers des pays modernes sont affectés par des nids de poule de plus en plus nombreux : 2 millions au Royaume-Uni en mars 2011, soit + 59 % d'une année sur l'autre. La décentralisation, le manque de budgets affectés à l'entretien, conjugués aux effets dévastateurs d'hivers rigoureux, aggravent cette situation qui concerne également la France et les pays d'Europe de l'ouest.

Le travail, effectué autrefois manuellement par les cantonniers de nos communes, est aujourd'hui industriel, sécurisé et responsable, grâce à la machine routière Swift. Swift a fait l'objet d'un cahier des charges incluant, dès la conception, l'avis d'utilisateurs, pour faciliter leur tâche tout au long de la chaîne et diminuer le risque de troubles musculo-squelettiques (TMS).

La machine routière Swift est un outil multifonction, dont les objectifs sont de :

- Traiter durablement la pathologie des nids de poule.
- Revaloriser le travail manuel des opérateurs.
- Lutter efficacement contre le risque de TMS.

4. Remplissage de la cavité avec un enrobé à chaud par une goulotte de répartition ;
5. Compactage des enrobés avec une plaque vibrante ou un compacteur léger ;
6. Répandage d'une couche d'étanchéité et de finition à l'émulsion + gravillonnage ;
7. Compactage final.

Traiter durablement les nids de poule

L'idée est de regrouper toutes les fonctions et les matériaux dans une unité mobile de traitement spécialisée (photo 1).

Le traitement localisé avec les émulsions et la grave projetée (*blow patcher*) existe. Cette solution économique n'est en général pas durable, par manque de préparation du support. Pour être durable, surtout sous trafic significatif, sept étapes sont préconisées (schéma 1) :

1. Purge complète de la partie de la chaussée dégradée, avec un marteau hydraulique ou à air comprimé ;
2. Nettoyage du fond de coupe (air, eau) ;
3. Répandage d'une couche d'imprégnation à l'émulsion, avec une rampe télescopique ;

Revaloriser le travail manuel

Les professions du BTP, et régulierement celles de la route, souffrent d'une pénurie de main-d'œuvre.

Toutes les machines (finisseurs et compacteurs inclus) nécessitent une réflexion.

Le Swift valorise un travail bien fait, technique et responsable.

Le camion est confortable, équipé d'une caméra de recul. Le stockage des enrobés à chaud est contrôlé thermiquement (photo 2). Les matériels et les outils les plus modernes (marteaux pneumatiques, compresseurs d'air, appareils variés à inclure dans les coffres latéraux) peuvent être fournis.



Photo 1
Le camion Swift
The Swift lorry

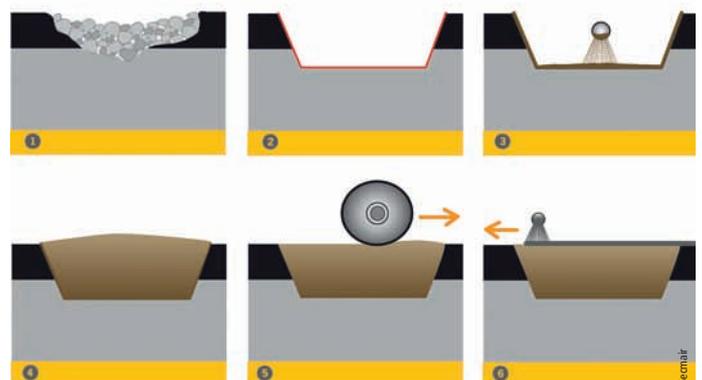


Schéma 1
Les étapes pour un traitement durable des nids de poule
Stages for durable treatment of potholes



Photo 2
Contrôle thermique du stockage des enrobés
Thermal control of asphalt storage

Lutter efficacement contre les TMS

80 % des responsables européens indiquent que les accidents sur les lieux de travail constituent leur principale source de préoccupation [1].

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) les plus répandus sont les affections articulaires qui représentent 74 % des maladies professionnelles. Pour lutter efficacement contre les TMS, il faut notamment éviter les postures contraignantes, limiter les gestes répétitifs, diminuer le poids des charges. Les TMS sont la première pathologie dans le BTP et connaissent une progression régulière de 16 % par an depuis 10 ans.

Swift a fait l'objet d'un cahier des charges incluant dès la conception l'avis d'utilisateurs, pour faciliter leur travail tout au long de la chaîne. Les outils sont facilement préhensibles, positionnés à la hauteur optimale dans des coffres conçus à cet effet (photos 3 et 4).

Les outils les plus lourds, tels la plaque vibrante, sont rapidement déchargés avec un palan. La lance de répandage de l'émulsion est munie d'un dispositif amovible, adaptable à la taille de l'opérateur (photo 5).

La goulotte de décharge des enrobés à chaud est articulée. Il existe une version déportée à double articulation pour une décharge latérale.

Conclusion

La machine routière Swift est un outil multifonction, pensé par des utilisateurs, pour remplir une tâche quelque peu ingrate et traditionnellement peu valorisante. Nos objectifs de fiabiliser la tâche, d'obtenir un résultat durable, à un coût modique, s'avèrent compatibles avec les deux buts exposés : valoriser la fonction et diminuer les TMS et autres accidents du travail. L'aspect économique doit être calculé d'une part, dans la durée, compte tenu de la qualité recherchée et d'autre part, dans le fait qu'il n'y a qu'un seul véhicule et un personnel réduit (idéalement une équipe de deux personnes). Les nids de poule doivent être traités, tant pour des raisons de sécurité que pour arrêter les dégradations.



Swift **Durable, low-cost, ergonomic repair of potholes**

The road networks of modern countries are afflicted with potholes in increasing numbers: 2 million in the United Kingdom in March 2011, that's 59% more potholes from one year to the next. The effects of decentralisation, reduced budget allocations for maintenance, combined with the devastating effects of harsh winters, have compounded this situation which also affects France and other countries of Western Europe. Work formerly carried out manually by the road workers of our communities has now been industrialised with improved safety and responsibility thanks to the Swift road machine. Swift has formed the subject of specifications including, from the initial design phase, the recommendations of users to facilitate their work at every point in the task and reduce the risk of musculoskeletal disorders (MSDs).

La maintenance est facilitée par un accès aisé avec des échelles portées, une plate-forme sécurisée avec rambardes homologuées et un relevage hydraulique des portes du conteneur.



Photos 3 et 4
Des coffres de rangement aisément accessibles
Easily accessible storage elements



Photo 5
Lance amovible de répandage
Removable spray lance

BIBLIOGRAPHIE

[1] Rapport annuel 2009 de l'Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail [EU-Osha].

Matériel, produits et procédés

FRANÇOISE MARMIER



■ UNE NOUVELLE CENTRALE À BÉTON POUR FABEMI

La division Bétons du groupe Fabemi renforce sa capacité de production dans le département des Bouches-du-Rhône (13), en ouvrant, après Aubagne, une 2^e centrale à béton à Vitrolles. Fabemi propose aux acteurs du BTP du département des blocs, des planchers et des bétons prêts à l'emploi, tout en bénéficiant de services très complets.

La zone de livraison de la centrale couvre un rayon de 30 km autour de Vitrolles. Elle est donc capable de fournir en béton tous les chantiers situés entre Martigues, Aix-sud et Marseille-nord. Cette ouverture a créé une vingtaine d'emplois, directs ou indirects.



La centrale à béton de Vitrolles

De toute dernière génération, la centrale s'inscrit dans une démarche haute qualité environnementale (HQE) (confinement des poussières, recyclage de l'eau à 100 % grâce à un bassin de décantation et un bassin d'essorage, procédure stricte de nettoyage des toupies et des pompes, contrôle de sa consommation énergétique, ...). Entièrement couverte, la centrale de Vitrolles dispose de 8 cases à granulats et de possibilités de stockage au sol pour le béton décoratif, de 5 silos à ciment, d'un poste anhydrite indépendant et d'un malaxeur de 3 m³. Elle est capable de produire 80 000 m³ de béton par an.

Chaque centrale Fabemi a des capacités de production annuelle allant de 40 000 à 80 000 m³. La gamme de bétons et mortiers produite est impressionnante, tant par la diversité que par la haute technicité et la qualité de ses bétons prêts à l'emploi : chapes fluides autonivelantes (gamme Fluidéa®), bétons décoratifs, de voiries, techniques, mortiers, ...

■ CEMEX RÉCOMPENSÉ AU CONCOURS NATIONAL BÉTONS AGRICOLES 2011

L'agence Aquitaine de Cemex Bétons sud-ouest a été primée pour l'aménagement des voiries et des accès du château de Pontet-Cantet à Pauillac (33).

Ce prix du Syndicat national du béton prêt à l'emploi (SNBPE), attribué dans la catégorie valorisa-

tion patrimoniale, a été décerné au cours du Salon national de l'élevage à Clermont-Ferrand.



Mené en partenariat avec Colas, l'aménagement des voiries et des accès du château de Pontet-Cantet a mobilisé l'unité de production Cemex d'Avensan. 250 m³ de bétons désactivés ont été mis en œuvre pour créer des allées utilisées par les visiteurs du domaine. Objectif : intégrer au mieux la réalisation à son environnement architectural ainsi qu'au paysage, et mettre en avant l'aspect minéral des granulats d'origine naturelle.

Le choix s'est porté sur un béton désactivé esthétique composé d'un ciment de teinte claire et de granulats sélectionnés proches des graviers des allées existantes, se rapprochant au mieux de la teinte des bâtiments en pierre calcaire.

■ TROIS ACQUISITIONS POUR ALKERN

Sous l'impulsion de Fondations Capital, Alkern (anciennement Tarmac Matériaux de Construction) poursuit sa stratégie de croissance externe en France avec trois acquisitions supplémentaires entre juillet et septembre 2011. Ces opérations contribuent à renforcer le maillage industriel d'Alkern en région lyonnaise avec le rachat de la société Quiblier et lui permettent de s'implanter dans le sud-est avec le rachat de Béton 06 et dans l'ouest avec le rachat d'un site cédé par Rector. Quiblier renforce la capacité de production existante dans la région lyonnaise de 100 000 tonnes de blocs béton et hourdis par an.

Avec Béton 06, Alkern s'implante en Provence-Alpes-Côte d'Azur et bénéficie du dynamisme économique et démographique de cette région. Elle emploie environ trente personnes et a une capacité de production de 80 000 tonnes par an de blocs bétons, blocs de pierre ponce, bordures, dalles et margelles de piscine.

Le site de Couëron, dans la région nantaise et racheté à Rector, étend la présence d'Alkern dans l'ouest de la France. Il peut produire 120 000 tonnes de blocs bétons et de hourdis par an.

■ BAROMÈTRE CONJONCTUREL DU DLR

Le baromètre conjoncturel de la Fédération nationale des distributeurs, loueurs et réparateurs de matériels de BTP et de manutention (DLR) présente des résultats plutôt positifs pour le 3^e trimestre.

L'activité s'est bien comportée dans l'ensemble de la profession. Les loueurs ont enregistré une hausse de 9 % de leur chiffre d'affaires. Chez les distributeurs, l'activité a décéléré, mais est restée soutenue (+ 15 %). Quant aux professionnels de la manutention, ils affichent une progression de 18 %. En conséquence, les chefs

d'entreprises sont raisonnablement optimistes et anticipent généralement une activité en hausse au 4^e trimestre.

Une situation paradoxale

Cette situation peut sembler paradoxale dans la mesure où l'environnement économique et financier s'est fortement dégradé depuis l'été. La croissance française est au point mort, avec une consommation atone et une activité industrielle en voie d'affaiblissement. La crise des dettes souveraines en Europe a commencé à se transmettre à l'économie réelle via l'austérité budgétaire. En outre, la chute des marchés boursiers et obligataires, couplée à la mise en place de nouvelles normes de solvabilité et de liquidité (« Bâle III »), conduit les banques françaises et européennes à restreindre leur bilan, c'est-à-dire leur offre de crédit. Les problèmes de financement bancaire de leurs clients sont d'ailleurs, à juste titre, au centre des préoccupations des membres du DLR.

Par ailleurs, l'activité dans le BTP est pour l'heure encore dynamique. Mais, le secteur est fortement en surcapacité et les prix ne sont pas prêts de remonter. En outre, les anticipations des industriels du BTP sur leur activité sont redevenues défavorables. L'austérité budgétaire va se traduire dès 2012 par une baisse de la commande publique et par un retrait de dispositifs fiscaux qui soutenaient le secteur. Les loueurs et distributeurs de matériel de BTP et de chariots devraient donc finir correctement l'année 2011. « Mais il nous semble que 2012 s'annonce plus difficile ».

■ ACQUISITIONS POUR KILOUTOU

Novembre a été le mois des acquisitions pour le groupe Kiloutou.

Première en date, celle de BM Location, activité de location de matériel du groupe Monnoyeur. Numéro 3 de la location de matériel en France, BM Location est un acteur de la location de matériel de terrassement et de compactage en France. La société emploie à ce jour 600 salariés répartis dans un réseau de 85 agences.

Cette opération va renforcer la présence de Kiloutou auprès de ses clients TP, en offrant une large gamme de matériels et services : terrassement, manutention, élévation, et tous types d'outillage.

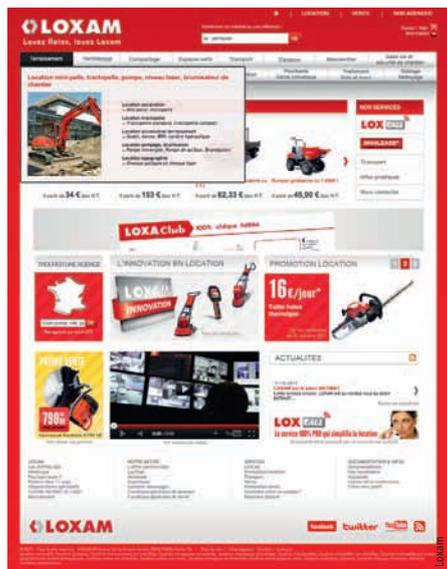
Simultanément à cette opération, le groupe Monnoyeur entre au capital du groupe Kiloutou.

Kiloutou a également annoncé le rachat de Top'Loc, rapprochant leurs activités sur la région lyonnaise. Top'Loc est le leader de la location de matériel sur cette zone. La société exerce ses activités au travers de Top'Loc Lyon, loueur généraliste de matériels, Top'Loc Réception, orientée dans la location de matériels pour l'organisation d'événements, et Top'Loc Sanit', spécialisée dans la location de sanitaires mobiles. Elle emploie près de 120 salariés et possède 18 agences.

Les deux réseaux garderont, dans un premier temps, leur autonomie opérationnelle, tout en mettant en place des coopérations améliorant leurs services. Philippe Thirion, fondateur et dirigeant de Top'Loc, en conserve la direction. L'opération sera effective en janvier 2012.

■ LOXAM RETISSE SA TOILE
SUR WWW.LOXAM.FR

Le nouveau site Internet de Loxam est conçu par et pour les professionnels. Cet outil ambitieux témoigne de la volonté du leader européen de la location de matériel de proposer à ses clients l'offre la plus claire et la plus documentée possible. Un seul clic suffit désormais pour consulter la présentation de la gamme de produits, deux pour trouver le matériel recherché.



Loxam privilégie l'efficacité. Fruit d'un véritable travail de fond, le groupe articule son site autour des trois piliers qui président à cette nouvelle interface : accompagner, informer et conseiller.



Aménagement urbain

■ HESS BY THORN
Luminaire LED Livorno

Avec Livorno, Hess, dont Thorn commercialise les produits, souligne son exigence en matière de conception d'éclairage urbain. Le boîtier du luminaire extra-plat en aluminium et verre évoque un élégant écran-plat design. Avec Livorno, le designer Sven von Boetticher a réussi à donner une architecture adéquate à la technologie LED du futur, tout en respectant les formes classiques de l'éclairage urbain. Grâce à son esthétique épurée, le nouveau modèle s'intègre harmonieusement à tous les environnements architecturaux, qu'il s'agisse de quartiers modernes ou de lieux historiques. Dans ce luminaire, le design et la fonctionnalité sont étroitement mêlés. La partie supérieure du boîtier, en fonte d'aluminium, fait



office de corps de refroidissement et permet d'exploiter au mieux la puissance et la durée de vie des LED, sensibles à la chaleur. L'élément de base inférieur est constitué par un champ vitré homogène qui, avec sa surface en partie transparente et en partie opaque, exprime une finition de qualité. Tandis que la partie en verre transparent sert à la diffusion de la lumière LED, les autres composants techniques sont parfaitement dissimulés par les zones imprimées.

L'intérieur du luminaire est constitué de modules LED, brevetés par Hess, qui facilitent leur remplacement. Dans le cas des modules Levo retenus pour Livorno, les LED se trouvent sur une platine interchangeable. Une lentille multiple grande surface concentre le faisceau lumineux et facilite une évacuation rapide et homogène de la chaleur.

Grâce à l'utilisation de deux, quatre ou six modules LEV, le Livorno L, qui peut atteindre jusqu'à 8 m de haut correspond aux classes supérieures d'éclairage.

Le petit frère Livorno S, avec 4 m de hauteur d'éclairage et un boîtier aux proportions adaptées, est équipé d'un ou de deux modules Levo ou d'ampoules traditionnelles en rapport avec le réflecteur compact de Hess. Il est destiné à éclairer les zones piétonnes, résidentielles et les installations de plein air. Hess propose Livorno en lampadaire ou en console avec différentes variantes de consoles.

■ TMC INNOVATION
Les Sorinières équipe ses mâts d'éclairage pour la nuit

Située au sud de l'agglomération nantaise, en Loire-Atlantique, Les Sorinières est la première commune de France à tenter l'expérience : installer des collerettes lumineuses sur ses mâts d'éclairage existants pour remplacer l'éclairage classique entre 23 h et 5 h du matin par un balisage. Une première phase de test est en cours : 13 collerettes lumineuses d'Uniklic ont été installées sur l'un des côtés de la rue Georges Clémenceau.

Cette initiative a un double objectif : adapter l'éclairage public en fonction des horaires et de l'utilisation des rues, et réaliser des économies d'énergie. En ce sens, cette démarche s'inscrit totalement dans la politique de développement durable de la commune incarnée dans l'Agenda 21, puisque utiliser le balisage à la place de l'éclairage par les candélabres classiques réduit de 90 à 95 % la consommation d'énergie pendant les heures de balisage.

Un produit innovant au service d'une démarche écologique

Pour s'équiper, la commune a fait appel à l'entreprise TMC innovation, installée aux Sorinières. Cette société de 15 salariés a développé Uniklic® pendant deux ans avant de le breveter. « Pourquoi éclairer toute la nuit ? Uniklic est une collerette lumineuse de 3W qui se fixe sur des mâts d'éclairage. Grâce à cette innovation majeure, simplement et à faible coût, une ville peut adopter une démarche écologique et économique en éteignant une partie de ses lanternes à certaines heures de la nuit, tout en maintenant un balisage sécurisant », explique Grégory Flipo, dirigeant de TMC Innovation. L'entreprise a d'ailleurs été finaliste du Prix de l'innovation du Salon des maires et des collectivités locales (SMCL) 2011.



La collerette lumineuse Uniklic expérimentée aux Sorinières

Le fonctionnement

La collerette lumineuse est raccordée au réseau d'éclairage public. Grâce à un module électronique, la lanterne est éteinte automatiquement entre 23 h et 5 h du matin, moments où la circulation est la moins importante, et seule la collerette Uniklic reste en fonctionnement. Le balisage assuré par la collerette est suffisant pour le déplacement des piétons. Pour la première phase de test, la rue Georges Clémenceau est concernée sur un côté. La mise en fonctionnement, réalisée par l'entreprise Mainguy chargée par Nantes Métropole d'installer ce dispositif innovant, s'est effectuée sur plusieurs jours, temps nécessaire au réglage d'extinction des candélabres. Si cette première phase est concluante, les collerettes lumineuses pourraient être installées le long des cheminements piétonniers.

Depuis, une autre expérimentation est en cours à Trélazé (Maine-et-Loire), et Nantes Métropole (Loire-Atlantique) vient de passer commande.

■ HELLA
Eco StreetLine, nouvelle gamme d'éclairages extérieurs

Hella présente une gamme de luminaires dédiée à l'éclairage extérieur : Eco StreetLine, idéale pour illuminer les espaces urbains, les centres-villes, les parkings ou les routes. Elle est composée de quatre modèles de lampadaires et de modules LED. Elle offre des solutions de haute qualité, que ce soit en matière de techniques d'éclairage, de design, d'efficacité énergétique ou de longévité.



De gauche à droite, les modèles Square, Park et Case

La gamme Eco StreetLine est une solution avec électronique intégrée qui se distingue par sa structure totalement modulaire. Les lampadaires mettent en lumière les villes grâce au choix d'un éclairage de couleur dynamique ou naturelle (blanc froid à 5 300K ou un blanc neutre à 4 300K). Le flux lumineux est quant à lui totalement modulable. En effet, la bonne répartition lumineuse résulte du type d'optique employée et de l'orientation des lentilles. Enfin, le principal avantage de la technologie LED est sa durée de vie plus longue pouvant atteindre 50 000 heures, ce qui autorise de grands intervalles de maintenance

Matériel, produits et procédés

■ NOVÉA ENERGIES

Linéo, lampadaire autonome en énergie

Spécialiste dans la conception et la fabrication de systèmes d'éclairage autonome en énergie, Novéa Energies présente sa nouvelle gamme de lampadaires autonomes.

De conception et de fabrication française, Linéo a été dessiné par le cabinet de design Diedre Design®. Il a déjà été primé 2 fois : label de l'Observateur du Design 2012 et finaliste du Trophée de l'innovation au Salon des maires et des collectivités locales (SMCL) 2011.

La nouvelle lanterne à LED Linéo, qui équipe le lampadaire, utilise des LED de haute performance, offrant un éclairage très efficace et une longue durée de vie.

Principales caractéristiques

- Lanterne en fonte d'aluminium,
- IP66-IK08,
- Efficacité LED : 130 lm/W (à la source), 80 lm/W (global).
- 10 LED (Linéo 2) ou 20 LED (Linéo 4),
- Durée de vie des LED : 70 000 heures,
- Les mâts sont certifiés EN40, zone de vent classe 5,
- Fonctionnement par détection de présence et/ou horloge,
- Durée de vie minimum des batteries : 5 à 6 ans (recyclées),
- Autonomie de fonctionnement : 7 à 14 jours sans soleil (selon produit et durée d'éclairage).



Simple à installer, Linéo évite les travaux de tranchée, de câblage, de raccordement au réseau, ... Un simple ancrage au sol suffit. Les batteries précâblées sont intégrées dans le mât

Le système de détection de présence intégré procure une lumière juste, raisonnable et sécurisante. Cela limite la décharge des batteries et apporte le confort nécessaire à tout moment de la nuit, tout en diminuant la pollution lumineuse.

Les sources lumineuses à LED, adaptées aux variations de puissances instantanées, seront également moins sollicitées.

La gamme Linéo est dédiée aux projets de cheminement piétons, parkings, pistes cyclables, résidentiels, éco-quartiers, arrêts voyageurs, ...

■ LE MOBILIER URBAIN

REVU PAR LA PIERRE DE FRANCE

Thomas de Lussac, designer pour la société La Pierre de France crée en avant-première une collection de mobilier urbain et *outdoor* au design avant-gardiste. L'innovation et la haute technologie sont au centre de cette collection : usage de machine 5 axes, robots, tours numériques, ...

La Pierre de France, société créée par René Camart en 2010, a pour objectif de révéler la filière pierre en France, en regroupant des carrières centenaires et une longue tradition de savoir-faire. Ce projet visionnaire, qui a attiré des investisseurs dont la Caisse des dépôts, a pour ambition d'inscrire la pierre française dans l'univers du luxe.

Banc Stone & Steel

Avec le banc *Stone & Steel*, Thomas de Lussac a créé l'alliance entre la pierre de Bourgogne et l'inox brossé.

Les blocs en pierre de Magny sont sélectionnés pour leur qualité puis perforés avec une machine numérique afin d'accueillir les tubes en inox ou en acier laqué-couleur. Les lignes droites métalliques associées aux monolithes de pierre donnent un contraste géométrique surprenant, mélange de légèreté et de force, pour un résultat très contemporain.

Banc Atlantic

Thomas de Lussac s'est inspiré des paquebots transatlantiques et de leur coque profilée. Le banc Atlantic est taillé dans la masse d'une pierre de Magny, sélectionnée dans les carrières de Bourgogne pour sa finesse et sa résistance.



Le banc Atlantic, inspiré des paquebots transatlantiques

Fruit de l'innovation et de la tradition, il est entièrement sculpté à l'aide d'un robot 5 axes programmé numériquement et respectant au millimètre les fichiers 3D du designer.

Le banc Atlantic deviendra la pierre angulaire des jardins publics et privés.

■ FABEMI

Solutions pour l'aménagement urbain

Nouvel exposant au Salon des maires et des collectivités locales (SMCL) 2011, le groupe Fabemi présentait l'ensemble de ses solutions pour l'aménagement d'espaces urbains, en construction comme en rénovation : dalles, pavés, bordures, et de nombreux produits qui associent esthétique, sécurité et sens pratique pour améliorer la voirie et la qualité de vie.



Pavés vieillis Médiéval sur la place de la Mairie de Donzère (26)

• La gamme Caladia comprend des dalles, des pavés, des bordures de trottoirs, des îlots directionnels, des caniveaux, ... autant d'éléments qui conjuguent polyvalence, résistance et sécurité. Quantitative, Caladia est également qualitative : elle allie le charme de la pierre (reconstituée et patinée) et les contraintes liées aux zones urbaines telles que la facilité de mise en œuvre et d'entretien, la sécurité et la durabilité.

• Un grand choix de pavés circulables, classés T5, aux formes et coloris variés pour mieux s'intégrer et révéler le caractère d'une place, d'un square, d'une allée, ... Parmi ce choix, on peut noter la présence de pavés à végétaliser, dont une nouveauté 2012 !

• Une gamme de bordures lavées, discrètes et élégantes, sur laquelle vient s'appuyer l'esthétique des voies de circulation.

■ CHRYSO

Bétons esthétiques

Grâce à une large gamme de bétons décoratifs, Chryso propose des solutions adaptées aux aménagements urbains tels que les bétons désactivés et les produits d'embellissement, afin de garantir la qualité, la protection et la durabilité du béton.

Chryso®Deco Brush

Chryso® Deco Brush est la première émulsion désactivante qui s'élimine par brosse à sec, ne nécessitant pas l'utilisation d'eau et supprimant les rejets dans l'environnement, les résidus secs étant, en effet, aspirés. Une solution qui répond aux besoins des chantiers HQE (haute qualité environnementale).

Chryso Deco Brush a été utilisé avec succès au printemps 2011 pour la réalisation des allées

piétonnes de 650 m de long situées en zone forestière du Technopôle du Madrillet à Saint-Etienne-du-Rouvray (76). Le maître d'ouvrage de ce projet, la Communauté d'agglomération Rouen-Elbeuf-Austreberthe (CREA), était à la recherche d'une solution évitant d'utiliser de l'eau pour laver le désactivant des sols en béton décoratif.

L'offre de colorants Chryso Color recrée les teintes des bétons dans la masse. Ce savoir-faire permet d'imiter les couleurs et textures des pierres locales, un critère déterminant pour la construction de bâtiments publics. Complément de la gamme de désactivants Chryso Deco, Chryso FiniSol Brut offre une finition parfaite aux bétons désactivés et garantit sa durabilité. Chryso FiniSol Brut confère un effet naturel au béton et améliore sa protection.



Allée piétonne à Saint-Etienne-du-Rouvray

■ VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Du nouveau dans les bornes de recharge

La présence, en nombre, de bornes de recharge rapide est l'une des clés du développement du véhicule électrique. Dans cette optique, l'industriel bordelais Lafon et la start-up Evtronic associent leurs compétences pour lancer Pulse 50, la première borne de recharge ultra-rapide destinée à être mise en place dans les stations-service.

Véritable appareil distributeur de « carburant électrique », cette borne recharge un véhicule électrique en 20 min, et offre déjà 20 km d'autonomie pour 5 min de charge.

Equipée de deux lances et supportant de nombreux modes de charge, elle est certifiée compatible avec les véhicules électriques des plus grands constructeurs. La Pulse 50 est destinée à s'intégrer dans les systèmes d'information et les systèmes de paiement des commerçants comme un automate de vente, et supporte de nombreux modes d'identification et de paiement (cartes de fidélité à code barre, badges sans contact, cartes bancaires, etc.).

Enfin, Pulse 50 est prête pour une intégration dans les futurs réseaux de distribution électriques intelligents, les « *smarts grids* » : en rendant possible une communication efficace entre les équipements et acteurs, ils optimiseront la production et la distribution et accorderont l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité.



Normalisation et réglementation

■ RÉGLEMENTATION SUR LES RÉSEAUX

La France ne dispose pas aujourd'hui d'une vision précise de l'emplacement des 4 millions de km de réseaux d'eau, de gaz, d'électricité,

de déchets et de télécommunications qui la traversent. Cette méconnaissance cause plus de 100 000 incidents par an. Si la majorité d'entre eux sont sans grande gravité (arrêts de chantiers, discontinuité des services publics, perturbation de la circulation), ils peuvent néanmoins entraîner des dégâts matériels lourds, voire des accidents de personnes, ou encore des atteintes à l'environnement.

Pour y remédier, Nathalie Kosciusko-Morizet lance un plan d'action anti-endommagement des réseaux. Réalisé en concertation avec tous les acteurs, il prévoit notamment la constitution d'une base de données informatique recensant l'ensemble des réseaux implantés en France. A partir d'avril 2012, ce service, accessible gratuitement depuis Internet, fournira à tous les maîtres d'ouvrage et entreprises qui envisagent de réaliser des travaux une information complète sur la localisation de réseaux situés à proximité : www.reseaux-et-canalisation.gouv.fr

Décret relatif à l'exécution de travaux à proximité des réseaux

Le décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution a été publié le 11 octobre au Journal officiel. Il a pour objet l'encadrement de la préparation et de l'exécution des travaux effectués à proximité de réseaux.

Il concerne les maîtres d'ouvrage et exécutants de travaux à proximité des réseaux aériens, enterrés ou subaquatiques de toutes catégories (notamment les réseaux électriques, de gaz, de communications électroniques, d'eau potable, d'assainissement, de matières dangereuses, de chaleur, ferroviaires ou guidés) ; les exploitants de ces réseaux ; les prestataires auxquels les maîtres d'ouvrage et exécutants de travaux ont recours pour le remplissage et l'envoi des déclarations obligatoires préalables aux travaux.

Calendrier des entrées en vigueur

Le décret entrera en vigueur le 1er juillet 2012.

Toutefois :

- A compter du 1^{er} avril 2012, les maîtres d'ouvrage et exécutants de travaux qui consultent le guichet unique prévu par l'article L. 554-2 du Code de l'environnement sont dispensés de consulter en mairie les listes d'exploitants dont les réseaux sont implantés dans la commune du lieu des travaux.
- Jusqu'au 31 décembre 2012, les sanctions administratives prévues par le décret ne sont pas applicables.
- Jusqu'au 30 juin 2013, l'obligation de transmission et de mise à jour des plans de zonage des réseaux par leurs exploitants aux mairies est maintenue.

Ce décret, qui abroge et remplace le décret no 91-1147 du 14 octobre 1991, vise à réduire les dommages causés aux réseaux lors de travaux effectués dans leur voisinage et à prévenir leurs conséquences néfastes pour la sécurité des personnes et des biens, la protection de l'environnement et la continuité des services aux usagers de ces réseaux.

Il fixe les règles de déclaration préalable aux travaux, applicables au maître d'ouvrage (déclaration de projet de travaux) et à l'exécutant des

travaux (déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT)). Il définit les règles de préparation des projets de travaux, pour fournir aux exécutants de travaux des informations précises sur la localisation des réseaux et sur les précautions à prendre en cas de travaux dans leur voisinage immédiat.

Il impose aux exploitants de réseaux d'apporter des réponses circonstanciées aux déclarations préalables, de mettre en œuvre une cartographie précise de tous les réseaux neufs et d'améliorer progressivement celle des réseaux existants, et d'anticiper les situations accidentelles sur les chantiers de travaux.

Il encadre les techniques de travaux appliquées à proximité immédiate des réseaux et prévoit une obligation d'autorisation d'intervention à proximité des réseaux pour certains intervenants en amont des travaux et au cours de leur exécution. Il définit les modalités d'arrêt des travaux en cas de danger et encadre certaines clauses des marchés entre maître d'ouvrage et exécutant des travaux. Enfin, il fixe les sanctions applicables en cas d'infraction aux dispositions qu'il prévoit. Le Code de l'environnement, modifié par ce décret, peut être consulté, dans sa version issue de cette modification, sur le site www.legifrance.gouv.fr.

■ PARUTION DE DEUX DÉCRETS RELATIFS AUX PANNEAUX DE SIGNALISATION ROUTIÈRE PERMANENTE (NF P 98-501)

Quelques explications de l'Association pour la certification et la qualification des équipements de la route (ASCQUER) sur les trois textes publiés au Journal officiel du 11 octobre 2011.

- L'arrêté du 29 septembre 2011 confirme que les panneaux fixes, les revêtements rétro-réfléchissants, les panneaux éclairés de l'intérieur et de l'extérieur ainsi que leurs supports doivent être marqués CE avant le 31 décembre 2012.
- L'arrêté du 30 septembre 2011, dit arrêté RNER (réglementation nationale des équipements de la route), indique les performances minimales et les règles de mise en service de ces panneaux exigibles sur les voies du domaine public routier français.
- L'avis du 29 septembre 2011 donne le système d'attestation de conformité applicable à ces produits ainsi que les coordonnées de l'organisme français notifié par l'Etat français pour délivrer le marquage CE, en l'occurrence, l'ASCQUER.

■ ARRÊTÉ SUR LES MÉLANGES BITUMINEUX

Un avis relatif à l'arrêté du 1^{er} septembre 2011 portant application à certains mélanges bitumineux pour la construction de routes a été publié au Journal officiel le 15 septembre dernier.

Pour les produits visés à l'article 1^{er} de l'arrêté du 1^{er} septembre 2011 portant application à certains mélanges bitumineux pour la construction de routes du décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 modifié, relatif à l'aptitude à l'usage des produits de construction, sont indiqués dans un tableau :

- le système d'attestation de la conformité applicable à chaque produit ;
- les coordonnées des organismes désignés par les autorités françaises pour effectuer les tâches d'attestation de conformité (les coordonnées des organismes désignés européens sont disponibles sur <http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando>).

Il est rappelé que l'arrêté du 1^{er} septembre 2011 précise les dates à compter desquelles les produits qui ne satisfont pas aux dispositions du décret précité ne peuvent plus être mis sur le marché.

Le domaine d'application détaillé de chaque norme harmonisée est librement consultable avec le résumé de la norme sur le site Internet de l'Afnor : www.afnor.org/

■ RECYCLAGE EN TECHNIQUE ROUTIÈRE DES MÂCHEFERS D'INCINÉRATION DE DÉCHETS NON DANGEREUX

Un arrêté a été publié le 30 novembre 2011 au Journal officiel relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux. Chaque année, 3 millions de tonnes de mâchefers sont produites. Certains sont valorisables dans les travaux publics, d'autres doivent être stockés en décharge. Cet arrêté remplace la circulaire du 9 mai 1994, relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains et définit les règles de valorisation des mâchefers en techniques routières. Son entrée en vigueur est fixée au 1^{er} juillet 2012. Le texte est consultable sur www.legifrance.gouv.fr



Equipement et sécurité

■ DISPOSITIFS DE RETENUE TEMPORAIRES DELTA BLOC SUR L'A36

En raison du volume important du trafic, et dans la continuité de la première phase d'élargissement terminée en 2009, APRR a décidé de porter l'autoroute A36, dans la zone entre les échangeurs Montbéliard centre et Voujeaucourt, de 2 x 2 voies à 2 x 3 voies. Delta Bloc France a été chargée de la fourniture et de la mise en œuvre de l'ensemble des dispositifs de retenue temporaires nécessaires à la réalisation du chantier. Dans les deux sens de circulation, ce sont donc plus de 13 000 m de séparateurs qui seront livrés et installés.



DB 655 sur l'A36, près de Montbéliard

Delta Bloc France en quelques lignes

Depuis sa création fin 2009, Delta Bloc France a réalisé différents projets dans 3 secteurs d'activités : dispositifs de retenue temporaires et permanents, et écrans acoustiques combinés à des dispositifs de retenue.

Quelques exemples de réalisation :

- Protection de chantier sur plus de 4,5 km sur l'A63 pour ASF, aux environs de Biarritz, jusque début 2012. Dispositif utilisé : DB 65S / 6m.
- Dispositifs de retenue permanents en terre-plein central (TPC) sur l'A4 pour Sanef, à hauteur des gares de péage de Loupershouse et Schwindratzheim. Dispositif utilisé : DB 80 / 6m.
- Ecrans acoustiques temporaires pendant la construction d'un parking souterrain pour la SAEMES, Ville de Paris, rue Cardinet à Paris (XVII^e). Dispositif utilisé : DB 80 LSW-R / 6m

Le choix s'est porté sur le dispositif DB 65S, testé pour un niveau de retenue H1, selon la norme NF EN1317 (soit BT4 selon la norme XP P 98-453), qui peut être implanté de façon particulièrement rapide.

En avril 2011, sur la voie sud en direction de Mulhouse, plus de 4 400 m de séparateurs ont été mis en place en seulement deux nuits. Cela comprend la livraison, le déchargement et l'installation des éléments DB 65S ainsi que les aménagements d'extrémités et les éléments de raccordement vers les atténuateurs de choc.

La mise à disposition des dispositifs est prévue durant l'ensemble des travaux d'élargissement, soit jusque fin 2012.

Les travaux ont été réalisés pour le compte du groupement Eiffage Travaux Publics, dans le cadre des travaux dirigés par APRR. La maîtrise d'œuvre du chantier est assurée par le bureau d'ingénierie Setec.

Caractéristiques techniques

Le dispositif en béton préfabriqué DB 65S est un séparateur modulaire de voies (SMV), qui se caractérise par son encombrement réduit (largeur en pied 39 cm, hauteur 65 cm, longueur 6 m) et son faible poids (1 670 kg par élément). Ces caractéristiques, non seulement libèrent plus de place sur les chaussées jouxtant les travaux, mais également permettent de transporter jusqu'à 90 ml de séparateurs par camion, soit approximativement deux fois plus que les SMV traditionnels en béton, réduisant de la sorte les coûts de transport ainsi que les nuisances afférentes.

En outre, le DB 65S est le premier SMV béton en France à être certifié selon les niveaux de retenue temporaires définis dans les normes européennes NF EN1317. En effet, la norme XP P 98-453 (définissant les niveaux BT1, BT2, BT3 et BT4) sera abrogée d'ici peu pour faire place aux niveaux temporaires T1, T2 et T3 des normes NF EN1317.

Ce guide renseigne sur les productions des fournisseurs de matériels, équipement ou service.

Si vous désirez être répertoriés dans ces rubriques adressez-vous à :

REVUE GÉNÉRALE DES ROUTES

132 rue de Rivoli 75001 Paris
Emmanuelle Hammaoui - RGRA Publicité
Tél. : 01 40 73 80 07 / Fax : 01 49 52 01 80
ehammaoui@editions-rgra.com
www.editions-rgra.com

GUIDE DE L'ACHETEUR

Matériel de terrassement et de traitement de sol

Chargeuses

Bobcat
N° indigo : 0825 08 43 81.

Pelles sur pneus

Pelles compactes

Bobcat
N° indigo : 0825 08 43 81.



2 Avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 93 26 60
e-mail : france@bomag.com

Machines traitement de sols



RABAUD - Bellevue - 85110 Sainte Cecile
Tél. : 02 51 48 51 51 - Fax : 02 51 40 22 96
Mail : info@rabaud.com
Site : www.rabaud.com

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Épandeurs

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Matériel de construction et d'entretien des routes en produits hydrocarbonés



ROAD MAINTENANCE EQUIPMENT
BREINING Machines pour les procédés de construction rénovation routières (coulés, ECF, techniques des joints, petites épanduses).
www.breining.fayat.com
RINCHEVAL Matériel de construction et d'entretien des routes : épanduses, gravillonneurs, bi-répandeurs, pétrins à asphalte. Usines de fabrication d'émulsion et bitumes modifiés. Stockage.
www.rincheval.fayat.com
SECMAIR Matériel d'entretien des routes : gravillonneurs, répandeurs multi-fonctions, bi-répandeurs portés et sur semi-remorques.
www.secmair.fayat.com
FAYAT - 137, rue du Palais-Gallien
BP 90028 - 33029 Bordeaux cedex - France
Tél. : 05 56 00 21 00 - Fax : 05 56 51 60 47
www.fayat.com - e-mail : info@fayat.com



MIXING PLANTS
ERMONT Centrales d'enrobage à chaud continues et discontinues.
www.ermont.fayat.com
SAE Centrales d'enrobés à froid et grave émulsion. Centrales de grave ciment.
www.sae.fayat.com
FAYAT - 137, rue du Palais-Gallien
BP 90028 - 33029 Bordeaux cedex - France
Tél. : 05 56 00 21 00 - Fax : 05 56 51 60 47
www.fayat.com - e-mail : info@fayat.com

Ermont

Rue Jean-Pierre Timbaud, 42420 Lorette.
Tél. 04 77 73 52 65 - Fax 04 77 73 48 85.
E-mail : info@ermont.fayat.com
Web : www.ermont.fayat.com

Rincheval

ZI d'Andilly,
95233 Soisy-sous-Montmorency Cedex.
Tél. 01 34 28 40 00
Fax 01 34 17 23 24.
E-mail : info@rincheval.fayat.com
Web : www.rincheval.fayat.com

Centrales d'enrobage à froid

SAE
Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon.
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46.

Citernes de stockage et de chauffage

SECMAIR
Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien.
Tél. 02 43 98 27 76. Fax 02 43 98 86 49.
Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Épanduses

ACMAR
Tél. 02 43 06 14 28
Fax 02 43 06 00 00.
acmar.craon@wanadoo.fr

SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien.
Tél. 02 43 98 27 76. Fax 02 43 98 86 49.
Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Finisseurs



CORINSA Compacteur à pneus
VERMEER Matériel pour pose de réseaux
POWER CURBER Machine à coffrages glissants
COGEPREC 16 rue Angiboust
91460 Marcoussis
Tél. : 01 69 93 28 28 - Fax : 01 60 11 11 21
info@cojeprec.com - www.cojeprec.com

SECMAIR

Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien.
Tél. 02 43 98 27 76 Fax 02 43 98 86 49.
Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Fraiseuses

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Birépandeurs liant/gravillon

ACMAR
Tél. 02 43 06 14 28 - Fax 02 43 06 00 00.
acmar.craon@wanadoo.fr
SECMAIR
Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76.
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Niveleuses

Gravillonneurs

Machines traitement de sols

Wirtgen France SAS
7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Matériel de préparation et de mise en œuvre d'enrobés coulés à froid

SECMAIR
Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Point-à-temps

ACMAR
Z.I., 53400 Craon. Tél. 02 43 06 14 28
Fax 02 43 06 00 00. Acmar.craon@wanadoo.fr
SECMAIR
Z.A., 53230 Cosse-Le Vivien. Tél. 02 43 98 27 76
Fax 02 43 98 86 49. Site web : www.secmair.com.
Email : info@secmair.com

Rouleaux et compacteur



2 Avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 93 26 60
e-mail : france@bomag.com

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Matériel de recyclage

SAE
Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon.
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46.

Wirtgen France SAS

7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr



2 Avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 93 26 60
e-mail : france@bomag.com

Usines de fabrication d'émulsion et de liants chauds

Emulbitume
4, rue Copernic, 22950 Tregueux.
Tél. 02 96 61 04 04 - Fax 02 96 33 16 26.
E-mail : www.emulbitume.com

Matériel de construction des routes en béton de ciment et aux liants hydrauliques

SAE
Z.I. Saint-Benoît-la-Forêt, 37500 Chinon.
Tél. 02 47 58 00 31 - Fax 02 47 58 01 46.

Bétonnières et centrales à béton Coffrages

Wirtgen France SAS
7, rue Marc Seguin, BP 31633, 95696 Goussainville.
Tél. 01 30 18 95 95 - Fax 01 30 18 15 49
E-mail : courrier@wirtgen.fr
Site internet : www.wirtgen.fr

Pelles hydrauliques

Volvo Construction Equipment Europe
37, avenue Georges Politzer, 78192 Trappes.
Tél. 01 30 69 28 28 - Fax 01 34 82 96 92.

Appareils de mesure et de contrôle

Systèmes de guidage de machines et systèmes d'auscultation automatique
Matériel pour géomètres (matériels de topographie, guidage, niveaux, lasers)

Contrôle géotechnique de surface

EQUIPESSAIS
54, rue Danjou - 92100 Boulogne.
Tél. 01 46 20 37 45 - Fax 01 46 20 49 59.

Matériaux

Briques concassées
Caoutchouc recyclé pour la route
Produits pour joints et fissures étanchéité

Icopal-Siplast
12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex.
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85.
E-mail : http://www.siplast.fr

Polymères pour bitumes routiers et enrobés bitumineux



Spécialiste des ajouts pour enrobés hydrocarbonés :

- PR PLAST CR : additif anti - orniérante pour couche de roulement
- PR PLAST S : additif anti - orniérante pour couche de liaison
- PR PLAST MODULE : additif haut module
- PR FLEX 20 : bitume modifié en granulés
- PR PHONE : additif anti-bruit
- PR PLAST AK : additif anti-kérosène
- PR COL : Coulis pour sols industriels
- BITUCOLOR : bitume de synthèse solide en pains
- CREACOLOR : enduit bitumeux coloré
- Résines + revêtements de sols
- Dosage : doseurs sur routes

Zone Industrielle de la Planchette - 21290 ARNAY LE DUC (France)
Tél. : 00.33.3.80.84.84.00 - Fax : 00.33.3.80.84.84.07
www.pr-industrie.com - Em@il : info@pr-industrie.com

EXXON MOBIL Chemical France

Tour Manhattan
5/6 Place de l'Iris
92095 Paris La Défense Cedex
Tel 01 57 00 70 00
Site internet : www.exxonmobilchemical.com

Dopes et émulsifiants pour bitumes

CECA
89 Boulevard National
92257 La Garenne-Colombes
Tel : 33 (0)1 49 00 38 00
Fax : 33 (0) 1 49 00 38 01
E-mail : info.ceca@ceca.fr

Émulsions de bitume

BP France
Immeuble Le Cervier
12, avenue des Béguines
95866 Cergy Pontoise Cedex
Tél. 01 34 22 40 70
Fax 01 34 22 42 66
www.bpbitumen.com/fr



Emulsions routières (encollage, ECF, enduit) - bitumes polymères - bitumes fluxés - ...

Rue de l'île Monsin, 80 - B-4020 LIEGE
Tel +32 4 240.70.10 - Fax +32 4 248.05.32
www.graubel.com

Bitumes routiers et industriels

Esso S.A.F.
Tour Manhattan
5/6 Place de l'Iris
92095 Paris La Défense Cedex
Tel 01 57 00 70 00
<http://www.esso.fr>



BP France Service Bitumes
Immeuble Le Cervier
12, avenue des Béguines
95866 Cergy Pontoise Cedex
Tél. : 01 34 22 40 70 - Fax : 01 34 22 42 66
www.bpbitumen.com/fr

Nynas Bitumen

87 Exelsiorlaann, B-1930 Zaventem.
Tél. 00 32 2 725 22 38
Fax 00 32 27 25 10 91.
www.nynas.com/bitumen



Société des Pétroles Shell
Direction Bitumes
307, rue Estienne d'Orves
92708 Colombes Cedex
Tél. : 01 57 60 61 00
E-mail : spshell-infobitumes@shell.com
Internet : <http://www.bitumes.shell.fr>



ASPHO Direction Bitume
Producteur de liants de synthèse

Bitume de synthèse en pains de 500 gr colorés ou clairs **BSC**

Bitume à forte teneur en polymères pour « Joint Pavé » **BSC-JP**

Bitume spécial pour « Joint Béton » **BSC-SDB**

ASPHO Sarl - Le Couzin - 31470 EMPEAUX - FRANCE
Tél +33 05 61 91 41 60 - Fax +33 05 61 91 51 15
e.mail : commercial@asphosarl.com - Site : www.asphosarl.com



Direction Bitumes

562 avenue du parc de l'Ile
92029 Nanterre Cedex
France
Tel. : 01 41 35 40 00
Fax : 01 41 35 21 42

Retrouvez nos produits sur www.bitumes.total.fr
Styrelf, 25 ans d'expérience dans les chaussées difficiles et à fort trafic.

Gabions

Aquaterra Solutions
26270 Cliousclat- france
tel: +33(0)475 638 465
fax: +33(0)475 638 468
www.aquaterra-solutions.fr

Géocomposite de drainage (bassins/centre d'enfouissement)
Gravières ciments et chaux
Recyclage des matériaux de démolition



YPREMA
7, rue Condorcet
94437 Chennevières/Marne cedex
Tél. : 01 49 62 01 23
Fax : 01 45 93 25 74

Revêtements d'étanchéité

Icopal-Siplast
12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex.
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85.
E-mail : <http://www.siplast.fr>

Géosynthétiques, géotextiles tissés et non tissés, drainage

RENOLIT France
Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye, BP 10943,
Tremblay-en-France, 95733 Roissy CDG Cedex.
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62.
Web : www.renolit.com

Fibertex France
218, chaussée Jules César, 95250 Beauchamp.
Tél. 01 39 95 95 20 - Fax 01 39 95 95 21.
E-mail : Cl@fibertex.com



ALTHEMA
JUSQU'AU BOUT DES SOLUTIONS
66, RUE LERUSTE - B.P. 56 - 93892 WATTELOS CEDEX
TEL. : 03 20 81 73 00 - FAX : 03 20 81 73 01

1 Gamme Géosynthétique très complète :

- Géotextile anti-contaminant TYPAR®
- Géotextile de renforcement TYPAR HR®
- Géogridde de renforcement TENSAR®
- Géogridde pour l'anti érosion TENSAR MAT®
- Système alvéolaire pour maintien des terres
- Géomembrane pour l'étanchéité des bassins

8 marques / 8 produits

Tencate Geosynthetics France SAS
BP 40080 95873 Bezons cedex France
Tel: 01 34 23 53 63- Fax 01 34 23 53 48
- Géotextiles TenCate BIDIM® et TenCate POLYFELT®
- Géosynthétiques de renforcement et d'antifissuration des chaussées

Icopal-Siplast
12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex.
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85.
E-mail : <http://www.siplast.fr>

Géotextiles pour la lutte contre l'érosion

Aquaterra Solutions
26270 Cliousclat- france
tel: +33(0)475 638 465
fax: +33(0)475 638 468
www.aquaterra-solutions.fr

Géosynthétiques pour le renforcement des sols
Géosynthétiques à usage routier

Colbond Geosynthetics
268, avenue du Président-Wilson,
93218 Saint-Denis-La-Plaine Cedex.
Tél. 01 49 46 24 30 - Fax 01 49 46 24 35.

Icopal-Siplast
12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex.
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85.
E-mail : <http://www.siplast.fr>

SACER
50, place Marcel Pagnol,
92653 Boulogne-Billancourt cedex.
Tél. 01 47 61 74 10 - Fax 01 47 61 74 20.
3 Filiales. Sacer Atlantique,
Sacer Paris-Nord-Est, Sacer Sud-Est.
60 agences et secteurs dans toute la France.

Géosynthétiques pour bassins hydrauliques et drainage

RENOLIT France
Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye,
BP 10943, Tremblay-en-France,
95733 Roissy CDG Cedex.
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62.
Web : www.renolit.com

Icopal-Siplast
12, rue de la renaissance, 92184 Antony cedex.
Tél. 01 40 96 35 00 - Fax 01 46 86 24 85.
E-mail : <http://www.siplast.fr>

Géosynthétiques pour le stockage des déchets

RENOLIT France
Roissypole Le Dome, 5, rue de la Haye,
BP 10943, Tremblay-en-France,
95733 Roissy CDG Cedex.
Tél. 01 41 84 30 10 - Fax 01 49 47 04 62.
Web : www.renolit.com



Route Service Industrie
Produits prêts à l'emploi :
- coulis enrobés percolés
- micro béton de scellement
- mortier - joints de pavage
- etc...

Bureaux et Laboratoires
ZA Ecompar
Allée des merisiers
27400 HEUDEBOUVILLE
Tél. : 02 32 50 30 10
Fax : 02 32 59 40 01
E-mail : contact@rsi-tp.com
<http://www.rsi-tp.com>

Entreprises

Aménagements paysagers, espaces verts, pieux, fondations, sondages
Grenailage

Equip'Sols (siège)
Impasse Peyrière - 31240 Saint Jean
Tél. 05 62 89 23 00 - Fax 05 61 09 67 14
Web : www.equipsols.com
E-mail : info@equipsols.com

Travaux hydrocarbonés
Travaux en béton et liants hydrauliques
Travaux publics



Siège Social
7, place René-Clair
92653 Boulogne-Billancourt Cedex
Tél : 01 47 61 75 00
Fax : 01 47 61 76 00

Contact : colas@colas.fr
www.colas.com



Direction commerciale
7, place René-Clair
92653 Boulogne-Billancourt Cedex
Tél : 01 47 61 75 08
Fax : 01 47 61 73 83

Contact : commercial@siege.screg.fr
www.screg.fr

SACER

Direction commerciale
7, place René-Clair
92653 Boulogne-Billancourt Cedex
Tél : 01 47 61 74 05
Fax : 01 47 61 74 20

Contact: information@dc.sacer.fr
www.sacer.fr

Travaux spéciaux

POSSEHL TRAVAUX SPÉCIAUX

2, rue de la gare - 67210 GOXWILLER
Téléphone : 03.88.04.79.61 - Télécopie : 03.88.04.79.62
Courriel : accueil@possehl.fr - Site web : www.possehl.fr

- Rénovation des sols : Tous types de revêtements en résines industriels ou décoratifs.
- Travaux aéroportuaires : Sciages de béton toutes épaisseurs, sciage de béton frais, reféction de joints, réparations de béton, rainurage de pistes et balisage lumineux.
- Travaux routiers : Pontage de fissures, sciage de toutes longueurs et toutes profondeurs et rabotage fin.

Une société du groupe L. Possehl

Gestion exploitation

Signalisation routière

• Horizontale

GTU

ZA des Luats, 8, rue de la Fraternité,
94350 Villiers-sur-Marne.
Tél. 01 49 41 24 00 - Fax 01 49 41 24 19.
Signalisation routière
Revêtement anti-graffiti.

Potters Europe

ZI du Pont Panay,
03500 Saint-Pourçain-sur-Sioule.
Tél. 04 70 45 70 45 - Fax 04 70 45 57 80.
Email : pbarge@pottersgroup.com
Internet : www.pottersgroup.com
1^{er} fabricant mondial de microbilles de verre.

DELTABLOC[®] FRANCE

Nous reinventons la sécurité. 600

DELTA BLOC France SAS
Séparateur modulaire de voie
5, rue de Castiglione, 75001 Paris
Tél. 01 53 45 27 09 - Fax 01 53 45 27 01
info@deltabloc.fr
www.deltabloc.fr

ROUTES & CONCEPTS

- BANDES PODOTACTILES
- BANDES DE GUIDAGE
- SYSTÈMES D'ANCRAGE POUR PANNEAUX DE POLICE
- ATTÉNUATEURS DE CHOCS

9 bis rue des Sablons 91540 ECHARCON
Tél. Fax 01 69 90 22 12 - E-mail : geniroad@hotmail.com

Équipements Routiers
Aménagements Urbains

SIGNATURE

- Signalisation verticale et équipements de sécurité routière
- Solutions globales d'aménagements
- Signalisation horizontale
- Prestations de services

SIGNATURE S.A.S.
41, rue des trois Fontant
92024 NANTERRE cedex
Tél. : +33 (0)1 41 20 31 00
Fax : +33 (0)1 41 20 31 46

Sovitec-Microbeads

Microbilles de verre certifiées à hautes performances,
BP 98, 57192 Florange cedex.
Fax 03 82 52 91 22 - Tél. 03 82 59 17 89.

• Verticale

SEC

SEC
SECURITE & SIGNALISATION

35 à 39 avenue du Danemark
BP 57267 - 37072 TOURS Cedex 2
Tél. : 02 47 62 66 26 Fax : 02 47 54 28 97
www.ses-signalisation.com
e-mail : info@ses-signalisation.com

• Lumineuse

ARP Signal

166, allée Saint-Brissou - 51120 Sezanne
Tél. : 03 26 80 45 85 - Fax : 03 26 80 28 27.
E-mail : pcourteix@arpsignal.com

Péage

Équipements de sécurité

RHON'SEC[®]

ABSORBANT XTRA

Absorbant à cœur, résistant à l'attrition, le RHON'SEC-XTRA autorise le nettoyage rapide des routes de tous les produits dangereux renversés, hydrocarbures et dérivés et maintient la sécurité en rétablissant l'adhérence.

RHON'SEC-XTRA est un produit TOLSA, leader européen des argiles à faible densité.

TOLSA FRANCE S.A.
Zone portuaire - Quai de Saint-Wandrille
76490 Saint-Wandrille Raoucon
Tél. : 02 32 70 46 46 - Fax : 02 32 70 46 47

Écrans antibruit

Régulation du trafic, systèmes de circulation routière

Thales Systemes

B.P. 57, 91229 Bretigny-sur-Orge.
Tél. 01 69 88 52 00
Fax 01 60 84 82 30.
www.thales.transportservices.com

Atténuateurs de chocs

SEC Envel

18, rue Pasteur, 77250 Veneux-les-Sablons.
Tél. 01 60 70 93 93
Fax 01 60 70 99 99.

Outils de gestion et gestion des équipements routiers

Services

Matériels et prestations

LABORATOIRE CBTP

CARRIÈRES - BÉTON - TRAVAUX PUBLICS

Analyses, études et assistance technique :

- Bétons
- Chaussées
- Géotechnique
- Chimie
- Granulats
- Environnement

3 rue Lépine - Z A La Richardière - BP 33216 - 35532 Noyal sur Vitraine
Tél. 02 99 41 65 94 - Fax. 02 99 41 65 76
www.lcbtp.com

QualysTM
Ingénierie et contrôles

BUREAU D'ETUDES ET DE CONTROLES CHAUSSEES - TERRASSEMENTS - BÉTON

DIJON (21) : 03 80 56 31 73
qualys.centre.est@gmail.com
GANNAT (03) : 04 70 90 86 38
qualys.centreauvergne@gmail.com
REIMS (51) : 03 26 86 66 51
qualys.nord.est@gmail.com

Rincent BTP SERVICES

AUSCULTATION

Auscultation non destructive des chaussées

- AERONAUTIQUE IS - Uni - Adhérence - Radar - Portance (Déflexions RW0) - PCN - Solutions de travaux
- ROUTIERE Relevés visuels - Uni - Adhérence - Radar - Déflexions FWD - Solutions de travaux

TEL +33 (0)2 35 23 65 62 / 85 12
FAX 33 (0)2 35 23 85 11
E-MAIL rincentbtp.auscultation@rincentbtp.fr
www.rincentbtp.fr

Prestations de services

Météo France

Service D2C
1 Quai Branly, 75340 Paris Cedex 07
Tél. 01 45 56 71 64 - Fax 01 45 56 71 70.

Ingénierie

VECTRA

Ingénierie Routière
Environnement
Matériel de mesure

VECTRA, bureau d'étude indépendant spécialisé en Ingénierie Routière, sur tous réseaux routiers, Autoroutiers, voiries urbaines et pistes aéronautiques:

- auscultation des chaussées (surface et structure)
- évaluation de l'état des chaussées (priorité d'entretien, diagnostic, sécurité)
- études des solutions de travaux d'entretien
- établissement de programmation de travaux pluriannuelle.

VECTRA commercialise en exclusivité les matériels mlpc® du LCPC relatifs à l'auscultation des chaussées et aux études de formulation en laboratoire.

Tel : 33 (0)1 30 66 01 77 / Fax : 33 (0)1 30 62 90 06
Courriel : vecetra@vecetra.fr / Site : www.vecetra.fr

Ingénierie bureaux d'études et de contrôles, architectes, laboratoires

TECHNOLOGIES NOUVELLES

Bureau d'Ingénierie Routière

Auscultation
Diagnostic des Chaussées
Programmation des travaux

contact@technologiesnouvelles.fr
Tél. : 33 (0)2 32 82 46 00 - Fax : 33 (0)2 35 76 24 72
www.technologiesnouvelles.fr

Viabilité hivernale

Sels et saumures de déneigement

Rock

91, avenue de la 1^{re} Division Blindée, BP 1258
68055 Mulhouse Cedex
Tél. 03 89 31 45 00 - Fax 03 89 31 45 01
www.rock.fr

Stations météorologiques

Vaisala SAS

2, rue Stéphenson (escalier 2 bis),
78181 Saint-Quentin-en-Yvelines cedex.
Tél. 01 30 57 27 28 - Fax 01 30 96 08 58.

VAISALA

Météorologie Routière
SAD / VH
Capteurs et Stations Fixes et Mobiles
Prévisions des Températures de Surface
Cartographie Thermique
Services Web
01.30.57.27.28 www.vaisala.com
trafficweather.fr/vaisala.com

HYDROGÉOTECHNIQUE

Département INGENIERIE DES CHAUSSEES

- auscultation de chaussées par mesures au Défectographe LACROIX,
- carottages et radar,
- diagnostic de chaussées,
- propositions de renforcement de chaussées,
- conception de chaussées neuves.

RN6 - 71150 Fontaines
Tél : 03.85.45.88.44 - Fax : 03.85.45.88.43
E-mail : lvenard@hydrogeotechnique.com

El hormigón en la vida cotidiana

Prefacia

El hormigón traza nuevas vías y acondiciona nuestro entorno p. 38

Página web del SPECBEA p. 39

Internet se ha convertido en un potente vector de comunicación. El SPECBEA (sindicato profesional de las empresas de pavimentos de hormigón y equipamiento complementario) es consciente de ello y se ha dotado de esta eficiente herramienta.

Primeros resultados de un estudio sobre el reciclaje de áridos de hormigón triturado p. 40

A finales de 2008, el Ifsttar lanzó una investigación en régimen de asociación sobre el reciclaje del hormigón triturado como árido en los hormigones. Se desarrolla en forma de una tesis doctoral, cofinanciada en el marco de un convenio industrial de formación para la investigación (CIFRE) por los principales actores de la profesión. Finalizará a comienzos de 2012 y debería permitir sacar algunas conclusiones destinadas a los profesionales.

Por ejemplo, ¿cómo se pueden predecir las propiedades de uso de los áridos reciclados a partir de las de un hormigón que se va a demoler? o incluso ¿cómo se pueden tener en cuenta las propiedades de los áridos reciclados en la formulación de los hormigones? Se presenta brevemente el procedimiento de estudio adoptado, así como algunos resultados preliminares de laboratorio. Sin esperar el final de la tesis, en 2010 se realizó con éxito una obra experimental de reciclaje al 100% de una losa de pavimento aeronáutico de ADP (Aéroports de Paris).

SEVE y las estructuras de hormigón p. 44

El software SEVE es un eco-comparador que permite comparar dos o más soluciones en el marco de respuestas a licitaciones, pero no es adecuado para la realización de un balance de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para que conserve sus características intrínsecas de precisión, se recomienda no utilizarlo para calcular los impactos medioambientales de una obra de forma absoluta. Esto también implica apreciar obras comparables desde el punto de vista de su nivel de servicio y sus funcionalidades. Por ejemplo, sería incorrecto examinar 2 obras que, a su término, no tuvieran la misma vida útil.

El revestimiento hidráulico con fibras ranurado

Un prometedor material para capas de rodadura con una larga vida útil p. 48

En el marco de un proyecto internacional realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y un proyecto francés financiado por la Agencia francesa de investigación (ANR), se trata de poner a punto un material hidráulico para capas de rodadura con una larga vida útil, que pueda aplicarse en tramos de tráfico denso. La solución seleccionada está constituida por un mortero con fibras de ultra-altas prestaciones, aplicado en una capa de 12 mm de grosor, ranurado longitudinalmente para aportar una drenabilidad de superficie. También se puede añadir dióxido de titanio (TiO₂) al material para conferirle una función suplementaria descontaminante. En primavera de 2011 se realizó una obra experimental en una carretera comarcal de Loira-Atlántico. Las prestaciones en términos de adherencia, generación de ruido y capacidad descontaminante son muy alentadoras. El artículo concluye sobre las mejoras tecnológicas necesarias para un desarrollo industrial de este nuevo material que consume pocos recursos no renovables.

Asociación público-privada de autopistas en Polonia

La elección de un pavimento de hormigón p. 55

El segmento II de la autopista A2 entre Swiecko y Nowy Tomysl (en el oeste de Polonia) representa, con cerca de 100 km, el proyecto de inversión en concesión más importante realizado en este país en modo APP (asociación público-privada), para la construcción y la operación de una autopista de peaje. La elección del consorcio recayó en una estructura pavimento de hormigón de cemento, aunque el coste inicial resultó ser elevado. La toma en cuenta de la importancia del tráfico de vehículos pesados, la resistencia a los ciclos de helada/deshielo y una larga vida útil fueron ventajas indiscutibles en la decisión. El hecho de que el mantenimiento corriente sea mínimo también influyó en esta elección.

Vía con o sin balasto

Un tema de actualidad pertinente para los actores del sector ferroviario p. 61

En materia de líneas de alta velocidad (LAV), actualmente existen en el mundo dos soluciones técnicas probadas y que disponen de una perspectiva suficiente: la vía con balasto y la vía sobre losa de hormigón. En Francia, se optó por la vía con balasto y debemos reconocer la gran pericia de los ingenieros ferroviarios franceses en el diseño y el desarrollo de un sistema completo

de transporte de alta velocidad que integra todos los aspectos de los subsistemas a los que pertenece la vía férrea con balasto. El control y la mejora constante de esta vía, en particular en su calidad geométrica y su durabilidad, ha sido una elección deliberada, a semejanza de otras redes de otros países (Alemania, Japón, China, etc.) que se han orientado hacia las técnicas de vía de hormigón. Hay que reconocer que la vía con balasto dispone de menos márgenes de progreso y de desarrollo que la vía de hormigón, teniendo en cuenta las condiciones restrictivas que, a partir de ahora, debe satisfacer una LAV, es decir la continuidad del servicio (día y noche), la durabilidad (ausencia de mantenimiento), el alto nivel de las velocidades y la geometría cada vez más exigente (vía LAV junto a un carril de autopista).

Este artículo tiene como objeto aportar una aclaración sobre ambas técnicas, con sus ventajas y dificultades respectivas, y sobre las evoluciones necesarias para el desarrollo de las vías férreas de hormigón a la francesa.

Sistemas de contención para carreteras Evolución de la normalización y de la normativa; incidencias sobre las barreras de hormigón vertido in situ p. 68

Las recientes evoluciones del contexto reglamentario y normativo de los sistemas de contención para carreteras modifican las costumbres francesas. No obstante, sus incidencias sobre los sistemas de hormigón vertido in situ son diferentes de las de los sistemas manufacturados. Este artículo se propone analizar los textos disponibles y precisar los que se aplican a los dispositivos de hormigón vertido in situ, así como las futuras evoluciones de estos textos. Por último, se mencionan las ventajas de estos sistemas respecto a la seguridad vial.

La resistencia del hormigón en zonas logísticas p. 71

Basta con un trayecto en coche para convencerse: las plataformas logísticas nunca habían sido tan numerosas, tanto alrededor de las ciudades como en las zonas rurales. Independientemente del contexto, con frecuencia la integración en el paisaje es criticable. Cimbéton [1] acaba de publicar una nueva obra que ayuda a diseñar de forma pertinente estas infraestructuras, teniendo en cuenta la estética, el medio ambiente y también la seguridad y el ahorro.

Fenixfalt RM: dar una segunda vida al asfalto de nuestras carreteras p. 92

El artículo presenta el innovador procedimiento Fenixfalt de regeneración del asfalto envejecido presente en los

áridos de aglomerados (AE). Describe los mecanismos de acción del aditivo y la caracterización analítica de su efecto. El impacto medioambiental de este procedimiento muestra que el aditivo Fenixfalt reduce sustancialmente la emisión de CO₂ debida a la actividad de reciclaje. La primera aplicación del procedimiento en Francia tuvo lugar en julio de 2011 en una obra de mantenimiento de la red comarcal de Côte-d'Or. Esta obra demostró el interés que presenta el Fenixfalt para la entidad local y se ha iniciado un seguimiento de tres años por parte del organismo estatal encargado del programa de innovación vial, el Sétra.

Biocold El aglomerado de alto valor medioambiental p. 96

Biocold es un aglomerado de nueva generación puesto a punto por la I+D de Eiffage Travaux Publics para responder al siguiente pliego de condiciones: revestimiento bituminoso constituido al 100% por áridos fríos de aglomerados reciclados, regenerados por un aglomerante especial caliente aplicado a temperatura ambiente. Las operaciones, que comenzaron en 2007 en Sarthe, y posteriormente se situaron bajo la dirección de obra de los departamentos de Orne, Costas de Armor y Alto Loira, han permitido validar las condiciones de realización y de puesta en servicio mejor adaptadas a estos nuevos productos. Actualmente, el aglomerado reciclado Biocold aporta una renovación de capa de rodadura de alto valor medioambiental añadido, que combina la utilización de una técnica que consume poca energía y emite una cantidad reducida de gases de efecto invernadero, la preservación del recurso no renovable de granulados y una mayor comodidad de los equipos de aplicación.

Swift

La reparación duradera, económica y ergonómica de los baches p. 108

Las redes de carreteras de los países modernos están afectadas por baches que cada vez son más numerosos: 2 millones en el Reino Unido en marzo de 2011, es decir, un 59% más de un año a otro. La descentralización, la carencia de presupuestos destinados al mantenimiento, sumadas a los efectos devastadores de inviernos rigurosos, agravan esta situación que también afecta a Francia y a los países del oeste de Europa. Gracias a la máquina para la construcción de carreteras Swift, el trabajo, que antiguamente lo realizaban de forma manual los obreros de carretera de nuestros municipios, se ha industrializado y es seguro y responsable.