



BUTINEUSES DE BITUME

En Birmanie, un chercheur naturaliste a observé une manifestation particulièrement intéressante de la folie butineuse des abeilles. S'agit-il d'un comportement unique et erratique ?

Les abeilles, insectes de l'ordre des Hyménoptères, sont apparues il y a environ 50 millions d'années. Les mieux connues et les plus utilisées en apiculture font partie de l'espèce *Apis mellifera*. L'abeille est un insecte social : aucun des membres de la ruche n'est capable de subsister isolément.

Sa dernière paire de pattes arrière en forme de corbeilles lourdement chargées de pollen rassemblé en pelotes, l'abeille prend son envol après avoir butiné. D'un vol lent, elle retourne à la ruche pour la quinzième fois de la journée afin de livrer le produit de sa récolte. Là, d'autres ouvrières l'attendent pour la débarrasser de ses pelotes de pollen qu'elles vont ranger dans des alvéoles pour le nourrissage des larves. Ce jour-là, à Maymyo, petite ville du Nord-Est de la Birmanie réputée pour la qualité de ses miels, Maung Maung Nyein, chercheur du département d'histoire naturelle de l'université de Rangoon, n'en croit pas ses yeux : c'est du bitume que les spécimens d'*Apis mellifera*, notre banale abeille européenne qu'il est en train d'observer, mastiquent pour en faire des pelotes qu'elles convoient ensuite jusqu'à la ruche. « Il arrive qu'à certaines périodes de l'année, lorsque les sources de pollen se raréfient, les abeilles soient atteintes de folie butineuse, explique madame Minh-Hà Pham-Delègue, directrice du laboratoire de neurobiologie comparée des invertébrés à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). Lorsque l'été est déjà passé et que la nature se prépare à l'entrée de l'hiver, elles sont prises d'un comportement frénétique d'amasement. On les voit récolter tout ce qu'elles trouvent à portée de leurs mandibules.

Elles accumulent ainsi des pelotes de poussière, probablement parce que celle-ci a la même consistance que le pollen. » Les abeilles s'intéressent aussi à un autre type d'élément végétal : la propolis. Il s'agit d'une résine produite par les bourgeons de certains arbres, conifères et peupliers notamment. Elle leur sert à étancher leur habitat ou à colmater des brèches, comme cela se fait à l'aide d'un mastic. Cette propolis a une consistance collante et plastique, explique la chercheuse de l'Inra. C'est pourquoi – cela reste une hypothèse – il peut leur arriver de confondre le bitume ramolli par les rayons du soleil avec la propolis et de l'utiliser pour assurer l'étanchéité des ruches en prévision de la saison des pluies. « Mais jamais, au grand jamais, aucune trace de bitume n'a été décelée dans le miel », insiste la chercheuse de l'Inra. Étrangement, les abeilles se servent également de la propolis pour en enduire les cadavres d'intrus, par exemple ceux de mulots qui se sont introduits dans la ruche, qu'elles peuvent tuer mais dont elles sont incapables de se débarrasser. Cette résine a en effet des vertus antiseptiques qui empêchent la décomposition des matières organiques. Une vertu qui n'avait pas échappé aux anciens Égyptiens qui l'utilisaient pour conserver leurs momies en la mélangeant avec... du bitume. Surprenant, n'est-ce pas ?



CHANTIERS

A 20 : UNE AUTOROUTE PAYSAGÈRE



Groupement
Professionnel
des Bitumes



CHANTIERS

Une solution bitume pour Delta 3, plate-forme classée grand projet européen



RECHERCHE

Ponts et Chaussées : un laboratoire à l'écoute de la société



LA ROUTE

Givry-Cluny : une voie verte au cœur du développement économique local



04



10



12



15

CHANTIERS

- 04 A 20. Une autoroute respectueuse de l'environnement.
- 07 DELTA 3. Le plus grand chantier de l'Hexagone.
- 10 Tramway Bobigny - Noisy - le - Sec. Prolongement de la ligne.

.RECHERCHE-INNOVATION

- 12 Le Laboratoire central des ponts et chaussées. Orientations actuelles.

.LA ROUTE

- 15 Les routes départementales du Tarn. Assurer la mobilité et la sécurité.
- 18 « Voie verte ». Pour les nouveaux moyens de transport.

.HISTOIRES DE BITUME

- 20 Butineuses de bitume. L'étrange comportement des abeilles.

Bitume.info
Revue trimestrielle éditée par le Groupement Professionnel des Bitumes et destinée à faire connaître les réalisations routières, industrielles, hydrauliques ou autres dans lesquelles le bitume joue un rôle important.
4, avenue Hoche - 75008 Paris / Tél. : 01 40 53 70 10 / Fax : 01 40 53 70 49 / www.bitume.info / Mél : contact@bitume.info
Directeur de la publication : Philippe Dewez. Rédacteur en chef : Bernard Lombardi. Conception et réalisation : Stratéus. Ont participé à la réalisation de ce numéro : les membres du GPB (BP, EssoMobil, Nynas, Repsol-YPF, Shell, Total), J.-P. Sergent, F. Gouge, E. Morel.
Crédits photographiques : Société Eiffage, Autoroutes du Sud de la France, GPB - J.-P. Sergent, Comité départemental du tourisme de Saône-et-Loire - J.-L. Pefit, Photothèque Sunset, D.R. Dépôt légal : avril 2003. Numéro d'ISSN en attente. Diffusion gratuite.

LA CONSOMMATION FRANÇAISE DE BITUME

1,41 Mt

Soit la quantité des bitumes vendus sur le marché intérieur français au cours du premier semestre 2003. Ce chiffre est en progrès de 0,68 % par rapport à la même période de 2002.

SALON

RELIER LE MONDE

Le XXII^e Congrès mondial de la route organisé par l'AIPCR aura lieu à Durban (Afrique du Sud), du 19 au 24 octobre 2003. Il a pour titre générique « Relier le monde ». Cinq thèmes stratégiques seront abordés :

- techniques routières : niveaux de service et innovations pour répondre aux attentes des usagers ;
- transport routier, qualité de vie et développement durable : routes et qualité de vie ;
- exploitation des routes et du transport routier : exploitation du réseau, comment améliorer le service ;
- gestion et administration du système routier : rôle des administrations routières dans un système de transport intégré ;
- niveaux appropriés de développement des routes et du transport routier : accès à la mobilité, un service social de base.

Les séances des comités techniques aborderont des thèmes plus pratiques : caractéristiques de surface ; techniques routières ; chaussées routières, routes interurbaines et transport interurbain intégré ; transport routier, qualité de vie et développement durable ; ville et transport urbain intégré ; développement durable et transport routier ; transport de marchandises ; exploitation des tunnels routiers ; exploitation des routes et du transport routier ; performance des administrations routières ; consultation du public, etc.

Des séances spéciales permettront des échanges de vues avec, en particulier : l'Association des directeurs africains des routes et la Communauté de développement de l'Afrique australe ; l'ONU et la Commission européenne ; l'OCDE ; la Fédération routière internationale ; l'ITE (Institute of Transportation Engineers) ; la FISITA (International Federation of Automotive Engineering Association). Cet événement offrira aux industriels une vitrine exceptionnelle pour exposer leurs conceptions et leurs produits les plus innovants et les plus sophistiqués.

MILLAU, 11 ET 12 SEPTEMBRE 2003

GIGOT BITUME AU VIADUC DE MILLAU

Plus de 250 professionnels de la route ont été invités à participer à un « Gigot bitume » géant, sur le chantier du viaduc de Millau, qui permettra à 20 000 véhicules de franchir chaque jour, à partir de l'été 2005, la vallée du Tarn sur un pont à haubans. Une occasion de découvrir un ouvrage qui fera date dans l'histoire de la route



et des travaux publics. Tout, dans cette réalisation de la société Eiffage, dessinée par l'atelier de l'architecte britannique sir Norman Foster sur une idée originale d'un ingénieur du Service des routes et autoroutes du ministère de l'Équipement, père du pont de Normandie, Michel Virlogeux, est au superlatif : 350 000 m³ de terrassement, sept piles de pont d'une hauteur maximale de 245 m et espacées de 342 m, surmontées de pylônes supportant les haubans culminant à 343 m de hauteur. La réalisation de la chaussée et de l'étanchéité de protection du tablier, qui ne mesure pas moins de 2 460 m de longueur sur 28 m de largeur, a posé des problèmes extrêmement difficiles à cause de la flexibilité de la structure d'acier. Nous en reparlerons dans un prochain numéro de « bitume.info ».

BRUXELLES, LES 11 ET 12 JUIN 2003

Séminaire européen BITSpec

Le séminaire européen BITSpec a réuni plus de 150 personnes venant de 20 pays. Son objectif : préparer l'avènement de la nouvelle génération de normes européennes, fondées sur les performances, pour les liants bitumineux. « Il y avait trois principes à respecter, souligne André Stawiarski, président du groupe de travail organisateur de la manifestation : coller aux besoins du marché, donc impliquer ses acteurs, et communiquer pour harmoniser des besoins

parfois contradictoires... » Au cours des dix réunions régionales préalables au séminaire, les différents acteurs des pays concernés avaient exprimé leurs points de vue. Une des tâches de la réunion de Bruxelles a été de proposer des synthèses tenant compte des situations locales, notamment en matière de culture technique et de passation des contrats. Les premières propositions ont pu être faites, mais la réflexion reste encore à poursuivre.

ENQUÊTE

SÉCURITÉ GPB

Au premier semestre 2003, la commission sécurité du GPB a enquêté sur les conditions dans lesquelles sont opérées les livraisons de liants dans quelque 500 postes et centrales d'enrobage et 140 usines d'émulsion. En 2000, un premier état des lieux avait permis d'identifier certaines améliorations indispensables, notamment la généralisation des pompes aspirantes dans les installations réceptrices et la systématization du port des équipements de protection individuelle. « L'enquête 2003 permettra de mesurer

les efforts qui restent à fournir, observe Bernard Lombardi, directeur du GPB. Notre objectif est l'équipement de 100 % des sites en pompes aspirantes, car 90 % des accidents surviennent lorsqu'un porteur est vidé par refoulement. Cette pratique doit disparaître, la pompe refoulante ne servant qu'en cas de panne de l'installation principale et selon une procédure d'exception rigoureusement contrôlée. » Les résultats de l'enquête seront examinés par la commission sécurité au dernier trimestre 2003.



AMÉNAGER POUR AMÉLIORER LA MOBILITÉ

Pour le grand public, les problèmes de mobilité et d'engorgement du réseau sont en général associés aux véhicules industriels, les fameux poids lourds. On ignore souvent que ces derniers, essentiels à l'économie du pays, ne représentent que 7 % des kilomètres parcourus chaque année en France. Le gros du trafic est dû aux véhicules particuliers, avec plus de 75 % des kilomètres parcourus chaque année. Par ailleurs, notre demande de mobilité continue de croître : + 10 % en cinq ans. Les moteurs principaux de cette croissance sont la mobilité professionnelle et, surtout, la « mobilité loisirs ». Face à ce phénomène, la création de nouvelles infrastructures se révèle indispensable mais difficile, tant du point de vue budgétaire que de celui des populations riveraines des sites traversés. Résultat : sur les samedis de la période estivale 2002, une moyenne de 460 km de bouchons, en augmentation de plus de 15 % par rapport à 2001. L'impact de ces bouchons, situés principalement dans le Sud, risque d'affecter le dynamisme touristique des régions touchées, mettant en péril l'activité la plus porteuse de développement. Que peut-on faire ? À l'avenir, de nouvelles infrastructures sont indispensables, mais en attendant la fin des procédures extrêmement lourdes qu'elles impliquent, nous devons envisager des solutions plus rapides. Considérons-en deux.

- L'élargissement des autoroutes existantes : le passage d'une 2 x 2 voies à une 2 x 3 voies porte la capacité de 50 000 à 80 000 véhicules par jour, et l'aménagement d'une 2 x 4 voies, à 110 000.
- Pour les routes nationales et départementales, les vertus des contournements sont bonnes à rappeler : rapidité et fluidité du trafic, élimination des congestions locales... Les grands projets, c'est bien, mais une série d'aménagements ponctuels, c'est plus efficace.

Philippe DEWEZ
Président du GPB



Ruban d'or pour l'autoroute A20 et Label construction pour Colas

Un an avant l'achèvement de la section de Cahors, ASF s'était vu attribuer, pour la qualité de la réalisation de l'A20, un des « Rubans » que la Direction des routes décerne aux infrastructures routières les plus respectueuses de l'environnement, de la sécurité et du confort des usagers et riverains. Le jury avait qualifié l'A20 « d'autoroute délicate » et récompensé la qualité de l'intégration, le respect de l'environnement et la pureté architecturale des ouvrages d'art, dont la traversée de la Combe de la Dame – où l'autoroute a su se lover dans les reliefs pour préserver des zones sensibles au niveau écologique et des paysages sauvages – est un bel exemple. Des ouvrages exceptionnels participent également de la bonne insertion de cette section : les viaducs de la Rauze, de la Dordogne et du Lot. La préservation des sites traversés par ses autoroutes et la protection des riverains contre les nuisances sont considérées comme une priorité par ASF, qui a créé une Direction de l'environnement et du développement durable pour répondre à ces objectifs. Lors de l'inauguration, Colas s'est vu décerner le Label construction par ASF, qui récompense l'entreprise ayant le mieux respecté la sécurité et l'environnement.

1. Des tranchées couvertes protègent deux sites paysagers particulièrement sensibles.
2. Finisseur en action dans une tranchée couverte.

UNE AUTOROUTE RESPECTUEUSE DE L'ENVIRONNEMENT



La mise en service de la section Cahors Nord - Cahors Sud de l'A20 achève la continuité autoroutière Paris - Barcelone via Toulouse. Cette réalisation, caractérisée par son souci d'intégration au paysage et de protection de la nature, offre un nouvel exemple de la contribution des enrobés bitumineux à l'amélioration des échanges économiques et touristiques, dans le respect de l'environnement.

Assurément, le nouveau tronçon de l'A20,

à l'approche de Cahors, ne manque pas d'allure. La chaussée bitumineuse inscrit élégamment sa trajectoire sinueuse au milieu d'un paysage de pâtures et de forêts, dominant des vallées verdoyantes ou bien griffant les collines de roches claires qui annoncent les Causses, un peu plus loin vers le sud-est. Parfois, la chaussée disparaît dans une tranchée couverte, pour s'effacer devant un site classé. Ailleurs, elle est suspendue entre ciel et terre, comme lorsqu'elle franchit le Lot sur un viaduc gris foncé qui se fond discrètement dans la végétation des berges... Le soin particulier apporté aux détails frappe le conducteur qui découvre en roulant cette nouvelle portion d'autoroute, à la vision, par exemple, des talus d'éboulis rocheux qui marquent certains passages à travers des zones montagneuses. « Ces amoncellements découpés dans la roche à l'explosif portent le nom de talus géonaturels, dits communément "talus Royal", d'après le nom de leur inventeur, explique Jean-Marie Museux, directeur

du chantier pour Colas Sud-Ouest. Ils font partie d'une politique de protection des paysages et de l'environnement très affirmée par le maître d'ouvrage tout au long de cette autoroute, de même que les tranchées couvertes pour rendre sa présence plus discrète dans des sites sensibles, ou les nombreux ouvrages hydrauliques destinés à protéger la nappe phréatique de toute contamination. »

DES ÉTUDES POUR UNE INSERTION HARMONIEUSE DANS LE PAYSAGE

Par deux fois, en effet, l'autoroute s'enfonce et disparaît dans un tunnel qui n'en est pas vraiment un. La plus importante de ces tranchées couvertes, longue de 400 m, protège le hameau de Constans, que le tracé de l'autoroute n'a pas réussi à éviter. L'autre tranchée couverte, longue de 150 m, au sud du viaduc qui franchit la vallée et la plaine du Lot, est destinée à protéger le site du château d'Arcambal, une construction du XV^e siècle classée monument historique. L'insertion harmonieuse de l'autoroute dans son environ-

nement a fait l'objet d'études paysagères détaillées. Les diffuseurs, les talus et les abords de l'autoroute ont été plantés d'espèces locales, qui contribueront, avec les années, à une intégration encore meilleure dans le paysage. Des passages ont été aménagés pour permettre aux animaux sauvages de passer au-dessus de l'autoroute et des systèmes de comptage ont été installés pour vérifier s'ils empruntent bien les passerelles de franchissement. « L'A20 regroupe un maximum de contraintes techniques et environnementales, ce qui fait de ce chantier comme l'aboutissement de tout le travail de respect de l'environnement que nous menons depuis plusieurs années, explique Fabienne Beau du, ingénieure, chargée de mission Développement durable chez ASF. En matière d'environnement, l'enjeu était constitué par la présence d'eaux souterraines sous un sol calcaire extrêmement poreux, entraînant un grand risque de pollution. C'est pourquoi nous avons pris un maximum de précautions pour protéger les 22 km de la section Cahors Nord-Cahors Sud. » Le long de l'autoroute

Le talus géonaturel Royal



La société ASF fait appel à M. Paul Royal, géologue et paysagiste, depuis plusieurs années pour aménager les abords de ses autoroutes. Chaque « talus Royal » est une création unique, réalisée à l'aide d'explosifs, qui cherche à mettre en évidence la structure des roches. « Ma méthode, explique Paul Royal, est sous-tendue par la volonté de construire le paysage dans lequel on veut faire passer une route, d'identifier les potentialités architecturales de la géologie en profondeur du lieu. Je cherche à sculpter la roche comme la nature l'aurait fait. »

nappe phréatique et les sources de toute pollution accidentelle, par exemple le renversement d'un camion, des glissières de béton rehaussées ou des talus de terre (merlons), armés de feuilles d'étanchéité bitumineuses, ont été mis en place : 100 000 m² de feuilles d'étanchéité ont ainsi été posés sur la section, tant sur les cunettes qu'à la surface des merlons.

UN BITUME HAUT MODULE ANTI-ORNIÉRANT POUR LA VOIE LENTE

« Avec les contraintes environnementales et les préoccupations paysagères, les travaux annexes deviennent de plus en plus importants, observe Jean-Marie Museux. Mais notre tâche essentielle demeure la pose des enrobés répondant aux normes de sécurité et de qualité, en termes de planéité, d'uni, de résistance à l'orniérage et de durabilité. La difficulté particulière de ce chantier provenait du fait que nous avons dû travailler les tronçons nord et sud du Lot, 8 km au nord et 14 km au sud, sans pouvoir utiliser le viaduc, alors en construction. Il nous a fallu fractionner le chantier en deux tranches bien distinctes, dont la seconde a été réalisée en plein hiver. » La première partie du chantier, commencée par la partie sud, en septembre 2002, s'est achevée à la fin du mois de décembre. Le poste d'enrobage mobile a alors été démonté et transporté côté nord, à 14 km de l'entrée du chantier, avec accès par la route nationale. Les travaux d'enrobage côté nord, commencés fin janvier 2002, se sont terminés en avril comme prévu. Le bitume, fourni par la raffinerie de Berre, est un bitume routier classique 35/50 pour la couche de roulement et la grave-bitume des couches de base et de fondation, auquel il faut ajouter un bitume

haut module anti-orniérant 20/30 pour la voie lente exposée plein sud, qui doit pouvoir supporter, même par les fortes chaleurs estivales, alors qu'il n'est pas rare de relever des températures de 70 °C à la surface de la chaussée, des poids lourds roulant à basse vitesse (voir encadré « Multiphalte HM »). « Avec les 13 000 tonnes de bitume qu'il a consommées pour les enrobés, ce chantier a représenté une belle noria de camions faisant des allers et retours depuis la raffinerie de Berre, à 500 km de distance, raconte Anne-Sophie Chaudron, ingénieur commercial Shell pour le Sud-Ouest. Neuf à dix heures de route en comptant les arrêts et les bouchons, avec des pointes à quinze heures, pour les chauffeurs des dix à douze gros porteurs par jour. S'ajoute le problème, en cas d'intempéries – il y en a eu puisque c'était l'hiver – et de panne de poste d'enrobage – cela arrive forcément une fois ou deux sur un chantier qui dure plusieurs mois –, de trouver un point de dépotage pour les camions qui montent à pleine charge vers le chantier... »

FICHE TECHNIQUE

2 X 2 VOIES DE 22 KM

. PLATE-FORME	
(dimensionnée pour 2 000 PL / jour) :	PST 1 m en O/D
Couche de forme :	20 cm en O/20
. CHAUSSÉE	
couche de fondation :	GB 2 x 10 cm en O/14
couche de base :	GB 9 cm en O/14
couche de roulement :	BBSG 7 cm en O/14

MULTIPHALTE HM

L'accroissement du trafic poids lourds, caractérisé par une augmentation de la charge par essieu et de la pression des pneumatiques, se traduit par un risque accru d'orniérage des chaussées bitumineuses. Le bitume Multiphalte utilisé (Shell) est un produit à hautes performances anti-orniérage, de faible susceptibilité thermique ; de plus grande viscosité que les liants classiques en usage pour les couches de roulement pour les températures de service élevées (60 °C) ; de moindre rigidité et de moindre fragilité que les liants conventionnels aux conditions hivernales ; adapté à la réalisation des couches de roulement et de liaison par la formulation de bétons bitumineux semi-grenus (BBSG), selon la norme NF P 98-130, ou de bétons bitumineux minces (BBM), selon la norme NF P 98-132.

INTERVENANTS

- . Maître d'ouvrage : ASF
- . Maître d'œuvre : Scetauroute
- . Entreprise : Colas
- . Bitume : Shell
- . Principaux matériaux utilisés :
- . 35/50 : 12 500 t (enrobés)
- . 180/220 : 1 500 t (couches d'accrochage à l'émulsion)
- . Multiphalte HM : 500 t (voie lente)
- . bitume oxydé : 400 t (100 000 m² de Colétanche)



Un soin particulier a été apporté à l'étanchéité des ouvrages et au drainage des eaux de ruissellement.

UNE VARIANTE « TOUT EN NOIR » POUR DES PERFORMANCES EXCEPTIONNELLES



La réalisation de la plate-forme multimodale de Dourges, destinée aux transferts de charges entre voie d'eau, rail et route, devait respecter un cahier des charges très contraignant.

La plate-forme s'étale à perte de vue, entre terril et canal, pénétrée par une série de voies de chemin de fer alternant avec des voies routières poids lourds. Les ponts roulants porte-conteneurs, sur lesquels s'affairent encore les monteurs, dressent leurs structures métalliques au-dessus du vide. Des engins de travaux publics circulent. Une locomotive Diesel, haut le pied, passe un aiguillage. Un

petit véhicule rouge automatique, suivi par une camionnette, avance lentement. « C'est le contrôle en continu de la densité des enrobés par émission de rayons gamma, explique Bernard Janvier, responsable des grands travaux chez Colas Nord-Picardie. Une mesure essentielle pour vérifier que le pourcentage de vide est conforme à notre cahier des charges, et calculer la quantité de coulis à percoler dans la couche de roulement. »

Des machines inhabituelles sur les chantiers d'enrobés attirent l'attention : une niveleuse à lame caoutchouc, une toupee à béton, un tracteur traînant une caisse sans fond, reposant sur le sol... « Ici, c'est le royaume du "noir", commente Bernard Janvier. Pourtant, à l'origine, l'appel d'offres lancé par le maître d'ouvrage prévoyait que la plate-forme serait entièrement réalisée en structure semi-rigide à base de graves traitées »



1 2 3 4 5

aux liants hydrauliques. Mais nous avons une meilleure proposition à faire et nous l'avons emporté avec une réalisation en mélanges bitumineux.»

LE PLUS GRAND CHANTIER DE L'HEXAGONE

Future plaque tournante du trafic intermodal européen, la plate-forme Delta 3 a pour ambition d'assurer l'acheminement du trafic de conteneurs entre les ports de la façade maritime du Havre jusqu'à Hambourg et jusqu'au reste de l'Europe. Delta 3 se situe, en effet, à l'intersection du corridor européen conduisant du Royaume-Uni vers l'Europe de l'Est et des ports du Nord vers l'Europe du Sud. Au carrefour des axes routiers nord-sud, par l'autoroute A1, et est-ouest, par l'A21 et l'A26, à 22 km de Lille, 97 km du port de Dunkerque et 114 km du tunnel sous la Manche, elle est reliée au réseau ferroviaire et traversée par le canal à grand gabarit Valenciennes-Dunkerque, au milieu d'une région qui génère annuellement un flux de marchandises de plus de 230 millions de tonnes, transportées par route, rail et voie d'eau. Classée grand projet européen, la plate-forme a bénéficié, à ce titre, du soutien financier du Fonds européen de développement régional. Le syndicat mixte, composé de la région Nord-Pas-de-Calais, des départements du Nord et du Pas-de-Calais, de la communauté urbaine de Lille Métropole, du district d'Hénin-Carvin et de la commune d'Ostricourt, s'est vu confier la maîtrise d'ouvrage et a rétrocédé sa mission à la société anonyme d'équipement mixte Delta 3, créée pour l'occasion. Le cœur de la plate-forme sera composé d'un centre de transport combiné, comprenant : la zone d'accueil terminal pour le contrôle des accès des camions et le traitement des formalités administratives ; la zone fluviale, lieu des

échanges de conteneurs entre le canal, la route et la voie ferrée, d'une capacité de 1 000 conteneurs équivalents vingt pieds (EVP), équipée d'un portique à bec sur rail ; la zone trimodale, lieu de stockage des conteneurs en attente de chargement, d'une capacité de 2 400 EVP, où le chargement sur camions sera assuré par des grues mobiles ; la zone d'échanges rail-route, d'une capacité de 500 unités de transport intermodal (UTI), dotée de sept voies de 750 m, pour la réception de trains complets, et de quatre portiques sur rail ; la zone de voies ferrées, garage et sas d'entrée et de sortie de la plate-forme, directement raccordée au réseau ferroviaire. Un échangeur routier, dédié à la plate-forme, relie la zone d'accueil et le centre de services à l'autoroute A1. Deux zones logistiques, à l'ouest et à l'est du centre de transport, accueilleront respectivement 270 000 et 60 000 m² d'entrepôts.

UNE VARIANTE À BASE DE BITUME

À l'origine, le maître d'ouvrage avait opté pour une solution à base de graves traitées aux liants hydrauliques à cause des aires de stockage de conteneurs, qui devaient offrir une forte résistance au poinçonnement. « À partir d'un avant-projet sommaire, il a fallu donner une estimation technique et financière et proposer des sources d'économies possibles, avant d'avoir procédé à l'étude approfondie, rappelle

Bernard Janvier. Nous avons vu que la solution de base n'était pas vraiment satisfaisante, tant au point de vue des coûts et des délais que du respect de l'environnement. C'est pourquoi nous avons proposé une variante à base de liants bitumineux. Il s'agit d'une solution originale étudiée pour ce chantier, avec des produits existants déjà utilisés séparément. Leur utilisation dans un même chantier, à cette échelle, est une première. » Le mérite de l'option bitume n'était pas seulement économique, il était aussi technique et environnemental. Le projet butait sur le problème de l'approvisionnement en matériaux, la solution de base impliquant l'apport de 350 000 tonnes de matériaux neufs transportés par train jusqu'à Hénin-Beaumont, puis par camion jusqu'au chantier. Une noria de centaines de camions qui auraient circulé pendant plus d'un an dans une zone à forte densité d'habitation, provoquant des gênes considérables aux riverains, l'appauvrissement des carrières locales et des nuisances à l'environnement. En produits noirs, 130 000 tonnes de matériaux suffisaient. « Nous pouvions acheminer le tonnage nécessaire en quatre mois, pendant que le terrassier faisait son travail, ce qui permettait de gagner plus de huit mois sur le planning », explique Bernard Janvier. Autre avantage de la solution bitume, la souplesse et la rapidité de sa mise en œuvre. « Avec des graves hydrauliques, nous aurions été bloqués par la saison hivernale, puisqu'il est impossible de travailler

Le procédé RODAL en 5 étapes

Afin d'assurer une bonne résistance anti-poinçonnement aux zones de transfert multimodales et de stockage, où il est prévu d'empiler jusqu'à cinq conteneurs en charge les uns sur les autres, le maître d'œuvre a retenu ce procédé, pour la première fois à cette échelle.

1. Compactage de la couche supérieure d'enrobé à 20 % de vides communicants.
2. Mise en place d'un béton hydraulique liquide à la surface.
- 3 et 4. Le béton est percolé à l'intérieur des vides à l'aide d'un compacteur à cylindre lisse et d'une niveleuse.
5. La finition est effectuée manuellement.

en arrière-saison quand il y a des risques de gel. De plus, les délais auraient été considérablement allongés par le temps de prise du ciment, soit 21 jours au moins pour chacune des couches, alors qu'en solution noire, on obtient les performances mécaniques immédiatement après la mise en œuvre. Par ailleurs, l'entretien et les réparations éventuelles, par la suite, sont beaucoup moins lourds, plus rapides et donc moins coûteux avec notre solution, créant moins de gêne et donc pénalisant moins l'exploitation de la plate-forme. »

CALCULS ET HYPOTHÈSES

Le maître d'ouvrage s'étant rendu aux arguments des ingénieurs de Colas, restait à concrétiser la solution bitume. Pas toujours simple... « Entre la première réponse à l'appel d'offres et la mise en œuvre du chantier, nous avons refait une douzaine de fois les calculs de dimensionnement et l'estimation financière des travaux, pour répondre aux différentes hypothèses formulées par le maître d'œuvre. Les efforts ne sont pas les mêmes sur les voies supportant le trafic lourd, par exemple les quais de chargement, et les zones de stockage de conteneurs. Dans un cas, il faut prendre en compte les contraintes dynamiques liées au roulement, dans l'autre, ce sont les efforts statiques de poinçonnement qui sont les plus contraignants. Par ailleurs, nous devons travailler sur une plate-forme en schiste traité, qui n'est pas un matériau très courant, et dont on ne savait pas très bien quelle résistance elle présenterait. Il a fallu faire des essais et vérifier la portance de la plate-forme. Les premiers calculs de dimensionnement avaient été faits en PF2, à

80-100 MPa, puis on a fait un dimensionnement en PF3, à 120-150 MPa, et l'on a même été jusqu'en PF4, avec 180 MPa. Finalement, on a tout dimensionné sur des hypothèses à 150 MPa, ce qui nous situe plutôt en PF3 haut de gamme. »

PRODUITS MAISON ET HAUTE PRÉCISION

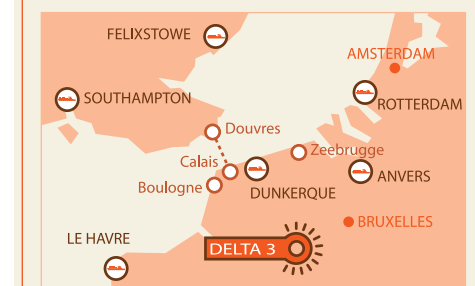
La solution technique a reposé entièrement sur les produits maison : sous-couche en GB Multicol, couches intermédiaires en Colbase, couches de roulement en Rodal pour la plate-forme et Colbase S et couche de roulement en BB pour les voiries. Pour la plate-forme de stockage, qui devait pouvoir résister à des efforts de poinçonnement très élevés puisqu'elle est destinée à accueillir des empilements de cinq conteneurs pleins – ce qui est exceptionnel⁽¹⁾ –, une solution originale et innovante a été imaginée : « Nous avons adapté un procédé mis au point pour les sols de hangars industriels, mais qui n'avait jamais été utilisé à cette échelle. Sur une couche de base Multicol de 12 cm et deux couches intermédiaires de Colbase de 13 cm chacune, nous avons épanché une couche de 5 cm de Rodal, un enrobé très ouvert, à 23 % de vide total, dans lequel nous avons percolé un coulis de ciment très liquide de façon à remplir les 20 % de vides communicants. C'est une opération qui exige beaucoup de précision, car la quantité de coulis doit correspondre exactement au volume des vides à combler. »

1. Voir bitume.info n° 3 : « Une plate-forme de stockage de conteneurs ».

FICHE TECHNIQUE

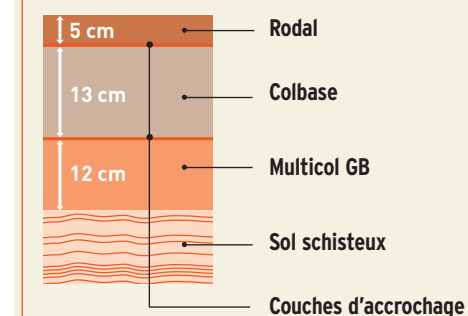
DELTA 3 À LA CROISÉE DES CHEMINS

La plate-forme Delta 3 possède un échangeur dédié sur l'autoroute Paris-Lille, un raccordement direct à deux voies ferroviaires majeures et un quai fluvial sur le canal à grand gabarit. La plate-forme multimodale est ainsi reliée à un maillage serré d'infrastructures autoroutières, ferroviaires et fluviales.

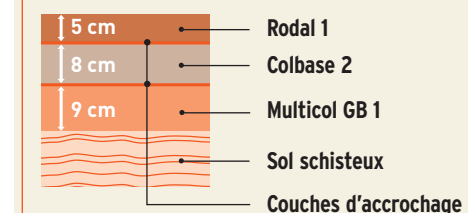


LES STRUCTURES RETENUES :

. COUPE DE LA ZONE TRIMODALE



. COUPE DE LA ZONE DE STOCKAGE

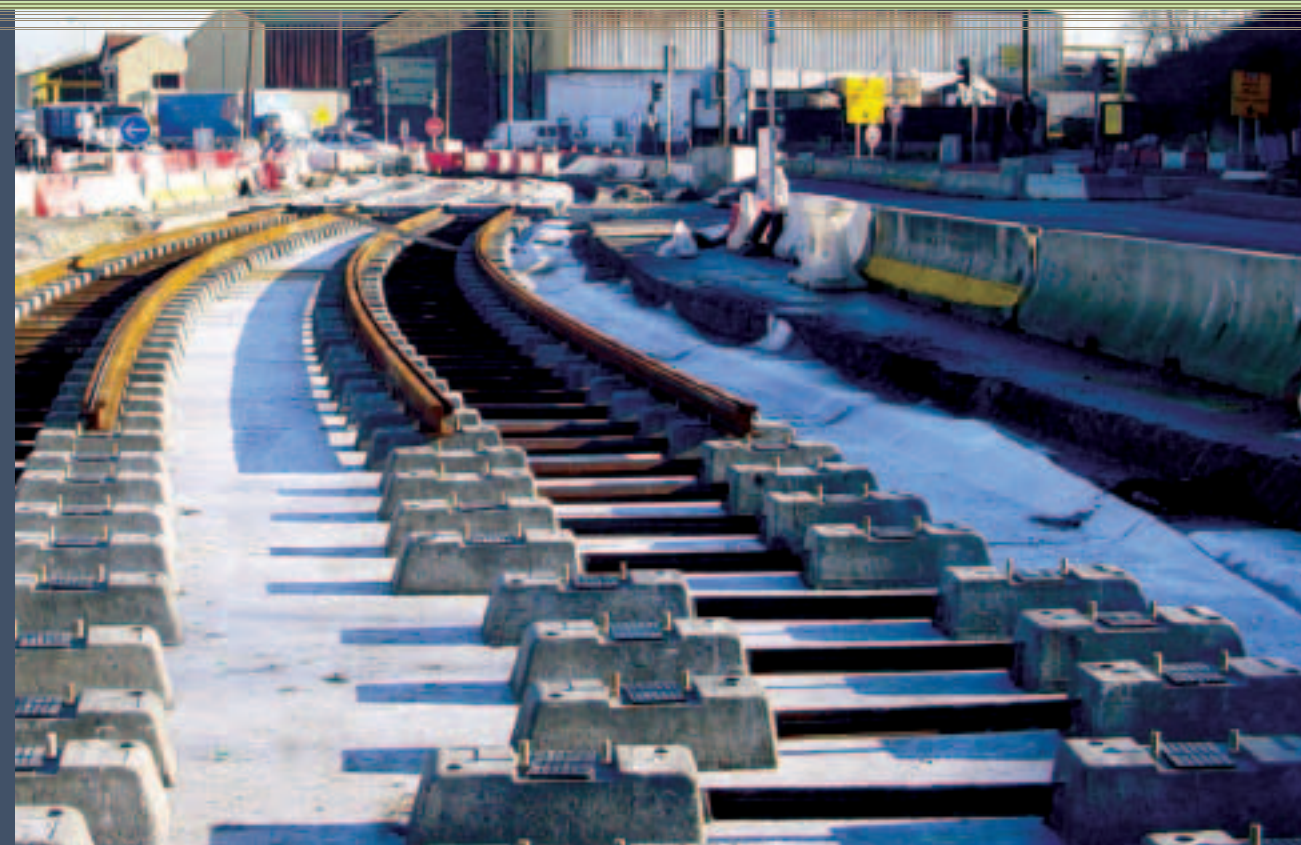


GMPV (gammadensimètre mobile à profondeur variable) Mesure de la densité des couches de roulement des chaussées

Cet appareil, destiné à mesurer en continu la valeur absolue de la masse volumique des couches de roulement en béton bitumineux, est particulièrement bien adapté pour le contrôle qualité du compactage de la chaussée. Il est téléconduit, à partir du véhicule d'accompagnement, par le canal d'une liaison infrarouge qui assure également la transmission des mesures. L'opérateur dispose en temps réel des données mesurées et un logiciel complémentaire lui permet d'analyser l'ouvrage section par section.

TRAMWAY BOBIGNY – NOISY-LE-SEC :

BIEN ISOLER POUR MIEUX RELIER



INTERVENANTS

- Maître d'ouvrage : RATP
- Coût total du prolongement de Bobigny à Noisy-le-Sec : 80,95 M€
- Financement : la région (61 %), le conseil général de la Seine-Saint-Denis (17 %), l'État (5,5 %) et la RATP (16,5 %)
- Architecte : cabinet Chemetov
- Entreprises principales
- Travaux publics : SPIE Rail
- Génie civil : Appia, Groupe Eiffage
- Électricité : Safetec
- Pavage : Les Compagnons paveurs
- Joints isolants : RCA
- Dalles avec rails insérés : Préfarail, Acousystem
- Produits d'étanchéité : Siplast



Les travaux de prolongement de la ligne de tramway Saint-Denis - Bobigny vers Noisy-le-Sec s'achèveront au mois de novembre. Discrètement mais efficacement, le bitume aura contribué à la réalisation et à la qualité de cet équipement.

La ligne de tramway reliant la gare SNCF de Saint-Denis à la préfecture de Bobigny (9 km) est devenue un des équipements structurants de la Seine-Saint-Denis, et nombreux sont les voyageurs qui l'empruntent quotidiennement. Il n'est donc pas étonnant que la RATP ait décidé de la prolonger de 2,2 km, de Bobigny à la gare SNCF de Noisy-le-Sec. Les travaux, qui ont commencé en juillet 2001, s'achèveront au début de novembre prochain.

COURANTS VAGABONDS

Parmi les problèmes qui se posaient, la RATP a dû résoudre celui de l'isolation électrique des voies, pour empêcher que le courant (750 V) ne se propage des rails à l'ensemble du réseau souterrain mis en place par les divers concessionnaires pour l'eau, le gaz, les télécommunications, etc., qu'il n'aurait pas manqué de corroder par électrolyse. « L'électricité, ça bouffe tout », commente André Couy, responsable de la maîtrise d'œuvre pour la voie ferrée et les revêtements de plate-forme chez SPIE Drouard. Pour éviter les effets dévastateurs de ces courants vagabonds sur les équipements enterrés dans le proche envi-

ronnement de la voie, la RATP a décidé d'isoler complètement l'ensemble de la plate-forme du nouveau tramway (voir encadré : « Un problème d'anode et de cathode »).

UN EXCELLENT ISOLANT ÉLECTRIQUE

La réalisation de la plate-forme commence par le creusement d'une tranchée de 75 cm de profondeur et 7 m de largeur sur toute la lon-

gueur de la voie, soit 2,2 km. L'encaissement est ensuite compacté à 35 MPa, pour lui permettre de supporter le poids de la plate-forme et celui des rames du tramway. La solution classique consiste à couler une chape de béton non armé, qui constitue la base de la plate-forme, puis à y poser, en cuvelage, une membrane bitumineuse. Le bitume est en effet un excellent isolant électrique (à température ambiante sa résistivité est au moins égale à

Un problème d'anode et de cathode

L'électricité dégrade les conduites souterraines des concessionnaires par corrosion électrolytique. Pour éviter ce problème, la RATP isole systématiquement l'ensemble des plates-formes de ses tramways. Le tramway est alimenté en électricité par voie aérienne. L'électricité est ensuite renvoyée au poste d'alimentation, au travers des bogies, par le rail. Pour revenir au point de départ, le courant électrique choisit le circuit le moins résistant, par exemple les canalisations métalliques enfouies dans le sous-sol, qu'il quitte une fois arrivé à proximité du poste d'alimentation, provo-

quant la corrosion des canalisations par électrolyse. « Il s'agit d'un simple problème d'anode et de cathode, fait remarquer Robert Cossec, chargé d'affaires pour les caténaires. Lorsque ce problème de cohabitation se pose, c'est alors la règle du premier occupant qui joue : si nous arrivons après et que cela génère une gêne, nous réglons par une convention le problème avec le ou les concessionnaires perturbés. » Pour éviter tout problème, la RATP préconise d'isoler systématiquement la plate-forme des voies de ses tramways.

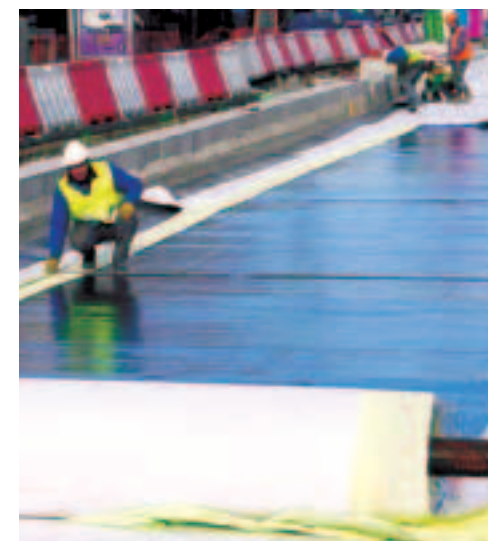
Pour assurer l'isolation électrique de la voie ferrée installée dans une tranchée de 75 cm de profondeur et de 7 m de largeur (ci-dessus), une membrane bitumineuse est posée au fond de la tranchée (en bas).

10^{14} ohm/cm, i.e. cent mille milliards d'ohm/cm), EDF en coule à l'intérieur des boîtiers de raccordement des câbles. Ensuite, on applique un géotextile pour protéger l'isolation bitumineuse. Pour permettre aux engins de chantier qui acheminent les rails, les traverses et autres matériaux d'y circuler, il faut appliquer une deuxième couche de béton, de 10 cm, dont le durcissement impose un délai supplémentaire de quatre semaines. « De plus, observe André Couy, lors de la mise en place de cette couche avec un coffrage glissant, il faut veiller à ce que le géotextile ne plisse pas. »

UNE SOLUTION POUR TENIR LES DÉLAIS

Cette technique classique n'était pas compatible avec les délais prévus au cahier des charges. À l'incitation de la RATP, le maître d'œuvre fut amené à trouver une solution innovante pour gagner du temps : soit l'utilisation d'une membrane bitumineuse bicouche, réalisée par la société Siplast, qui présente les qualités requises à la fois en étanchéité, grâce à une couche de bitume, et en résistance au poinçonnement, grâce à une couche de géotextile contrecollée (voir encadré : « Les membranes d'étanchéité »). Des essais effectués par SPIE Drouard se sont avérés entièrement concluants. « Nous n'avons pas trouvé cette solution par hasard, fait remarquer Jean-Claude Denis, délégué commercial de Siplast, car nous

connaissons déjà les utilisations de GTX 300 pour l'étanchéité à grande échelle de sites importants, comme des aires de stockage, de compostage par exemple, ou de canaux, comme celui de Mulhouse. En utilisant ce produit, non seulement on évite la pose du géotextile, mais il n'est plus nécessaire non plus de couler une deuxième couche de béton, puisque la circulation des engins de chantier et le vérinage des rails se font directement sur le GTX 300. » Pierre Maze, directeur de travaux de SPIE Rail, ajoute pour sa part : « Cette membrane bitumineuse nous a incontestablement fait gagner un temps inappréciable et nous a permis de tenir les délais. » II



Les membranes d'étanchéité



• TERANAP 331 TP (Siplast) est une géomembrane manufacturée à base de bitume-élastomère SBS, armée d'un géotextile en polyester

non tissé. La face inférieure, revêtue d'un film polyester, présente une surface lisse particulièrement résistante à la pénétration des racines. La face supérieure est grésée. Large de 4 m et épais de 3 mm, ce matériau résistant est utilisé pour l'étanchéité d'ouvrages hydrauliques et souterrains, destinés à la protection de l'environnement et à la lutte contre la pollution.

• TERANAP GTX 300 (Siplast) est une géomembrane constituée par l'assemblage à chaud de Teranap TP et d'un géotextile antipoinçonnant Geofelt 300. Cet assemblage permet de renforcer les fonctions de la géomembrane, parmi lesquelles on peut citer les caractéristiques mécaniques en traction, la résistance à la déchirure ou au poinçonnement, mais également celles liées au dispositif d'étanchéité par géomembrane, comme le coefficient de frottement.

• 7 000 M² DE 331 TP ET 11 000 M² DE GTX 300 ont été utilisés pour les 2,2 km de prolongement des voies du tramway jusqu'à Noisy-le-Sec.

L'ESPRIT DE RECHERCHE AU CŒUR DES RÉSEAUX



Manège de fatigue des structures de chaussées

Cet équipement important permet de reproduire en « grande nature » et en accéléré le comportement des chaussées sous trafic, la vitesse de circulation des charges pouvant atteindre 100 km/h. Les essais peuvent concerner les structures de chaussées neuves, mais aussi leurs techniques d'entretien et de renforcement. Les observations et les mesures permettent de suivre le comportement à la fatigue et à l'ornièrage des matériaux, l'évolution des caractéristiques de surface des chaussées, ou encore l'usure des pneumatiques. Le Laboratoire Texture et Adhérence (LTA) fait appel à cet équipement, qui lui permet en particulier de faire des mesures de frottement pneumatique/chaussée et de bruit de roulement, en fonction de la texture de surface. Le manège comporte trois anneaux d'essais, dont l'un récemment équipé d'un cuvelage pour la maîtrise de la hauteur de nappe. Sa motorisation centrale et ses quatre bras peuvent être déplacés d'un site à l'autre en une semaine.

sées, ou encore l'usure des pneumatiques. Le Laboratoire Texture et Adhérence (LTA) fait appel à cet équipement, qui lui permet en particulier de faire des mesures de frottement pneumatique/chaussée et de bruit de roulement, en fonction de la texture de surface. Le manège comporte trois anneaux d'essais, dont l'un récemment équipé d'un cuvelage pour la maîtrise de la hauteur de nappe. Sa motorisation centrale et ses quatre bras peuvent être déplacés d'un site à l'autre en une semaine.



3 QUESTIONS À...

Jean-Michel PIAU
Directeur technique Chaussées
au Laboratoire central des Ponts
et Chaussées, Nantes

Quelles sont aujourd'hui les voies de recherche à privilégier pour améliorer les produits bitumineux dans leurs applications routières ?
Les voies de recherche que nous retiendrons ici concernent les performances des matériaux, l'amélioration de la sécurité et le réemploi des produits de démolition. Ainsi, il faudra rapprocher, chaque fois que c'est possible, le comportement de l'enrobé de celui du bitume pour identifier les propriétés assurant les meilleures durabilités fonctionnelles. Pour accroître les aspects de sécurité, nous devons rechercher de nouvelles fonctionnalités associant liant et granulats, pour une meilleure qualité photométrique de la chaussée dans des conditions dégradées. Et, pour faciliter le réemploi de matériaux hétérogènes provenant de la démolition d'ouvrages du BTP, nous attendons des bitumes avec des pouvoirs d'adhésion accrus.

On parle beaucoup de développement durable, de maîtrise de l'énergie, de protection de l'environnement... La recherche peut-elle contribuer à améliorer, sous ces aspects, le matériau bitume et ses applications ?
Pour aborder ces aspects, les recherches produites par les laboratoires pourront améliorer les matériaux bitume. Les techniques de fabrication à basse température des enrobés bitumineux semblent une voie prometteuse en termes d'économie d'énergie et d'environnement. Des études quantifiées sur les polluants sont à développer pour une meilleure analyse des risques et des dangers et donc contribuer ainsi à l'amélioration des produits et des techniques de mise en œuvre pour une plus grande sécurité des ouvriers et des riverains. Les fluxants d'origine végétale pour applications en enduit superficiel devraient être plus largement explorés.

Le LCPC est un des acteurs de BITSpec, le groupe de travail qui propose un changement des normes européennes en matière de bitume. Quel rôle le LCPC joue-t-il dans la préparation de ce changement ?
Le LCPC est bien impliqué dans la normalisation européenne et BitSpec, sous l'égide d'Eurobitume, a pour ambition de réunir les acteurs de la communauté européenne sur des projets communs. Le LCPC apportera ses connaissances et espère contribuer à promouvoir des tests pertinents du comportement des enrobés, associés aux caractéristiques des liants, avec ses partenaires industriels nationaux. Il espère aussi apporter son expérience des relations tripartites entre maîtrise d'ouvrage, producteurs de bitume et entreprises de construction routière.

Le Laboratoire central des Ponts et Chaussées, aujourd'hui établissement public à caractère scientifique et technologique, sous la tutelle des ministères chargés de la recherche et de l'équipement, redéploie ses domaines de compétence et ses missions.

« Nos missions sont aujourd'hui, plus encore qu'auparavant, définies par les attentes de l'ensemble des acteurs sociaux concernés par la route, et elles résultent des changements des technologies, des modes de vie et des sensibilités, prenant de plus en plus en compte les questions de santé, de sécurité et d'environnement ainsi que les impératifs du développement durable, explique Jean-Michel Piau, directeur technique Chaussées au Laboratoire central des Ponts et Chaussées, à Nantes. Nous nous investissons moins que par le passé dans la recherche sur les matériaux ou le développement de procédés technologiques, pour lesquels les entreprises ont accru leurs efforts et leurs moyens. » Avec 4 implantations nationales, 8 centres techniques (CETE) et 17 laboratoires régionaux équipés d'importants matériels d'essai et comptant près de 1 500 agents, le Réseau scientifique et technique de l'équipement (RST) constitue le plus puissant organisme de recherche et développement consacré à la route et aux ouvrages de génie civil dans notre pays et en Europe.

Innovations historiques et orientations actuelles

Le Laboratoire central, dont le siège historique se trouve boulevard Lefebvre, à Paris, dispose aussi sur la commune de Bouguenais, dans la périphérie de Nantes, d'une surface de 150 ha dotée d'équipements remarquables, parmi lesquels le manège de fatigue des chaussées, la piste de référence et d'expérimentations routières, un laboratoire d'étude des matériaux de chaussées, une chambre climatique, etc. (voir

encadré). D'autres équipements importants sont installés à Marne-la-Vallée, au sein de l'Institut Navier (unité mixte de recherche CNRS-ponts et chaussées-LCPC) et à Satory, au Livic (Laboratoire interaction véhicule-infrastructure-conducteur, unité mixte de recherche Inrets⁽¹⁾-LCPC). Au cours des décennies passées, le LCPC a joué un rôle essentiel dans le lancement de toutes les études de formulation des enrobés, la mise en place des matériels d'essai et la caractérisation des matériaux. Son action, conduite avec le Setra⁽²⁾ et tous les professionnels de l'industrie routière, s'est traduite en particulier par la création du Groupe national bitume, rassemblant l'administration, les producteurs de liants et les entreprises de travaux publics. « Il s'agissait de voir ensemble comment traiter les problèmes de dégradation, et spécialement les fissurations de surface, précise Christian Such, chef de la division Matériaux et structures des chaussées. Le groupe de travail a impulsé nombre d'innovations techniques, dont la moindre n'est pas l'adoption du bitume pur obtenu par distillation directe et l'abandon du bitume soufflé, donc vieilli artificiellement avant même d'avoir été épandu. Depuis la dissolution du Groupe national bitume, ce partenariat se poursuit au sein du CFTR⁽³⁾. » Autres innovations marquantes du RST réalisées en partenariat : l'adoption des premiers bitumes modifiés par des polymères à la fin des années 1970 ; la conception des chaussées multicouches, dans lesquelles les fonctions de structure et de sécurité de roulement sont dissociées ; et le développement de méthodes rationnelles de dimensionnement, permettant par le calcul de réduire les planches d'essais.

Mieux conserver le patrimoine

Les orientations actuelles du LCPC sont définies par le schéma directeur 2001-2004, énonçant cinq orientations prioritaires d'activités qui concernent la valorisation du patrimoine d'infrastructures, la maîtrise du rôle de l'infrastructure dans la sécurité routière, les infrastructures et l'environnement, l'optimisation des ouvrages de génie civil en milieu urbain, les nouveaux matériaux et les nouvelles technologies. Cette orientation prioritaire implique le diagnostic de l'état d'un ouvrage, le choix des techniques d'entretien (préventives ou curatives), la connaissance et l'étude des lois d'évolution des structures. Elle implique aussi une réflexion sur les possibilités d'adaptation de ces infrastructures, qui peuvent être requalifiées selon le contexte (chaussées routières transformées en voies pour tramway, par exemple). « Le LCPC cherche également à intégrer les axes économiques dans ses réflexions et à développer des méthodes d'optimisation technico-économique des politiques d'entretien, note Jean-Michel Piau. Par exemple, nous comparons différents scénarios d'entretien : très fort investissement sur l'infrastructure à la construction, pour une durée de vie longue, ou bien investissement plus léger, avec un budget d'entretien plus lourd. Les sociétés concessionnaires d'autoroutes choisissent plutôt la stratégie d'un investissement léger au départ avec adaptation en fonction du besoin. Nous fournissons aux décideurs les moyens d'évaluation de ces différents scénarios. »

Sécurité routière et développement durable

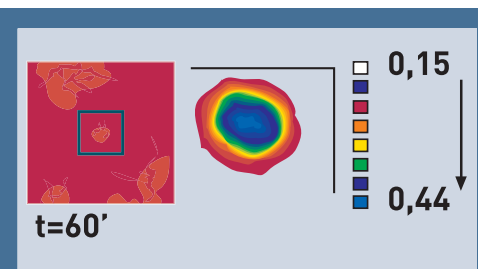
Il existe une demande forte de transport routier efficace et sûr. Les usagers attendent une réduction des risques d'accident, des temps de par-

cours réduits et stables et un confort accru. Cette demande concerne aussi bien le réseau national que l'ensemble des réseaux départementaux et communaux (95% des routes françaises). Auparavant, la sécurité était associée quasi exclusivement aux matériaux et à leurs caractéristiques en termes de glissance, d'adhérence ; aujourd'hui, le LCPC considère l'ensemble des facteurs, chaussée, véhicule et conducteur. Jean-Michel Piau : « Nous prenons aussi en compte l'environnement de la chaussée, son équipement, la perception qu'un conducteur peut avoir quand il arrive dans un virage. Lisibilité, visibilité et prévisibilité sont les trois critères majeurs qu'une route doit absolument satisfaire. Prochaine étape : les autoroutes "intelligentes", à base de technologies élargissant les interactions entre l'infrastructure, ses équipements, le véhicule et le conducteur. Historiquement, la priorité portait sur l'impact de l'environnement sur les infrastructures. Aujourd'hui, c'est le contraire : on prend en compte l'impact des routes sur l'environnement, qu'il s'agisse des bruits, de la pollution des nappes phréatiques ou des sols par les eaux de ruissellement, de l'utilisation de certains déchets en technique routière, de l'impact visuel, etc., lorsqu'on étudie la construction, l'entretien et l'exploitation. Pour répondre à la préoccupation de développement durable, l'accent est mis aussi sur l'analyse du cycle de vie des matériaux qui constituent la route, ce qui intéresse au premier chef le bitume. » Des études sont réalisées sur les poussières et fumées rejetées par les centrales d'enrobage ; d'autres, portant sur les techniques d'enrobés froides ou tièdes, sur le recyclage des matériaux de chaussée et le comportement au feu des enrobés, sont prévues ou en cours de développement, en partenariat avec le GPB et l'USIRF, avec l'intervention probable sur le dernier projet du Centre scientifique et technique du bâtiment, et avec des entreprises et laboratoires étrangers, dans le cadre de projets européens tels que Samarit (Sustainable Materials for Road Infrastructures).

LCPC et entreprises routières : le partage des rôles

Après s'être surtout intéressé aux liaisons interurbaines, le LCPC cherche à optimiser les infrastructures en zones urbaines, en prenant en compte leurs multiples fonctions. À noter, dans ce contexte, la recherche sur le bruit de roulement des chaussées. « Nous nous intéressons notamment aux chaussées à la fois peu bruyantes et permettant de traiter une partie de la pollution causée par le trafic, par exemple grâce à des aménagements (comme les remblais) susceptibles de filtrer les gaz émis », fait observer Jean-Michel Piau. Les objectifs de recherche développés dans les orientations prioritaires impliquent la mise en œuvre de technologies et de matériaux nouveaux. Le Laboratoire entend donc poursuivre des travaux sur la compréhension générale, par une recherche amont, des comportements des matériaux de génie civil, notamment les matériaux composites, hétérogènes et complexes. Il travaille ainsi sur

les aspects fondamentaux de la structure des enrobés, s'intéressant tout particulièrement aux aspects théoriques des interactions micromécaniques entre le liant et les granulats. « Bien que la question se soit posée de savoir si le LCPC est aussi bien placé pour innover en matière de matériaux enrobés que les entreprises routières – mieux à même de s'engager sur des solutions réalistes intégrant les contraintes de coût et de mise en œuvre – je pense que nous pouvons contribuer à maintenir une dynamique dans la recherche, affirme Jean-Michel Piau. Ainsi, nous sommes engagés dans des partenariats internationaux, avec les Pays-Bas en particulier, pour la recherche de matériaux durables. Nous travaillons également, en collaboration avec le Transport Research Laboratory et la Highways Agency, tous deux britanniques, et le Road Transportation Program de l'OCDE, sur le concept de chaussées à "longue durée de vie". Dans les deux cas, il s'agit d'options auxquelles ne s'intéresseraient peut-être pas les entreprises routières, puisqu'elles apparaissent plus chères au premier abord et ne s'appliquent que dans un domaine limité (trafic très intense, par exemple). »



Cellule de vieillissement adaptée à un microscope infrarouge

La connaissance du vieillissement des liants bitumes modifiés par des polymères (BmP) est nécessaire à l'approche de leur comportement *in situ*. La spectroscopie IRTF (Infrarouge à transformée de Fourier), dont le développement a fait l'objet d'un contrat entre le LCPC, Total et l'université d'Aix-Marseille, permet une analyse ponctuelle et simultanée des différentes phases en présence dans un échantillon de liant afin d'étudier l'influence des paramètres de composition et du mode de fabrication.

La physique des matériaux et des structures au service des technologies de pointe

Parmi les programmes de recherche sectoriels du LCPC, l'un porte sur les chaussées, et intéresse donc directement le bitume : les actions qui y sont menées peuvent concerner les plates-formes de chaussée, les essais sur les constituants, la caractérisation des matériaux bitumeux, les couches de roulement, les chaussées aéronautiques souples (en partenariat avec Airbus) ; ou encore le développement de matériels d'essai à grand rendement, circulant à vitesse élevée, qui permettent de prendre des mesures (densité, uni, épaisseur de la chaussée, etc.). « Nous étions auparavant très présents dans les applications, conclut Jean-Michel Piau. Nous cherchons maintenant à nous situer davantage à la frontière de ces applications et à aller plus en amont dans la physique des matériaux et des structures, en vue de déboucher sur de nouveaux concepts et innovations technologiques. Pour concrétiser cette politique, le LCPC accueille 70 doctorants, dont une dizaine travaillent sur le domaine des chaussées : comportement des enrobés en atmosphère très humide pour les pays tropicaux (une recherche menée par un doctorant colombien), comportement à la rupture des bitumes, collage béton bitumineux et béton hydraulique, fatigue des enrobés en laboratoire et *in situ*, fissuration sur chaussée semi-rigide (ce travail devrait déboucher sur la mise au point d'un protocole d'essai pour les procédés anti-remontée de fissures), approche tribologique des couches de roulement, etc. »

1. Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité.
2. Service d'études techniques des routes et autoroutes.
3. Comité français pour les techniques routières.



L'ENTRETIEN DES ROUTES DÉPARTEMENTALES, UN CHANTIER PERMANENT

AVEC PLUS DE 4 000 KM DE ROUTES DÉPARTEMENTALES, LE TARN ILLUSTRE BIEN LES PROBLÈMES QUE RENCONTRE UN DÉPARTEMENT À CARACTÈRE PLUTÔT RURAL POUR ASSURER LA MOBILITÉ ET LA SÉCURITÉ DES USAGERS DE LA ROUTE.

26 JUIN 2003. Quelque part sur la RD 53, dans la commune de Montirat (Tarn), aux abords de la vallée du Viaur, à une quinzaine de kilomètres de Carmaux. Sous le regard indifférent d'une vingtaine de ruminants accablés par la chaleur, la noria des camions et des compacteurs va et vient dans les virages entre pâtures et bocage. Après un nettoyage préalable à la balayeuse, c'est l'épandeur d'émulsion qui mène la danse, rampe déployée sur toute la largeur de la chaussée, immédiatement suivie par le camion-benne gravillonneur. Dans les virages les plus serrés, il lui faut faire une première passe en solo pour bien couvrir la chaussée, côté grand rayon. À quelques dizaines de mètres en arrière, les

compacteurs avancent et reculent, dans le grondement des diesels, le bruit de roulement des pneus haute pression et des cylindres lisses et le hullement des avertisseurs de marche arrière. Dans quelques jours, la balayeuse aspiratrice passera à son tour pour ramasser l'excès de gravillons. Délicate attention pour les pare-brise des voitures... Depuis ce matin, sous la direction de son chef de travaux, une des équipes de l'entretien routier du Parc départemental du Tarn, venue d'Albi, a commencé à revêtir d'un enduit superficiel une section de 5 kilomètres de cette route départementale. Dans la journée, 40 tonnes d'émulsion à 69% de bitume (Flexsem Visc 69-100), venues de l'usine Esso de Toulouse, via le



« Bouille » d'épandage de l'émulsion en action.



Gravillonnage en courbe sur l'émulsion fraîche.

des glissières de sécurité, élagage des plantations, etc. La politique routière départementale s'appuie sur une hiérarchisation du réseau dans laquelle on distingue : les voies de catégorie 1, qui sont les routes interdépartementales et de liaison avec le réseau national (450 km) ; les voies de catégorie 2, qui sont les routes reliant les principales agglomérations entre elles (950 km) ; les voies de catégorie 3, qui représentent tout le reste (2700 km). « Notre département a adopté un schéma routier pour la période 1995-2010, dont l'objectif est la modernisation progressive des routes. Mais les contraintes budgétaires font que notre objectif est aujourd'hui avant tout d'assurer la pérennité de notre patrimoine routier, avec une priorité à la sécurité des usagers », explique M. Pierre Albinet, chef du bureau Entretien routier au conseil général du Tarn.

L'OPTION CLÉ : LA GÉNÉRALISATION DES ÉMULSIONS DE BITUME

La contrainte financière c'est que, depuis plusieurs années, le budget alloué à l'entretien des routes du Tarn progresse moins vite que les prix des travaux publics, qui ont connu une augmentation d'environ 20 % depuis trois ans. « Nous avons pu réaliser des gains en productivité, grâce à des options techniques moins coûteuses, à l'acquisition de matériels plus performants et à une meilleure organisation du travail au sein du parc », observe M. Mauriès, mais ce n'est pas suffisant pour permettre d'atteindre tous les

objectifs initiaux. » La généralisation de l'utilisation des émulsions de bitume est en fait l'option clé qui a permis de maintenir l'entretien à un niveau acceptable en termes de pérennité du patrimoine et de sécurité. « Pour la sécurité, nous avons même fait des progrès, assure M. Albinet, puisque nous ne faisons plus d'enduits superficiels sur les voies de catégories 1 et 2, pour éviter les sorties de route liées aux gravillons roulants, pendant la période de stabilisation des enduits, et nous faisons du balayage systématique sur les voies de catégorie 3 après les enduits superficiels, pour éviter les projections de gravillons. » L'utilisation généralisée de l'émulsion de bitume s'explique d'abord par la variété des techniques possibles, toutes caractérisées par leur facilité d'emploi. Aisé-ment stockable, l'émulsion de bitume peut être appliquée par presque tous les temps, sans recourir systématiquement à de grosses machines. Pour les chantiers éloignés des centrales d'enrobage, la mise en œuvre de matériaux à froid est moins coûteuse que celle des enrobés à chaud. Si l'utilisation des techniques à l'émulsion, comme on le voit, n'a aucun impact négatif sur la sécurité, elle en a certainement un sur la longévité des équipements. « Là où on mettait des enrobés bitumineux à chaud, on met des enrobés coulés à froid. Et là où on mettait des graves-bitume et un béton bitumineux, on fait un reprofilage en graves-émulsion recouvertes d'un enrobé coulé à froid », poursuit M. Albinet. Cela veut dire qu'on remplace un investissement de vingt ans de durée de vie environ par un investissement d'une quinzaine d'années. »

L'hydrorégénération des routes départementales du Tarn



Pour traiter les secteurs de ces routes départementales présentant des zones de ressuage, dans lesquelles le mélange de granulats et de liant qui constitue l'enrobé ou l'enduit de surface a fait place à du bitume pratiquement pur - dont la très faible hauteur au sable pourrait être à

l'origine d'accidents de circulation -, le conseil général du Tarn réalise chaque année des campagnes d'hydrorégénération. Cette technique consiste à ôter l'excédent de liant autour des gravillons, sur enduit ou sur enrobés, à l'aide d'un équipement spécial, l'atelier RUGOR, qui est un procédé élaboré par Eurovia. L'atelier se compose d'une semi-remorque projetant de l'eau à haute pression par des jets tournants réglés à un angle bien défini, à une pression entre 100 et 1000 bars, d'une citerne ravitaillable de 28 000 litres, et d'une balayeuse aspiratrice classique. L'ensemble représente un train de véhicules d'une cinquantaine de mètres de longueur et a une capacité de traitement de 3 000 à 5 000 m² de chaussée par jour, selon la difficulté du travail à effectuer. Les hauteurs au sable obtenues après le passage de RUGOR sont supérieures à 0,8.



Compactage au moyen d'un compacteur à pneus et d'un cylindre lisse.

PRODUCTIVITÉ ET PERFORMANCES DES LABORATOIRES

Comme c'est souvent le cas, les contraintes budgétaires obligent à innover. Aujourd'hui, sur les 450 km de voies de catégorie 1, où le schéma routier prévoyait d'intervenir deux fois tous les 15 ans, une fois pour étancher en ECF et la seconde pour refaire un tapis en BB (béton bitumineux), on a limité les bétons bitumineux pour faire essentiellement de l'enrobé coulé à froid. Avec 1 400 000 m² traités en revêtement chaque année, le département assure un renouvellement moyen tous les 15 ans. Avec le même budget investi et des BB au lieu des ECF sur les catégories 1, on pourrait ne refaire les mêmes routes qu'une fois tous les 30 ans ! Chaque année, les travaux d'entretien dans le Tarn se répartissent ainsi : 50 000 à 100 000 m² de BB (voies de catégorie 1), 400 000 à 500 000 m² d'ECF (voies de catégories 1 et 2) et 700 000 à 800 000 m² d'enduits superficiels (voies de catégorie 3), auxquels il faut ajouter environ 100 000 m² de béton bitumineux pour 15 km de routes nationales (financés par l'État). L'augmentation de la productivité provient aussi des performances du laboratoire chargé du diagnostic de l'état des routes et de la formulation des interventions programmées. « En faisant appel à des techniques d'investigation pointues, il est possible

de faire des gains importants en quantité de matériaux sans diminuer la qualité, assure Bernard Raffanel, chef du laboratoire de la DDE. Aujourd'hui, avec l'établissement des profils transversaux par ultrasons, on peut ajuster les quantités de graves-émulsion nécessaires au reprofilage (40-50 kg/m²), alors qu'auparavant la quantité était souvent fixée arbitrairement à un minimum de 80 kg. Un centimètre en moins de GE, cela ne change rien à la résistance structurelle de la chaussée, mais cela économise les deniers de la collectivité. »

OPTIMISER LE DIMENSIONNEMENT DES INTERVENTIONS

La bonne utilisation de la technique est aussi affaire d'expérience et d'une dose d'imagination. Un des problèmes que pose le réseau, déjà ancien, c'est le ressuage : dans de nombreuses sections de routes, il existe des zones où le bitume pur apparaît à la surface de la chaussée. À cela, plusieurs causes possibles : les gravillons ont été chassés par les pneus, ou bien ils se sont enfoncés par indentation à l'intérieur du support. « Il est très difficile de venir à bout de ce phénomène sans refaire entièrement la chaussée, explique M. Raffanel. Les techniques habituelles d'épandage de gravillons propres ou mouchetés, c'est-à-dire comportant quelques petites taches de bitume, ne donnent pas toujours

Repères

4 050 km de routes départementales, 1 350 km de réseau principal (catégories 1 et 2), 2 700 km de réseau secondaire (catégorie 3), 1 350 ponts et ouvrages d'art, 4 800 km de fossés, 2 100 km de signalisation horizontale

296 accidents (-19,6 %), 37 tués (-2,6 %), 138 blessés graves (-12,1 %)

XII^e contrat de Plan État/région 2000/2006 : 967 M€, dont 252 M€ de travaux dans le Tarn ; 1 100 000 voyageurs/an sur les services routiers départementaux, dont 850 000 voyageurs scolaires.

entière satisfaction. Nous avons recours, depuis quelques années, à une technique qui était presque abandonnée, l'hydrorégénération (voir encadré), qui conduit à de très bons résultats et que nous souhaitons vivement voir se développer ailleurs pour pérenniser l'utilisation de cette technique ! » D'une manière générale, l'observation bien menée de l'état des chaussées avec leur notation, les campagnes de mesures comme celle de la déflexion à la poutre de Benkelmann ou celle de la portance de la plate-forme à la Dynaplaque, de même que les contrôles de qualité effectués sur les travaux réalisés orientent le choix des techniques d'intervention et leur dimensionnement, de façon à optimiser les interventions et à réduire leur coût. « Grâce à la compétence des hommes et à la maîtrise des techniques et des outils, nous tirons certainement le meilleur parti possible des moyens à notre disposition, ajoute M. Albinet. Mais, comme le montre le suivi à grande échelle (500 à 1 000 km/an) de l'état des chaussées que nous faisons réaliser régulièrement par le laboratoire des ponts et chaussées de Midi-Pyrénées, nous craignons de ne pas réussir à maintenir le niveau de qualité du patrimoine existant si ces moyens n'augmentent pas dans les années à venir. »

1. Lorsque l'émulsion utilisée présente une forte viscosité, il est recommandé de retenir un dosage de 1,3 kg/m² au minimum pour la première couche et d'appliquer le même dosage pour la seconde.

VOIES CONFORTABLES POUR MODES DE TRANSPORT DOUX



PRÈS DE 3 000 KM DE VOIES SÉPARÉES DU RÉSEAU ROUTIER, RÉSERVÉES AUX CYCLISTES, AUX PRATIQUANTS DU ROLLER ET AUTRES JOGGEURS OU FONDEURS, ONT ÉTÉ AMÉNAGÉS DANS NOTRE PAYS. LES REVÊTEMENTS À BASE DE BITUME S'IMPOSENT COMME LA SOLUTION IDÉALE POUR APPORTER AUX UTILISATEURS UN MAXIMUM DE CONFORT ET DE SÉCURITÉ.

« AVEC JUSQU'À 1 500 USAGERS par jour, la voie verte Givry-Cluny est une réussite et un exemple souvent cité comme une référence », souligne Frédéric Rollet, membre de l'Association pour le développement des véloroutes et des voies vertes. À l'origine des 44 km de cette voie, il y a la motivation d'André Gentien, conseiller général et maire de Buxy :

« Avec le canton de Saint-Gengoux-le-National, nous cherchions, dans les années 90, un projet pour "booster" l'économie locale, raconte-t-il. Notre département est situé sur l'axe nord-sud, dans le triangle d'or Beaune-Cluny-Tournus... Mais les touristes nous traversaient sans s'arrêter ! » L'idée surgit de développer les modes de transport doux, en créant des voies qui leur soient réservées.

« Nous avons pensé transformer en voie verte les 44 km de l'ancienne liaison ferrée Chalon-sur-Saône-Mâcon, via Cluny, poursuit André Gentien. Une étude a montré qu'on pouvait compter sur 750 passages par jour pendant le week-end et créer une trentaine d'emplois dans l'industrie du tourisme d'accueil local (restaurants, gîtes, hôtels...). Un investissement de moins

de 2 millions d'euros a été nécessaire. Le maître d'ouvrage est le conseil général, avec un apport de 600 000 euros. La chambre de commerce, la Région et les fonds européens ont également participé au projet. Une retombée de 1,2 million par an était prévue. Maintenant, nous ne chiffons plus ! » Si la voie Givry-Cluny n'est pas la première route réservée aux transports doux, sa spécificité est d'être devenue un véritable complexe touristique. Des voyageurs étrangers organisent autour d'elle les séjours d'une clientèle britannique, allemande, hollandaise et même... américaine. « Elle est devenue un axe clé permettant de faire découvrir le patrimoine de la région : ses vignobles, ses églises, son abbaye... avec des haltes en restaurants et hôtels 3 étoiles. Ce tourisme à vélo organisé s'adresse à une clientèle aisée », explique Frédéric Rollet.

Le choix d'un revêtement à la hauteur des exigences des utilisateurs

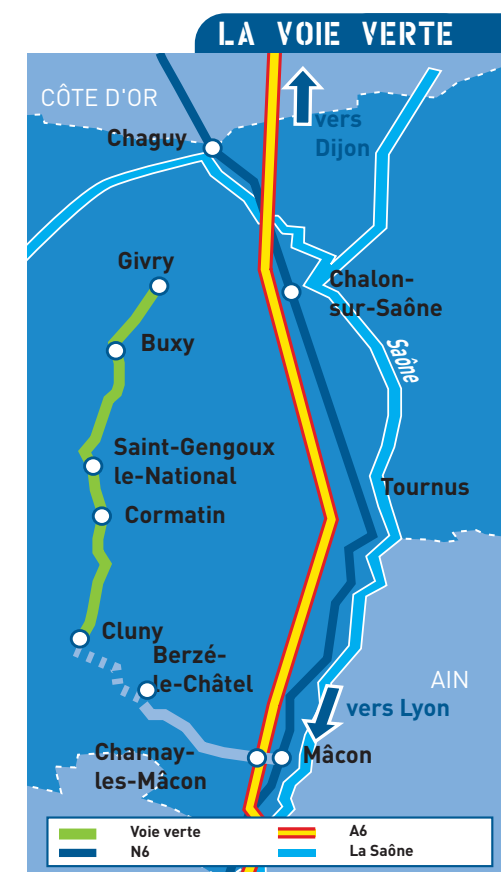
Le revêtement choisi pour cette voie se devait d'être à la hauteur. « Entre sablé stabilisé et enrobé bitumineux, j'ai misé sur le second, raconte André Gentien. Et j'ai bien fait, car au moins 40% des utilisateurs sont des pratiquants du roller, dont les exigences en matière de surface de roulement sont les plus élevées. Plus cher au départ, ce produit de qualité nécessite moins d'entretien que le stabilisé. »

Le roller, c'est souvent le « juge de paix » qui détermine le choix du revêtement : si les rollers sont satisfaits, cyclistes, personnes handicapées en fauteuils roulants et utilisateurs de poussettes le sont aussi. La société SCREG fait partie des six entreprises ayant participé en 1997 à l'aménagement de cette liaison. Elle s'est occupée d'un tronçon de 22 km. « Sur la voie ferrée abandonnée depuis longtemps par la SNCF, il a d'abord fallu défricher puis retirer l'ensemble rails-traverses, explique Laurent Falourd, conducteur de travaux. Le ballast était constitué d'une couche de cailloux d'une granulométrie de 40 à 60 mm, sur environ 50 cm d'épaisseur. Nous en avons retiré 25 cm. Sur la couche restante de cailloux, nous avons ajouté environ 20 cm de concassé de 0/31,5 afin d'obtenir une bonne assise de type routier. Par-dessus, nous avons appliqué un enduit de cure, à l'émulsion de bitume. Nous avons ensuite gravillonné, avant

de poser 5 cm d'enrobé 0/6 (fabriqué par la centrale Chalon Enrobés), en gravillons calcaires provenant de la carrière de Comblanchien (près de Dijon). Ce matériau local est très clair : les voies blanchissent peu à peu et ne jurent pas dans le paysage champêtre. Nous avons travaillé les accotements en y semant du gazon. Il a également fallu curer, à l'aide d'une mini-pelle, les fossés d'assainissement ferroviaires, encombrés de racines et de terre, qui courent le long des emprises pour permettre l'évacuation de l'eau. Ces 22 km de voie représentent une surface de 66 000 m², soit 28 000 tonnes de concassé, 7 900 tonnes d'enrobés, 66 tonnes d'émulsion. » M. Monthulé, technicien territorial, responsable du bureau Voie verte au conseil général de Saône-et-Loire, intervient sur les études de faisabilité, le suivi technique. « Sur ce genre de voies, explique-t-il, la couche d'enrobé ne doit pas être trop mince. Sur la section Givry-Cluny, l'épaisseur posée au départ est de 4 cm environ. Les secteurs suivants ont été passés à 6 cm, pour faire face aux tassements. L'entretien est prévu au moyen de véhicules à pneus basse pression, étant donnée l'activité viticole de la région. Question confort, la granulométrie fine du béton bitumineux 0/6 est idéale pour les utilisateurs de rollers, la clientèle la plus difficile. »

Pas d'entretien pendant au moins dix ans

L'asphalte coulé est confortable mais assez coûteux et il supporte mal les fortes chaleurs. Le béton, qui a été choisi par le conseil général de Savoie pour une partie de l'avenue verte de Chambéry, offre moins de confort et il est moins bien accepté par les rollers. Si l'on veille au problème des racines traçantes, les enrobés bitumineux paraissent bien offrir la solution la plus intéressante : la fiche technique nationale observe que, s'ils sont d'une qualité adaptée et mis en place avec soin, les enrobés ne nécessitent pas d'entretien particulier pendant au moins dix ans. De plus, ils s'éclaircissent avec le temps et laissent apparaître la couleur du granulat. Un atout non négligeable : « À la campagne, explique Frédéric Rollet, certaines petites collectivités hésitent à poser de l'enrobé, parce qu'il rappelle trop le réseau routier. » Concernant la couleur de l'enrobé bitumineux, Laurent Falourd rappelle qu'on peut aussi « utiliser un bitume de



synthèse et un colorant, donnant à l'enrobé ainsi constitué un aspect naturel rappelant celui des chemins de terre. Mais ces bitumes coûtent, à l'achat, nettement plus cher que le bitume classique. »

Des solutions devraient apparaître au fur et à mesure que la demande s'accroît. Pour l'heure, par rapport aux 8 000 km prévus par le schéma national d'itinéraires cyclables de 1998, la longueur totale de voies réalisées n'a pas été chiffrée.

Jean-Marie Berthier, chargé de mission Politique nationale du vélo au ministère de l'écologie et du développement durable, souligne que 15 régions ont contractualisé dans le cadre du Plan État-région 2000-2006, mais que « d'autres initiatives régionales ont aussi été lancées en dehors de ce Plan, avec l'aide de l'État ». Le catalogue de l'association AF3V recense quant à lui 2 810 km de pistes. Toutes ne sont pas recouvertes de revêtements lisses. L'association milite pour la réalisation sur tout le territoire d'un circuit parallèle au réseau routier, branché sur les agglomérations et permettant de les traverser. Un objectif qui offre un bel avenir aux voies de circulation douce et... aux revêtements bitumineux. ||