

ROUTES

■ BÉTONS : ROUTES, ENVIRONNEMENT, PAYSAGES ■

N° 64



CIM Béton
CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

- **Le point sur la Vendée**
- **Innovation : Auxerre, du béton en remplissage de tranchées**

Sommaire

2

EN BREF

AMÉNAGEMENT DU JARDIN DE
LA MAIRIE DU PUY-SAINT-BONNET
(49).

3

LE POINT SUR
LA VENDÉE (85)

VOIRIES ET AMÉNAGEMENTS
URBAINS EN BÉTON.

CE QU'EN PENSENT LES ÉLUS,
LES MAÎTRES D'ŒUVRE ET
LES ENTREPRISES.

7

A6 - AIRE DES
CHÂTAIGNIERS
(45)

Du BCMC POUR LA RÉHABILITA-
TION D'UNE AIRE D'AUTOROUTE.

10

ROUTES
EN CHIFFRES

11

AUXERRE (89)

Du BÉTON EN REMPLISSAGE
DE TRANCHÉES.

14

GUILBERVILLE
(50)

Du SABLE TRAITÉ AU CIMENT POUR
L'A84.

18

SAINT-AIGNAN (41)

Du BÉTON DÉSACTIVÉ POUR UN
PARC ANIMALIER.

Le Puy-Saint-Bonnet (49)



Du béton désactivé pour les jardins paysagés de la mairie

Au Puy-Saint-Bonnet, dans le Maine-et-Loire, les jardins de monsieur le curé sont devenus ceux de la mairie : deux terrasses de 1 000 m² chacune, engazonnées et plantées de quelques grands arbres, ont remplacé les cultures d'hier. Sobre, le nouveau paysage confine même à la tristesse. Le "pavillon", entouré de son bouquet d'arbres, attire tout de même l'attention, tandis que l'ancien réseau de murs qui cloisonnait jadis les jardins mérite pour sa part une restauration. Voilà en tout cas l'état des lieux de la partie arrière de la mairie du Puy-Saint-Bonnet (commune associée à Cholet) au moment de son réaménagement.

Sur les traces du passé

La topographie, le parcellaire, les vues et l'empreinte du passé guident naturellement vers la création d'un lieu clos, intime et fleuri, inspiré des anciens jardins de la cure. Baptisé d'ailleurs "jardins de Curé", le nouvel aménagement se développe sur une des deux terrasses existantes, autour d'une croix tracée par un ensemble de pergolas (des piliers de béton peint en blanc conjugués à des traverses en aluminium reliées par des câbles) et de murets de pierre inspirés de l'existant. Un savant mélange de tradition et de modernité, donc.



Du béton désactivé pour une harmonie d'ensemble

Matériau des ouvrages et des allées, le béton désactivé (gravillons roulés de Saint-Fraimbault et de Seiches) s'est imposé au maître d'œuvre (ville de Cholet, service Espaces verts) par sa couleur et sa texture, toutes désignées pour vivre en harmonie avec les autres composants minéraux du jardin. Fourni par EDM, ce béton a été mis en œuvre par l'entreprise Bomme.



Mais l'aménagement ne sera pleinement achevé que lorsque les plantations seront terminées : en effet, des haies de charmes taillées et des alignements de tilleuls, des rosiers buissons et des rosiers grimpants, accompagnés de deux mille plantes vivaces, viendront bientôt animer l'endroit de leurs couleurs et de leurs parfums.

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS
7, place de la Défense - LA DÉFENSE 4
92974 Paris-la-Défense Cedex

Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Le désactivé, trait de caractère de la Vendée

Destination touristique reconnue, la Vendée attire chaque année deux millions de visiteurs, dont 95 % viennent profiter des 150 kilomètres de plage offerts par le département. Malgré sa vocation encore très rurale, tournée vers les grandes cultures dans le sud du département et l'élevage dans le bocage, épaulée par un secteur agro-industriel dynamique tiré par Fleury-Michon et Arrivé, la Vendée dispose d'ores et déjà d'un tissu industriel de PME relativement dense. En outre, elle héberge quelques groupes industriels d'envergure nationale, voire européenne, dans la fabrication de bateaux de plaisance (Bénéteau et Jeanneau) ou encore dans la confection (Albert).

Ce sont bien sûr les plages qui ont fait la réputation du département, mais la Vendée pourra bientôt ajouter au nombre de ses charmes l'éventail de ses aménagements urbains en béton. De nombreuses communes ont en effet eu recours à ce matériau pour apporter un peu plus de caractère à leur bourg. À La Faute-sur-Mer, dans l'anse de l'Aiguillon, ce sont les trottoirs de la rue principale, où sont situés les commerces, qui ont fait l'objet d'un traitement en béton désactivé. Toute proche, l'agglomération des Sables-d'Olonne fait la part belle au matériau dans plusieurs communes : pour une piste cyclable, des trottoirs et des caniveaux à Château-d'Olonne, pour l'esplanade de la gare aux Sables-d'Olonne et enfin pour la place de la mairie à Olonne-sur-Mer. Le bocage s'est lui aussi intéressé au matériau : à Saint-Michel-Mont-Mercure, où se termine l'aménagement du centre-ville avec



▲ Saint-Laurent-sur-Sèvre : plus de 4 000 m² de béton désactivé ont été réalisés.

REPÈRES

- SUPERFICIE : 6 720 km²
- POPULATION : 509 354 habitants, dont 51,3 % de ruraux
- DENSITÉ : 75 habitants/km²
- NOMBRE DE COMMUNES : 283
- GRANDES AGGLOMÉRATIONS : La Roche-sur-Yon, Les Sables-d'Olonne
- PRÉFECTURE : La Roche-sur-Yon
- SURFACES CONSTRUITES RECENSÉES : 50 000 m² de béton désactivé

trottoirs, passages piétons et placette, mais aussi à Boufféré pour une traversée de village et à Chavagnes-en-Paillers pour des trottoirs.

MOINS DE RÉTICENCES AUJOURD'HUI

Depuis son apparition en Vendée il y a une dizaine d'années, le béton désactivé a beaucoup progressé, comme l'explique Robert Poiblan, directeur de Vendée Béton Contrôlé : "Au fil des livraisons et des chantiers, nous avons grandement amélioré la composition des bétons destinés à la désactivation, et nous avons amé-

nagé une centrale il y a trois ans pour nous donner les moyens de répondre à la demande, notamment pour pouvoir produire de petites quantités de béton désactivé à destination du marché des particuliers." Et s'il se fait chaque année un peu plus de béton désactivé, c'est notamment parce que la technique est mieux maîtrisée. Robert Poiblan confirme : "Les petites entreprises et les maçons ont eu certaines réticences vis-à-vis de ce genre de produit qui leur semblait peut-être compliqué, mais aujourd'hui la pratique passe bien et le matériau s'étend de plus en plus. Au départ, il a fallu une contribution de chacun, c'est-à-dire des réunions,



[ROBERT POISBLANC]
Vendée Béton Contrôlé

« Au fil des livraisons et des chantiers, nous avons grandement amélioré la composition des bétons destinés à la désactivation. »

un suivi des chantiers, etc. Le béton désactivé est un produit qui a une certaine valeur : si on ne le met pas en œuvre correctement, cette valeur disparaît. Parmi les granulats les plus fréquemment utilisés en Vendée, on trouve essentiellement des productions locales, les granulats Palvadeau de la région de Challans, et ceux des carrières de la Lande à La Mothe-Achard. Parfois, cependant, il est fait appel à des granulats d'une autre origine, comme ceux de Mansle et de Seiches-sur-le-Loir. "Il nous arrive de travailler avec un gravier rouge, un concassé de Saint-Varent, qui nous a permis de contrer le développement des enrobés rouges", précise encore Robert Poisblanc.



▲ Boufféré : outre le confort, le béton apporte plus de sécurité en distinguant bien les différentes fonctions des espaces urbains.

UN CARACTÈRE ASSEZ GAI

Haut lieu de la Vendée, Saint-Laurent-sur-Sèvre est une commune atypique. Elle l'était avant même que le pape n'y vint en pèlerinage en 1996. Principalement parce que seuls 3 500 habitants sur 5 000 y résident à l'année, tandis que le solde se compose d'étudiants qui fréquentent des établissements privés religieux. Et dans cette petite bourgade située à quelques kilo-



▲ Boufféré : 2 300 m² de béton désactivé ont été coulés pour la rénovation des trottoirs de l'avenue qui traverse la commune.



▲ La Faute-sur-Mer : le béton désactivé, réalisé avec un roulé Palvadeau, occupe les trottoirs de la longue rue qui mène à la plage.

mètres de Cholet, aux confins de la Vendée, du Maine-et-Loire et des Deux-Sèvres, le béton désactivé entre dans un vaste projet de réaménagement du bourg dont les premières tranches ont débuté en 1991. Les aménagements couvrent essentiellement des trottoirs et des ronds-points. "Au départ, se souvient le maire Jean-Claude Benaiteau, j'ai précisé à l'architecte-urbaniste qu'il devait travailler sur trois matériaux, le granit, le verre et... la lumière, parce que j'estimais que cela collait bien avec l'esprit de la commune." Mais le coût élevé des dallages granit a obligé la commune vendéenne à changer son fusil d'épaule pour se tourner vers le béton désactivé. "Je trouve que c'est un

matériau qui se marie très bien avec le granit que nous avons chez nous, poursuit-il, et qui donne un caractère assez gai à l'ensemble."

Si le béton désactivé est aujourd'hui parfaitement accepté par les administrés, le maire se souvient, dans les premiers temps, d'avoir eu des difficultés à convaincre ses conseillers municipaux : "Il a fallu que le conseil se déplace sur le terrain pour voir l'un des tout premiers chantiers de ce type. C'était très nouveau à l'époque." Dix ans ou presque après ce premier aménagement, les projets foisonnent toujours à Saint-Laurent-sur-Sèvre. Depuis les lotissements qui se garnissent à vue d'œil jusqu'aux constructions envisagées pour accompagner le développement du tourisme – centre culturel, piscine, etc. –, Jean-Claude Benaiteau fera de nouveau appel au béton désactivé : "C'est un matériau qui a séduit les administrés. Il permet, à condition de le scier correctement, d'effectuer des reprises sans difficulté, et il est très facile à entretenir puisqu'un jet d'eau à haute pression suffit."



▲ Les Sables-d'Olonne : 3 000 m² de béton désactivé pour une esplanade piétonnière.

Autre exemple, plus récemment : la ville de Luçon, à l'autre extrémité de la Vendée, en bordure du marais, a réalisé un aménagement de premier ordre en début d'année pour accompagner la rénovation du quartier des halles. Un projet urbanistique d'importance qui prévoit de relier le marché au centre-ville et d'apporter, par l'implantation de nouveaux services, une fréquentation régulière tout au long de la semaine. Conjugée aux nouveaux emplacements créés par la disparition de certains bâtiments, la luminosité du béton désactivé augmente sensiblement la notion d'espace qui se dégage du nouvel ensemble. Et offre à un équipement ancien un nouveau rayonnement que les administrés semblent apprécier.



▲ Luçon : choisi comme alternative à l'enrobé, ce béton aux granulats d'un ton très clair égaye la place.

UNE CHAUSSEE ENTIÈREMENT EN BÉTON

Pour l'entreprise Sofultrap, installée à Saint-Fulgent, le béton désactivé s'est présenté comme une opportunité de diversification supplémentaire où le béton vient en complément d'une activité de TP basée sur le noir. Passé maître en la matière, Sofultrap est aujourd'hui un des plus gros faiseurs de béton désactivé de la Vendée : "Les aménagements de bourgs sont un peu notre *tasse de thé*", sourit Pascal Micheneau, du bureau d'études de l'entre-



[JEAN-CLAUDE BENAITEAU]
maire de Saint-Laurent-sur-Sèvre

« La commune n'avait pas les moyens de s'offrir du dallage granit. Nous avons donc avantageusement opté pour le béton désactivé. »



▲ Olonne-sur-Mer : trottoirs, espaces piédonniers, zones de stationnement, voirie soumise à la circulation, le béton répond à toutes les contraintes.

prise. Nous nous impliquons de plus en plus dans les traitements de surface car cela nous apporte beaucoup sur le plan de l'image. Nous avons formé des équipes spécialement pour ce style de travaux, car le béton désactivé est un matériau qui exige un minimum d'expérience." Et Pascal Micheneau d'insister sur la préparation, capitale, de ce type de réalisation : "Lorsqu'on souhaite faire du béton désactivé soumis à la circulation, il faut s'en donner les moyens, c'est-à-dire dimensionner les chaussées avec exactitude et adapter les fondations. Mais il faut également éviter d'avoir des formes trop étroites, avec des incrustations. Le cadre idéal du béton soumis à la circulation est un carré ou un rectangle de 5 x 5 m, car la



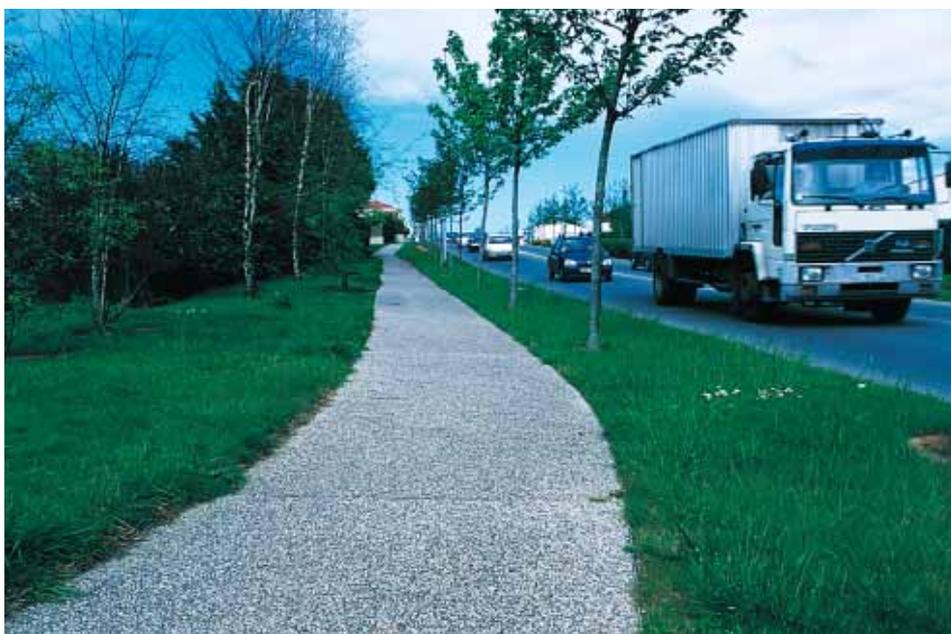
▲ Luçon : le matériau s'accorde parfaitement avec le bâti ancien qui a été préservé, et offre de nouveaux espaces protégés aux piétons.



▲ Luçon : le béton désactivé a été mis en œuvre dans le cadre de la refonte totale du quartier des halles.

force du béton est dans sa masse." S'il avoue donc une préférence pour l'utilisation du béton désactivé en zone piétonne, Pascal Micheneau loue avant tout la souplesse du matériau : "On peut lui donner toutes les couleurs et toutes les textures imaginables uniquement en jouant sur les granulats et sur les paramètres, sans même évoquer l'usage possible de colorants !"

Au printemps dernier, l'entreprise de Saint-Fulgent a réalisé un chantier de référence à L'Herbergement, autre commune vendéenne. Cinq mille mètres carrés de béton



▲ Château-d'Olonne : séparée de la chaussée, la piste cyclable en béton désactivé offre une sécurité totale aux cyclistes.



▲ Château-d'Olonne : les trottoirs ont également été réalisés en béton désactivé.

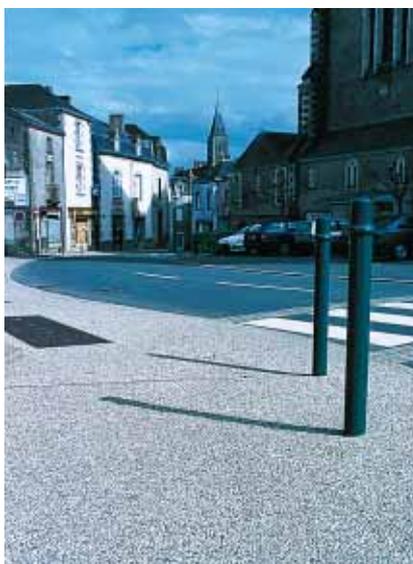
désactivé y ont été mis en œuvre, mais également 2 km de caniveaux et de bordures en béton extrudé coloré. Un béton réalisé pour l'occasion et, pour améliorer le rendu, avec du ciment blanc ! "Aujourd'hui, nous pouvons réaliser une chaussée entièrement en béton, depuis la bande de



[PASCAL MICHENEAU]
Sofultrap

« Le béton désactivé a séduit les maîtres d'ouvrage parce qu'il est robuste et parce qu'il est possible de lui donner les couleurs et les formes que l'on souhaite. »

roulement en béton balayé aux trottoirs en béton désactivé en passant par les bordures et les caniveaux extrudés, avec une multitude de combinaisons. Mais utiliser en voirie un matériau robuste comme le béton ne dispense pas d'un minimum d'entretien", ajoute encore Pascal Micheneau, qui y voit un investissement rentable pour les collectivités. Un investissement qui intéresse de plus en plus les particuliers : "Pour les allées de jardin ou les entrées de garage, le béton désactivé est tout de même plus facile à vendre que l'enrobé !" Les granulats vendéens ont donc de beaux jours devant eux. ■



▲ Chavagne-en-Pailers : Le béton désactivé mis en œuvre dans la commune a servi à la réfection des trottoirs du centre-ville.



QUELQUES RÉFÉRENCES

(béton désactivé, coloré et imprimé)

BOUFFERÉ trottoirs (2 300 m²)

CHÂTEAU-D'OLONNE trottoirs, piste cyclable (2 600 m²) et bordures de trottoirs (2 km)

CHAVAGNES-EN-PAILLERS trottoirs (2 000 m²)

LA FAUTE-SUR-MER trottoirs (1 150 m²)

LES HERBIERS aménagement du centre-ville et espace d'Herbanges (3 760 m²)

LES SABLES-D'OLONNE esplanade de la gare (3 000 m²)

OLONNE-SUR-MER trottoirs, voirie soumise à la circulation et parking (2 000 m²)

SAINT-LAURENT-SUR-SÈVRE trottoirs, ronds-points (4 000 m²)

SAINT-MICHEL-MONT-MERCURE centre-ville et trottoirs (2 500 m²)

Autres aménagements en béton réalisés en Vendée : environ 27 000 m²

Le BCMC gagne la France

La technique du béton de ciment mince collé a déjà fait ses preuves aux États-Unis. Elle apparaît maintenant en France, avec la réhabilitation d'une aire d'autoroute à la chaussée endommagée par le stationnement des poids lourds. Cette utilisation originale du béton constitue une avancée déterminante dans le domaine du traitement des structures soumises à une circulation intense : durable, économique, elle permet une remise en service après seulement 24 heures.

Seule la présence, en ce matin d'hiver sec et ensoleillé, de nombreux spécialistes des chaussées et de plusieurs représentants de la profession, trahissait le caractère exceptionnel de l'intervention menée sur l'aire des Châtaigniers, sur l'A6, en direction de la province, entre les sorties de Courtenay et de Joigny. Pourquoi porter tant d'intérêt à une opération en apparence ordinaire, le chantier consistant en l'application de béton désactivé sur une bande de stationnement de poids lourds de 615 m² ? "Nous nous trouvons



▲ La bonne adhérence du béton sur l'enrobé exige un nettoyage après rabotage de l'assise.



▲ Située sur l'autoroute A6 aux environs de Joigny, l'aire des Châtaigniers constitue la première référence en matière de béton de ciment mince collé (BCMC).

en présence d'une chaussée en enrobés ornierée par huit années de fonctionnement, répond Didier Chambon, responsable viabilité à la direction régionale d'exploitation du Gâtinais à la SAPRR. Plutôt que de procéder à un rechargement classique avec une nouvelle couche d'enrobés, nous avons choisi une solution

innovante, celle de l'entreprise Gailledrat : une reconstruction par l'application d'une faible épaisseur de béton après rabotage." Développé en France grâce à un partenariat entre l'entreprise et le cimentier Vicat, la technique du BCMC (béton de ciment mince collé), encore dénommée "white-topping" aux États-Unis où elle est apparue en 1990, repose justement sur le "collage" du béton sur l'enrobé existant, sans qu'il soit nécessaire d'appliquer une couche d'accrochage, l'adhérence des matériaux l'un sur l'autre étant naturellement excellente. "L'idée consiste à faire travailler l'ensemble de la structure de façon monolithique, en tirant parti des qualités des deux matériaux, explique Ludovic Baroin, chef d'agence chez Gailledrat. Nous parvenons ainsi à réduire l'épaisseur du béton à 8 ou 6 cm, voire moins, comme sur ce chantier expérimental où nous descen-

ons jusqu'à 4 cm. La rigidité du BCMC répartit les charges et s'oppose ainsi à toute nouvelle déformation." Et ce, sans porter atteinte à la qualité première d'une chaussée en béton, qui est la durabilité.

FORMULATION "CHOC" POUR REMISE EN SERVICE RAPIDE

La formulation étudiée en collaboration avec Redland, fournisseur du béton, fait apparaître plusieurs particularités : utilisation d'un ciment de type CPA-CEM I 52,5 R, qui offre une montée en résistance plus rapide qu'un CPJ-CEM II/A ou B classique, et présence d'un superplastifiant et d'un entraîneur d'air. "Le temps de malaxage en centrale atteint 80 ou 85 secondes, durée nécessaire à la bonne répartition du réseau de bulles d'air dans le béton, explique Bernard Sigwald, responsable de

CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON :

Résistance à la compression à 24 heures	28 MPa
Résistance à la compression à 7 jours :	32 MPa
Résistance à la compression à 28 jours :	47 MPa
Affaissement au cône d'Abrams :	2 à 4 cm
Air occlus	4,5 %



▲ Le béton est approvisionné par toupie devant la machine à coffrage glissant...



▲ ... qui traite une bande de 4,50 m de large en une passe.

la région Bourgogne chez Redland. Par ailleurs, les granulats ont été choisis pour leur grande résistance à l'usure, leur coefficient de polissage étant supérieur à 0,53." En outre, le béton est renforcé par des fibres polypropylène qui contribuent à réduire la microfissuration et la perméabilité, l'augmentation de la résistance aux chocs et à l'éclatement contribuant à améliorer sensiblement l'aspect des lèvres des joints à court terme et à long terme.

"L'objectif était de remettre en service la plateforme au bout de 24 heures, explique Pascal Boutin, responsable des services techniques de Redland pour les régions Ile-de-France et Bourgogne. Nous avons prévu d'atteindre une résistance à la compression de 20 MPa à 24 heures, mais les résultats des essais sur les éprouvettes ont largement dépassé nos espérances : nous avons obtenu une valeur de 28 MPa."

MISE EN ŒUVRE CLASSIQUE

Suivant les zones, la bande existante, d'une largeur de 4,50 m et d'une longueur de 150 m, a été rabotée sur des épaisseurs de 8, 7, 6, 5 puis 4 cm, correspondant aux épaisseurs de béton à mettre en œuvre afin de vérifier la validité du procédé même dans les cas extrêmes. Le béton, acheminé par camion-toupie, est déversé à l'avant d'une machine à coffrage glissant classique, guidée en altimétrie par un fil

latéral. Le caractère expérimental de l'opération a permis d'adapter légèrement la formulation après la première livraison, en modifiant les quantités de sable et d'eau pour faciliter la mise en œuvre, la machine ayant rencontré au départ quelques difficultés pour vibrer suffisamment le béton, insuffisamment maniable, ce qui a nécessité quelques interventions manuelles pour garantir une bonne régularité de la surface. Un agent désactivant, appliqué dans la foulée à l'aide d'un pulvérisateur, a permis d'inhiber la prise du béton en surface. Puis, quelques heures plus tard, on a procédé à un lavage à l'eau sous pression qui a permis de dégager légèrement les granulats. "Toutefois, la faible épaisseur du béton demande de diminuer la distance entre les traits de scie qui matérialisent les joints de retrait, souligne Ludovic Baroin.



▲ La capacité de vibration de la machine à coffrage glissant est un paramètre important (vue des vibreurs).

L'espacement des joints varie entre 0,90 m et 1,50 m." Après un marquage soigné, rendu compliqué par la variabilité des épaisseurs (5 cas de figure), les joints ont été découpés sur un tiers de l'épaisseur, à l'aide d'une scie portative électrique adaptée, très maniable.

Réalisée le 26 novembre 1997, la plateforme en béton mince a été remise en service le lendemain, conformément au



▲ Un capteur fournit à la machine une référence en altitude (guidage par fil latéral).

cahier des charges. Après onze semaines d'utilisation normale, et malgré d'importantes sollicitations, la nouvelle structure ne présentait, même au niveau des plus faibles épaisseurs, aucun signe de fatigue ou de dégradation, validant ainsi la pertinence de l'essai.

SOLUTION DURABLE

La faible épaisseur des bétons mis en jeu permet de placer la technique à un niveau équivalent à celui des solutions courantes que sont la thermorégénération ou l'application d'une nouvelle couche d'enrobés. Avec un atout déterminant : l'assurance de ne plus avoir à répéter indéfiniment l'opération au fur et à me-



▲ Des retouches manuelles ont parfois été nécessaires.

Principaux intervenants

- MAÎTRE D'OUVRAGE : SAPRR
- MAÎTRE D'ŒUVRE : SAPRR
- ENTREPRISE : Gailledrat
- FOURNISSEUR DU BÉTON : Redland



▲ Application du désactivant.

sure que la chaussée se dégrade sous les sollicitations, la durabilité du BCMC étant similaire à celle des bétons classiques. "Des comptes rendus de chantiers réalisés aux États-Unis, au Canada, au Mexique, en Argentine et en Belgique mettent en évidence l'intérêt de cette technique, confirme Gérard Bonnet, chargé d'études au département Systèmes techniques pour la ville au sein du groupe Génie urbain du Certu (Centre d'études sur les réseaux, les transports et l'urbanisme et les constructions publiques). Les performances élevées pour de faibles épaisseurs en font une solution intéressante pour le renforcement des chaussées urbaines, en particulier pour les voies réservées aux transports en commun, très sollicitées par un trafic agressif et canalisé. De plus, le dénudage en surface de ces bétons de faible granulométrie peut contribuer à la sécurité, par ses propriétés d'adhérence, au confort, par la diminution des bruits de roulement, et à l'esthétique."

bures, l'installation des remorques sur leurs béquilles, et aussi les manœuvres, lourdes de conséquences surtout en été, quand le revêtement se ramollit avec la chaleur, reprend Didier Chambon. Toutes ces raisons font que ces enrobés vieillissent prématurément, des déformations importantes étant parfois constatées après seulement 4 ou 5 ans d'exploitation."

Absence d'entretien, coût de réalisation équivalent, remise en service rapide qui minimise la gêne occasionnée aux usagers, le BCMC devrait connaître un développement significatif en France, car il permet de répondre à une double préoccupation des maîtres d'ouvrage : réduire non seulement les investissements de départ, mais aussi les dépenses d'exploitation. En témoigne l'application de la technique à un carrefour très fréquenté à Memphis, aux États-Unis : "Le niveau de sollicitation était tellement élevé que l'enrobé devait être refait tous les 18 mois, constate Roland Dallemagne, directeur marketing chez Vicat. Le carrefour a été traité en BCMC il y a maintenant quatre ans. Depuis, aucune intervention n'a été nécessaire."



▲ La variation de la trame de sciage des joints de retrait a rendu délicates les opérations de marquage.

COMPOSITION DU BÉTON (POUR 1 M³)

Ciment CPA-CEM I 52,5 R	
Vicat de Montalieu	400 kg
Sables naturels alluvionnaires :	
0/1 Fontainebleau	120 kg
0/4 carrière Redland	480 kg
Granulats porphyre concassé 4/6	
carrière Redland	1 190 kg
Eau	140 l
Entraîneur d'air AEA 15 Sika	0,96 %
Superplastifiant FF 86 Sika	3,20 kg
Fibres polypropylène courtes Fiber Mesh	

DES ATOUTS POUR L'EXPLOITANT

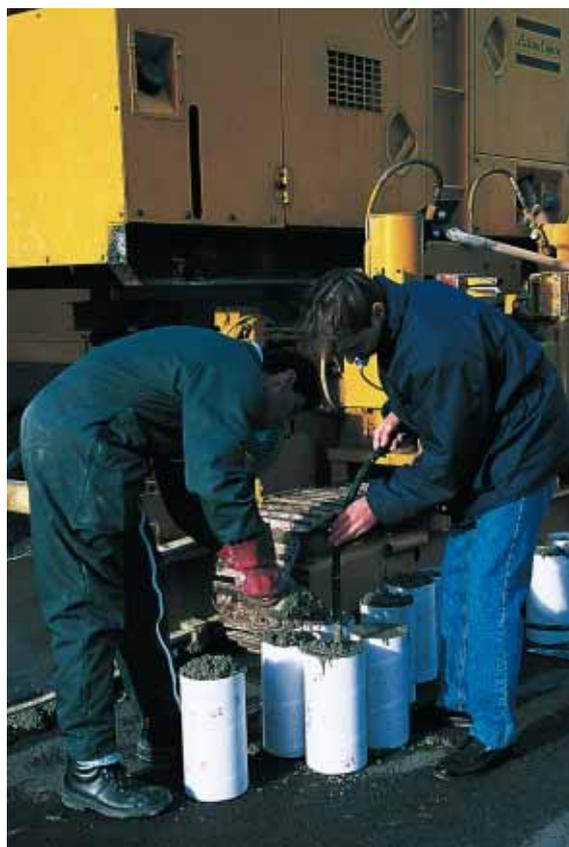
Comment ne pas être séduit par un remède durable à l'orniérage et à toute autre dégradation ? "Nos parkings pour poids lourds en enrobés sont régulièrement mis à mal par les fuites d'hydrocar-



▲ L'opérateur s'apprête à réaliser le joint à l'aide d'une scie électrique de type "soft cut".



▲▼ La maîtrise de ce chantier expérimental a demandé des moyens de contrôle plus importants (prise de température du béton et réalisation de 18 éprouvettes au total).



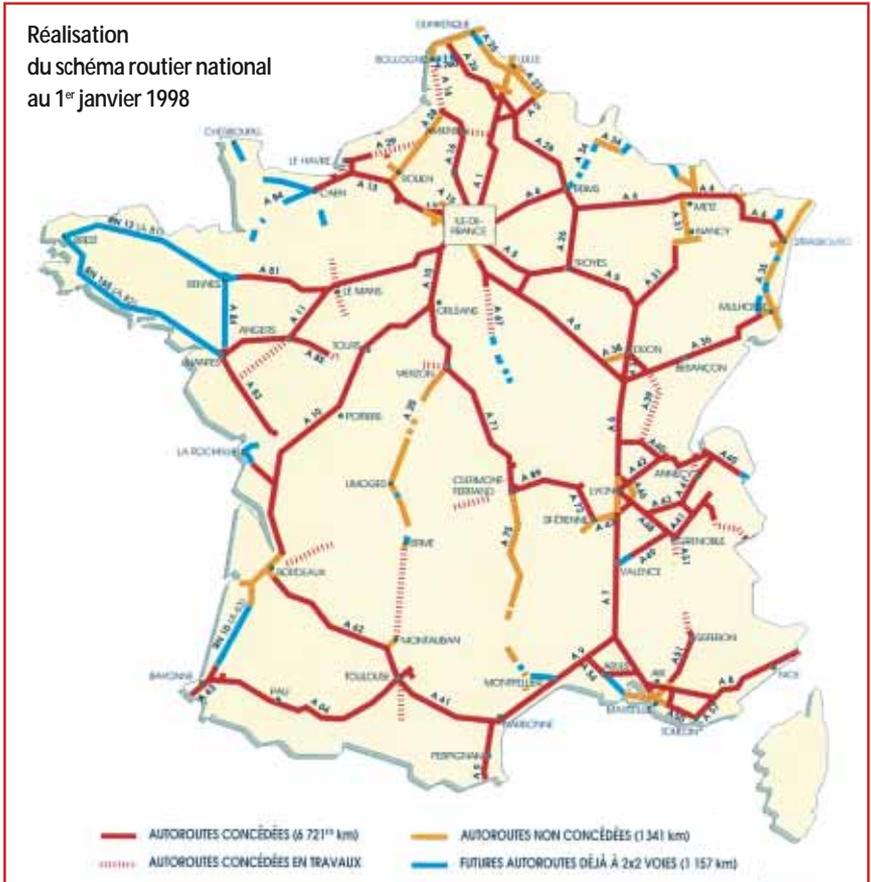
UN CHAMP D'APPLICATION ÉTENDU

"Qui dit faible épaisseur dit faibles quantités, reprend Bernard Sigwald. Cette technique est donc tout à fait adaptée aux capacités de production des différents réseaux de centrales de BPE. Toutes les conditions sont donc réunies pour que le BCMC se démocratise rapidement." Et ce,

d'autant plus que le champ d'application est très large : parkings, couloirs et arrêts de bus, voies lentes de routes et d'autoroutes, fortement sollicitées par les poids lourds, bref, toute structure soumise à des contraintes élevées et répétées.

"Je suis convaincu que le béton a sa place dans l'aménagement des aires de stationnement pour les poids lourds, en particulier du fait de sa durabilité, conclut Didier Chambon. Sur le plan esthétique, la couleur claire permet de rompre l'uniformité des surfaces en enrobés. Les aires d'autoroute sont devenues des endroits accueillants, qui donnent envie de s'arrêter, comme l'ont compris depuis déjà quelques années les chaînes de stations-service en développant leur travail sur les enseignes. Le béton participe à ce renouveau qualitatif des aires de stationnement."

En France, le trafic routier connaît une relative stabilisation depuis déjà plusieurs années. Pour leur part, les autoroutes desservent maintenant l'essentiel du territoire. Les perspectives d'avenir pour la construction routière tiennent donc essentiellement dans l'amélioration de l'accès aux autoroutes et dans un meilleur équipement des routes nationales et secondaires afin d'en renforcer la sécurité.



Sources : ASFA, direction des Routes.

334 km d'autoroutes concédées mis en service en 1998

Société	Autoroute	Section	Km	Date
SFTRF	A43	Ste-Marie-St-Michel	20	20 janvier
SAPN	A29	Pont de Normandie-A13	20	2 ^d semestre
SAPRR	A39	Dole-Bourg	104	1 ^{er} semestre
ASF	A710	Antenne de Lussat	7	1 ^{er} semestre
ASF	A20	Montauban-Cahors Sud	40	2 ^d semestre
ASF	A20	Brive-Souillac	21	2 ^d semestre
SAPN	A29	Yvetot-Saint-Saëns	42	2 ^d semestre
SANEF		Rocade Sud d'Amiens	8	1 ^{er} semestre
SANEF	A16	Abbeville-Boulogne	72	1 ^{er} semestre

Sources : ASFA, direction des Routes.

Le réseau français en 1997

8 062 km
d'autoroutes de liaison,
dont :

- 6 721 km
d'autoroutes concédées
- et 1 341 km
d'autoroutes non concédées

1 733 km
de voies rapides urbaines

28 560 km
de routes nationales

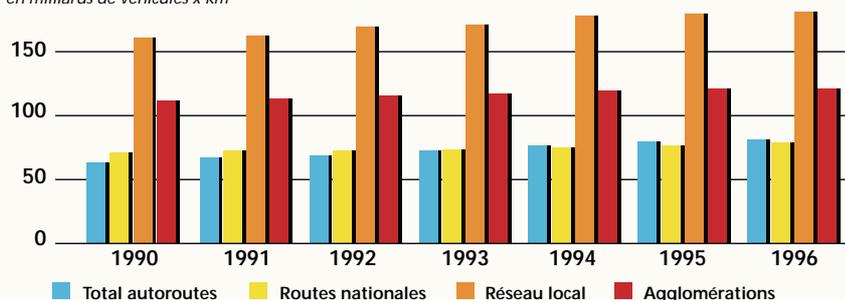
361 000 km
de routes départementales

580 000 km
de routes communales

Sources : ASFA, direction des Routes.

Évolution de la circulation routière par type de réseau

en milliards de véhicules x km



Sources : CCTN, URF.

Auxerre : du béton en remplissage de tranchées

Remise en service rapide, mise en œuvre de qualité et faibles nuisances pour les résidents, c'était le cahier des charges de cet important chantier d'assainissement à Auxerre. L'occasion pour la municipalité de faire appel à la technique du BC Tranchées réexcavable, véritable révolution dans le domaine du remblaiement.

Après avoir constaté des fuites sur une partie des canalisations d'assainissement, le conseil municipal de la ville d'Auxerre a décidé en juillet 1997 de remplacer le réseau unitaire (eaux usées et eaux pluviales) au niveau de l'avenue du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny et de la rue du 24-Août. "L'expérience nous a montré que le bon déroulement de ce type de chantier est souvent compromis par les aléas et les nuisances du compactage, constate Liliane Sadier, responsable des travaux sur les réseaux d'eau et d'assainissement de la ville d'Auxerre. D'une part, les riverains supportent difficilement le bruit, la poussière et les vibrations ; d'autre part, il est difficile de garantir une même qualité d'exécution sur tout le chantier." Conséquence : des tests doivent être menés régulièrement pendant le chantier pour s'assurer que la portance et la compacité requises sont atteintes. "Le compactage, c'est un peu notre bête noire, reconnaît Jean-Yves Abguillerm, qui dirige l'agence



▲ Les services techniques de la ville d'Auxerre ont choisi la technique du BC Tranchées réexcavable pour un grand chantier d'assainissement.

Les données du chantier

- LIEU : centre-ville d'Auxerre
- TYPE DE CHANTIER : assainissement (remplacement du réseau unitaire par des conduites en grès vitrifié, émaillé intérieur/extérieur), reprise des branchements PVC CR8 diamètre 160 et 200, et mise en œuvre d'un regard béton diamètre 1 000 avec cuvette grès
- LONGUEUR DU CHANTIER : 900 m
- CONTRAINTE : réduire les nuisances et les délais d'exécution
- SOLUTION : BC Tranchées réexcavable
- VOLUME DE BÉTON : 2 000 m³
- DURÉE DES TRAVAUX : 3 mois
- MONTANT TOTAL DES TRAVAUX : 3,1 millions de francs TTC (y compris la réalisation de la couche de roulement)

d'Auxerre de l'entreprise adjudicataire Eurovia Bourgogne. Il est très rare que l'entreprise ne soit pas amenée à reprendre certaines zones." À ces désagréments – pour les intervenants comme pour les usagers –, s'ajoute l'impossibilité de garantir que des tassements "différés" n'apparaîtront pas avec le temps.

UN ENVIRONNEMENT PÉNALISANT

Situé en centre-ville, le chantier demandait la mise en place de deux déviations (l'une pour les poids lourds, l'autre pour les véhicules légers). "L'objectif était de réduire au minimum la durée des travaux, reprend Liliane Sadier. Compte tenu des nombreuses contraintes inhérentes au compactage, nous avons accepté la solution technique proposée par l'entreprise

Eurovia : remblayer les tranchées avec un béton autocompactant spécialement étudié." Une solution d'autant mieux accueillie que les autres réseaux présents dans le sol risquaient de compromettre la qualité du compactage en favorisant l'apparition de cavités.

Imaginé par une filiale canadienne de Lafarge Bétons qui l'utilise depuis une quinzaine d'années, le Béton Chantiers Tranchées (BC Tranchées) a été introduit en France en 1994. Avantages en termes de délais : une mise en œuvre très rapide, allée à une praticabilité quasi immédiate (30 minutes), et la possibilité de rétablir totalement la circulation au bout de 6 à 8 heures. Point capital, la stabilisation dimensionnelle instantanée du béton réduit considérablement les risques de décompression du terrain. Enfin, l'appro-



▲ Les canalisations qui reposent sur un lit de sable sont alignées au laser et emboîtées après avoir été encollées au niveau de la “tulipe”.

visionnement du produit par camion-toupie écarte l'épineux problème du stockage des matériaux de remblai, aggravé dans le cas présent par la localisation du chantier en centre-ville.

FLUIDE ET AUTOCOMPACTABLE

Grâce à une formulation spécifique, basée sur un fuseau granulaire précis, ce produit très particulier présente une grande fluidité qui lui permet de remplir la tranchée et ses anfractuosités en quelques instants, réduisant ainsi le temps d'ouverture et les risques d'affouillement du terrain encaissant. “L'image de la plage de sable convient bien pour décrire le comportement du BC Tranchées, explique Aurélie Baras, chargée de prescription chez Lafarge Bétons pour la région Seine-Amont. Le reflux de l'eau entraîne un ordonnancement des grains de sable conduisant à un compactage hydraulique naturel et homogène sur toute son épais-

Principaux intervenants

- MAÎTRE D'OUVRAGE : ville d'Auxerre
- MAÎTRE D'ŒUVRE : services techniques de la ville d'Auxerre
- ENTREPRISE : Eurovia Bourgogne
- FOURNISSEUR DU BÉTON : Béton Chantiers Bourgogne (groupe Lafarge)

seur. C'est le même principe pour les granulats du béton.” Il en résulte une résistance à la compression du matériau en place supérieure à celle que l'on obtient avec des matériaux compactés (module $EV2 \geq 50$ MPa à 8 heures valeur moyenne), et aucun tassement du matériau n'a lieu après le départ de l'eau, qui est absorbée par le terrain. Seule précaution à observer : identifier la nature du sol. “Un sol argileux, donc très étanche, retarderait la mise en service du fait d'un mauvais drainage de l'eau de constitution”, précise Philippe Vachot, responsable qualité de Lafarge Bétons dans l'Ouest.

pensables des services techniques de la ville d'Auxerre ont été séduits par le caractère définitif et stable du remblaiement avec le BC Tranchées.

Au total, le chantier représente un linéaire de 900 m. D'une hauteur moyenne de 1,80 m et d'une largeur variable, comprise entre 1 m et 1,20 m, la tranchée accueille sur un lit de pose en sable des canalisations en grès vitrifié, émaillé, de diamètre 500 ou 600. Ce revêtement interne et externe offre une résistance chimique à des pH allant de 1 à 13 ainsi qu'aux alcalis et aux acides présents dans les eaux usées, à l'exception de l'acide fluorhydrique, et une grande résistance à l'abrasion. Les tuyaux sont ensuite recou-



▲▼ Les conduites qui reposent au fond de la tranchée sont recouvertes de gravillons.

CONSTITUANTS ET CARACTÉRISTIQUES DU BC TRANCHÉES

Sable et gravillons roulés (formule 0/20)

Ciment CPJ-CEM II A 32,5

Eau

Adjuvants

Grave fluide : slump supérieur à 20, non mesurable

Porosité d'environ 10 %

Bonne portance : module $EV2 > 50$ MPa

Mise en œuvre rapide : 6 m³, soit 13 m linéaires en 10 mn (tranchées moyennes)

Délais de remise en circulation courts : 1 à 2 h pour les véhicules légers, 6 à 8 h pour les poids lourds

EXCAVATION ULTÉRIEURE POSSIBLE

La caractéristique essentielle du BC Tranchées est d'être réexcavable sans effort, à la pioche et à la pelle ou encore à l'aide de moyens mécanisés. “Même trois ans après les travaux. C'est en quelque sorte un béton sans aucune résistance à la traction”, souligne Philippe Vachot. Ainsi, le matériau se plie à toutes les contraintes des chantiers de rénovation des réseaux, où les interventions ultérieures sont monnaie courante (raccordements, réparations, etc.). Mais en premier lieu, les res-





▲ Le BC Tranchées présente une grande fluidité qui lui permet de remplir les moindres cavités de la tranchée.

verts de gravillons, comme le demande la réglementation. La phase suivante consiste à répandre le BC Tranchées à l'aide de la goulotte d'un camion-toupie, celui de la société BC Bourgogne, sur une hauteur de 1,20 m, ce qui représente un total de 2 000 m³ pour l'ensemble du chantier.

SIMPLICITÉ DE MISE EN ŒUVRE

La répartition de la grave fluide en surface est parachevée par un ratissage sommaire, le produit ayant la propriété de se mettre à niveau avec une intervention minimale. Il en résulte une économie de mise en œuvre qui se traduit par des effectifs limités (12 personnes contre 16 pour l'ensemble des opérations), et des moyens mécaniques réduits. "La tranchée est excavée avec une tractopelle, explique Yves Samour, conducteur de travaux chez Eurovia Bourgogne. Les volumes de béton acheminés directement sur chantier nous font faire l'économie d'autant de rotations de camions de matériaux."

La fluidité du matériau impose de respecter un sens d'application sur les chaussées en pente : "Il convient de commencer par le point bas pour que l'eau du béton ne s'échappe pas trop rapidement, ce qui aurait pour conséquence de perturber le processus d'autocompaction", conseille Philippe Vachot. Dernière étape avant la mise en œuvre de la couche de roulement, la réalisation d'une couche d'assise en grave-ciment de 30 cm. La durée du chantier est légèrement plus courte. "Les travaux ont duré trois mois : globalement, nous gagnons une semaine, observe le conducteur de travaux. Le rendement moyen est de 12 m linéaires par jour, ce qui nous a permis de réaliser une portion

de 500 m en à peine 8 semaines." Sur certaines zones, l'entreprise affirme même avoir atteint des vitesses d'exécution de 20 à 25 m par jour afin de rétablir la circulation le plus rapidement possible, l'avenue étant à trafic élevé (T1) et empruntée par des convois exceptionnels.

ABSENCE DE SURCÔÛT

Jean-Yves Abguillerm, pour qui ce chantier constitue une première référence, estime que le BC Tranchées "ne présente que des avantages, surtout en milieu urbain". Et d'ajouter : "Il me paraît évident que cette solution va se généraliser. Sur le plan économique, nous constatons que la plus-value entraînée sur le coût des matériaux par l'utilisation du BC Tranchées, estimée à 10 %, est globalement compensée par les économies en temps de mise en œuvre, en personnel, en machines, en stockage et en transport. Le maître d'ouvrage bénéficie donc d'une prestation provoquant moins de nuisances et offrant une qualité d'exécution supérieure, pour un prix quasiment équivalent."



▲ Le BC Tranchées se répand uniformément dans la tranchée, limitant les opérations de réglage à un ratissage rapide. Les risques de décompression de la tranchée sont écartés du fait de la prise rapide du béton et d'un temps d'intervention réduit.

ÉVOLUTION DES MODES D'UTILISATION

Des économies peuvent même être envisagées en utilisant le BC Tranchées comme unique matériau de remblaiement, y compris en remplacement de la couche de graviers qui enrobe la canalisation. Cette disposition innovante, donc non prévue par les règles de l'art, n'a pas été appliquée sur le chantier d'Auxerre. "Les caractéristiques mécaniques du BC Tranchées sont supérieures à celles d'une grave compactée classique, reprend Philippe Vachot, c'est pourquoi il peut être mis en œuvre sur la quasi-totalité de la hauteur de la tranchée : quand le trafic est faible, il est possible de supprimer la couche d'assise de la chaussée et donc de générer des économies supplémentaires."



▲ Grâce à une formulation spécifique, le BC Tranchées peut être réexcavé à l'aide d'une pioche, sans effort, même après plusieurs années.

UN MARCHÉ EN NET DÉVELOPPEMENT

Cet ensemble de qualités explique le développement très sensible du BC Tranchées en France depuis 1997, non seulement pour ce type d'opération, mais aussi pour le rebouchage des petits trous. "L'an dernier, les volumes de production ont approché 31 000 m³, contre 16 600 en 1996 et 15 700 en 1995, constate Aurélie Baras. Cette progression spectaculaire témoigne de l'engouement des entreprises, des maîtres d'œuvre comme des maîtres d'ouvrage pour un produit qui simplifie considérablement les travaux de tranchée ou de rebouchage." Quant à la ville d'Auxerre, cette opération apporte la confirmation du bien-fondé des atouts du BC Tranchées, après un premier chantier d'assainissement mené en 1996 (installation de boîtes de branchement) dont le résultat avait été qualifié "d'impeccable" par Liliane Sadier, qui conclut en ces termes : "Dorénavant, nos appels d'offres seront rédigés de façon que cette technique nous soit systématiquement proposée par les entreprises, à condition qu'une logistique de transport du béton irréprochable soit mise en œuvre afin de faire respecter une cadence correcte dans le remplissage des tranchées." ■



▲ Le BC Tranchées permet d'immobiliser les regards et autres ouvrages.

Un sable traité avec un liant hydraulique pour l'A84

Ouverte depuis le mois de janvier, la première section de l'A84 qui relie Coulvain à Saint-Martin-des-Besaces fait appel à une structure de chaussée "inverse", afin de réduire au minimum les phénomènes de fissuration. Plus de 16 km ont été réalisés en seulement deux ans, grâce à des moyens humains et matériels très importants. Baptisée "autoroute des Estuaires", l'A84 reliera Caen à Rennes en 2002.

Les automobilistes qui empruntent depuis janvier dernier le nouveau tronçon de l'A84 qui joint Coulvain à Saint-Martin-des-Besaces ont sans doute déjà été frappés par la qualité architecturale des ouvrages d'art, qui tranche avec le reste du réseau autoroutier du Calvados. Reste que seule l'épreuve du temps permettra de révéler d'autres particularités, par comparaison aux **chaussées classiques** munies de couches inférieures traitées avec des liants hydrauliques : "Les fissurations transversales engendrées par le phénomène de retrait finissent par remonter jusqu'à la surface, explique Yves Deniel, responsable du projet à la subdivision Études et travaux neufs de la DDE du Calvados. Ces fissures doivent être colmatées afin d'empêcher l'eau de pénétrer dans les couches de chaussée, source potentielle de désordres, notamment avec l'alternance du gel et du dégel."



▲ À chantier d'exception, moyens d'exception. La réalisation de ce tronçon de l'A84 dans le Calvados fait appel à des techniques pointues et peu coûteuses, mises en œuvre dans des délais records.

Les grands chiffres du chantier

- 16,63 KM DE CHAUSSÉE de 18 m de largeur (2 x 2 voies)
- BUDGET TOTAL : inférieur à 417 millions de francs
- 24 MOIS DE TRAVAUX dont 7 mois pour la chaussée (hors terrassements)
- 206 000 TONNES DE SABLE
- GRH : 99 000 tonnes
- GNT : 136 000 tonnes
- GB : 122 000 tonnes
- BBM : 40 000 tonnes
- 8 000 TONNES de liant hydraulique
- RENDEMENT : 1 km de sable traité par jour sur une largeur de 9 m
- EFFECTIFS : entre 30 et 60 personnes

Mieux vaut concevoir des chaussées qui soient intrinsèquement peu prédisposées à la fissuration, pour limiter l'entretien au seul maintien des caractéristiques d'adhérence de la couche de roulement."

DÉCOUPLER LES COUCHES DE CHAUSSÉE

Plutôt que d'opter pour la solution d'une chaussée épaisse en grave-bitume, dont le prix de revient est étroitement dépendant des fluctuations du cours du pétrole, la DDE du Calvados, maître d'œuvre des opérations, a choisi la technique de la structure "inverse", un peu plus économique. Le principe de cette technique conçue par Scetauroute et dont les premières réalisations remontent à 1975 consiste à interposer, entre les

couches supérieures et la couche de fondation traitée au ciment, une couche de grave reconstituée humidifiée (GRH). "Cette couche exempte de tout liant pré-



▲ L'arrosage de la couche de sable traité permet de compenser l'évaporation et ainsi de protéger la structure de la dessiccation.

sente une certaine souplesse, explique Frédéric Caron, directeur du chantier au sein de l'entreprise La Routière Morin. Elle absorbe les mouvements horizontaux de la couche de fondation et interdit leur propagation vers les couches de roulement. Cette disposition s'oppose donc à la remontée des fissures. On peut ainsi associer, avec de meilleures garanties de durabilité, un traitement hydraulique en fondation à une structure souple à base d'enrobé en surface, et bénéficier des avantages propres aux deux techniques." (Cf. encadré.) Des qualités qu'attestent les essais de fatigue menés par le LCPC. Les dégradations constatées après 10 ans se limitent à un léger ornierage dû à la déformation de la couche de grave non traitée, ainsi qu'à une fissuration fine des couches bitumineuses, survenue au terme d'un grand nombre de cycles, et qui ne compromet pas l'étanchéité de la structure. Ces petites dégradations superficielles sont supprimées avec les travaux de rechargement traditionnels programmés dans le cadre de l'entretien normal du réseau routier national.



▲ La centrale SAM 804 BI, pilotée par un système informatique Compumat à acquisition de données, est constituée de deux groupes semi-mobiles de dosage pondéral, trois trémies, un doseur à pulvérulents autorégulé, trois silos mobiles, un ensemble de malaxage mixte grave-béton, deux vis de transfert et un poste de chargement en deux points. Elle produit 800 t de sable traité par heure, avec une précision de dosage de l'ordre de 2 %.

STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

- Béton bitumineux mince (4 cm)
- Couche d'accrochage
- Grave-bitume 0/20 (14 cm)
- Couche d'accrochage et d'imprégnation
- Grave recomposée humidifiée 0/20 (épaisseur variable, 10 à 12 cm [voir schéma])
- Enduit de cure (tapis d'émulsion gravillonnée)
- Couche de fondation en sable traité au liant hydraulique (23 à 28 cm)
- Imperméabilisation de la couche de forme
- Couche de forme en grave non traitée 0/120 (40 à 60 cm)

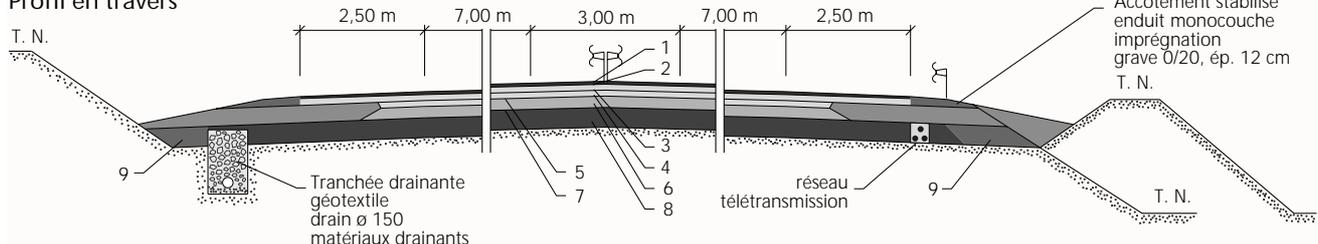
FONDATION EN SABLE TRAITÉ

Les 16 km d'autoroute qui relie Coulvain à Saint-Martin-des-Besaces s'appuient sur une fondation en sable traité avec un liant hydraulique adapté aux techniques routières fourni par Ciments Calcia. "Ce liant hydraulique offre un délai de maniabilité suffisant évitant ainsi d'avoir recours à un retardateur de prise", souligne Arnaud de Chalain, directeur de l'agence Routes à Guerville (Yvelines) des Ciments Calcia. Il permet de traiter indifféremment des graves et des sables. "Les chaussées à fondation en sable traité sont une de nos spécialités, ajoute Jérôme

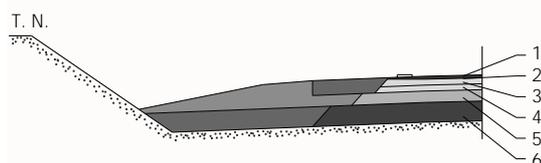


▲ Des camions-bennes déversent le sable traité sur le fond de forme.

Profil en travers



Voies d'insertion ou de décélération



- 1 - enrobés denses, ép. 4 cm
- 2 - couche d'accrochage
- 3 - couche de base en grave bitume, ép. 12 cm
- 4 - grave recomposée, ép. 12 cm
- 5 - enduit de cure
- 6 - couche de fondation en sable ciment, ép. 23 à 28 cm
- 7 - imperméabilisation de la couche de forme
- 8 - couche de forme, ép. 40 à 60 cm
- 9 - terrassier



▲ La niveleuse règle l'altimétrie de la couche.

Dherbecourt, responsable du contrôle externe de l'entreprise La Routière Morin. Depuis 1994, nous avons réalisé près de 350 km de chaussées de ce type, ce qui représente plus de trois millions et demi de tonnes de sable ciment."

La principale fonction de cette couche de fondation est de répartir les contraintes sur le sol et d'offrir aux couches supérieures une assise très peu déformable. Elle est en grande partie responsable de la rigidité de



▲ Une chargeuse assure un préréglage du matériau.

la structure dans son ensemble. Autre avantage : utiliser du sable traité permet de valoriser des sous-produits de concassage issus des carrières, ou des matériaux locaux en abondance. "Du point de vue de l'optimisation des ressources, la structure inverse avec une fondation en sable traité au ciment est plus avantageuse qu'une structure entièrement en grave-bitume", estime Yves Deniel.

RIGUEUR DANS LES ÉTUDES ET LE CONTRÔLE

L'analyse du sable, issu de deux carrières situées dans les départements de Calvados et de la Manche, a mis en évidence une granulométrie homogène et une faible teneur en argile, qui le classe dans la catégorie b. "Les bonnes caractéristiques du sable ont permis de limiter à 4 % la proportion de liant, valeur suffisante pour obtenir une résistance en traction largement supérieure à la valeur de 0,75 MPa requise par le cahier des charges (classe d)", précise Jérôme Dherbecourt. Ainsi, 8 000 tonnes de liant hydraulique ont suffi à traiter les 200 000 tonnes de sable nécessaires à la réalisation de la couche de fondation. La qualité de la réalisation et le respect des spécifications demandent un contrôle strict des matériaux, du matériel et de la précision des dosages, une tâche

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D'OUVRAGE** : ministère de l'Équipement
- **MAÎTRE D'ŒUVRE** : DDE du Calvados
- **ENTREPRISE** : La Routière Morin (mise en œuvre des couches de chaussée) et Guintoli-Razel (terrassement)
- **CONTRÔLE EXTÉRIEUR** : CETE de Rouen
- **FOURNISSEUR DU LIANT HYDRAULIQUE** : Ciments Calcia
- **APPROVISIONNEMENT DU LIANT** : Bonafini/Tratel

assurée à la fois par l'entreprise, en interne, et par le CETE de Rouen. "Il faut veiller à respecter la teneur optimale en eau définie par l'OPM, ou Optimum Proctor Modifié, reprend Jérôme Dherbecourt. Le mélange doit être suffisamment humide pour permettre un compactage efficace, mais en veillant toutefois à ne pas avoir d'eau en excès, ce qui compromettrait cette fois le compactage sous l'effet d'une pression interstitielle trop importante. En cas de vent ou de soleil, il faut compenser l'évaporation en surface par un arrosage."

DES MOYENS D'EXCEPTION

Approvisionnement, logistique, fabrication et mise en œuvre : tous les postes du chantier ont nécessité la mobilisation de moyens considérables, du fait non seulement du volume des matériaux travaillés, qui s'élève à 2 millions de mètres cubes, mais encore de la rapidité d'exécution, les 16,63 km de chaussée ayant été réalisés en seulement deux années, ce qui est un record. Acheminé les premiers mois par camion, le liant hydraulique a par la suite été approvisionné par convoi ferroviaire à proximité de Caen. Il était alors livré par camion-citerne sur le chantier, situé à 45 km de là, à raison de 13 livraisons quotidiennes, soit 350 tonnes par jour. "Et ce, avec régularité, de sorte que nous n'avons jamais été en rupture de stock malgré les conflits sociaux qui ont désorganisé les transports routiers", précise Frédéric Caron.

Pour obtenir un rendement journalier de 1 km de fondation en sable traité, l'entreprise n'a pas hésité quant aux moyens : le



▲ La niveleuse est équipée d'un système de guidage par ultrasons qui fournit à partir d'un câble tendu une référence de hauteur avec une précision inférieure à 5 mm.



▲ Le sable traité est compacté avec des compacteurs vibrants et des compacteurs à pneus.

parc de matériel affecté à ces opérations comprend notamment une centrale de traitement d'une capacité de production de 800 t/h en moyenne, conduite et gérée par un système informatique, deux chargeurs, quinze camions-bennes en moyenne, quatre compacteurs – vibrants et à pneus – et deux niveleuses.

UNE MISE EN ŒUVRE ORCHESTRÉE AVEC RIGUEUR

Le sable traité produit par la centrale de malaxage, qui fonctionne en continu, est répandu par camion-benne sur la couche de forme préalablement imperméabilisée. Les premiers réglages de la couche de fondation sont réalisés à l'aide d'une chargeuse, puis d'une niveleuse. Viennent ensuite plusieurs passes de compactage menées à l'aide de compacteurs vibrants et à pneus afin d'optimiser la cohésion de l'arrangement granulaire. Une seconde niveleuse achève de donner à la structure son profil définitif. "Les niveleuses sont guidées par un système de détection à ultrasons qui prend comme référence un câble tendu, explique le conducteur. Ce dispositif offre une précision d'exécution inférieure à 5 mm."

Ce réglage définitif est suivi d'une dernière étape de compactage. Au total, ces phases successives s'enchaînent à un rythme soutenu, 3 heures seulement séparant la fabrication en centrale de la dernière passe du compacteur. "Pour protéger le sable traité de l'évaporation, nous répandons une émulsion qui joue le rôle d'enduit de cure, précise Jérôme Dherbecourt. Cette émulsion est gravillonnée pour constituer un revêtement résistant au trafic des engins. Il faut attendre au minimum 7 jours (en été) jusqu'à l'obtention d'une résistance suffisante pour circuler sur cette couche."

TREIZE MOIS D'AVANCE SUR LE PLANNING

Bien que la mise en œuvre d'une structure inverse soit une première – non seulement dans le Calvados, mais aussi en Normandie –, les travaux ont été menés tambour battant grâce aux effectifs : 60 personnes ont été mobilisées lors des périodes de pointe. "Le planning initial prévoyait 21 mois de travaux, explique Frédéric Caron. Des conditions météorologiques favorables et les moyens importants mis à notre disposition nous ont permis de réduire de 13 mois les délais. L'ouverture du tronçon d'autoroute, prévue pour mars 1999, a été avancée au mois de janvier 1998." Et ce, sans aucune concession quant à la qualité, de telles cadences ne tolérant aucune erreur technique. "Pour contrôler l'efficacité du compactage, le CETE Normandie-Centre utilise le gammadensitomètre mobile GDM 45, un appareil qui met en jeu une source radioactive et permet de mesurer en

continu la masse volumique du matériau de la chaussée. L'épaisseur des couches est mesurée par le radar LPC, en continu et de façon non destructive. Ces deux équipements de pointe ont été mis au point par le laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Rouen", explique Alain Lacaille, chargé du contrôle extérieur.

DES RÉSULTATS À LA HAUTEUR DES EFFORTS DÉPLOYÉS

"J'ai été frappé par la capacité de l'entreprise à réaliser un chantier de grande ampleur dans des délais très courts, conclut Yves Deniel. Cette constatation est d'autant plus éloquente que la technique de la structure inverse est extrêmement pointue et délicate à mettre en application. Ces travaux ayant été menés dans le cadre strict d'une réelle démarche de qualité, il est légitime de penser que la réalisation donnera entière satisfaction tout au long de son exploitation." ■



▲ Enduit de cure : émulsion et gravillons.

Tigres, paons, canards et **béton désactivé**

Logé au fond d'une petite vallée du Loir-et-Cher, entre Sologne et Touraine, le zoo de Beauval est un des parcs animaliers les plus fréquentés de France. Dans le but d'apporter plus de confort à ces nombreux visiteurs, l'ensemble des cheminements du parc viennent d'être refaits en béton désactivé. Non sans mal, d'ailleurs, le relief et les conditions de mise en œuvre ayant exigé beaucoup des hommes et du matériau.

Françoise Delord, la propriétaire des lieux, le clame haut et fort : le succès du zoo de Beauval tient tout autant du nombre et de la variété des espèces animales présentées que de la qualité des aménagements du parc. Pour ces aménagements, l'année 1998 aura d'ailleurs été celle d'un grand changement, puisque l'hiver a été mis à profit pour reconstruire les nombreuses allées du zoo. Des travaux devenus impératifs tant ces allées devenaient boueuses à la première pluie. "En quête d'une solution, j'avais pensé faire installer des pavés, car je souhaitais garder leur aspect naturel aux allées", raconte Françoise Delord. Mais au cours d'une visite à la foire de Tours, son fils se laisse séduire par le béton désactivé de Jean-Pierre Leroy, un des spécialistes locaux du matériau. Pour autant, si le fils Delord est rapidement conquis, Françoise Delord se montre, quant à elle, très réticente à l'idée de mettre en œuvre du béton dans le zoo : "Pour moi, il était impensable de mettre du béton dans un endroit comme celui-ci, où je souhaitais conserver l'aspect le plus naturel possible", confirme-t-elle. Une première entrevue a lieu avec Jean-Pierre Leroy, qui débouche sur une fin de non-recevoir.



▲ Le béton désactivé a très vite séduit les paons en liberté dans le zoo.

Pressée par son fils qui ne désarme pas, Françoise Delord accepte malgré tout de se déplacer pour aller voir quelques réalisations. Et là, finalement, les chantiers visités font pencher la balance en faveur du désactivé. Après sept mois de négociations et une dizaine de rencontres avec l'entrepreneur, quand même...

de devis. Résultat, son entreprise réalise aujourd'hui 12 000 à 15 000 m² de béton désactivé chaque année, essentiellement sur le marché des particuliers. Avec de petites réalisations qui concernent des entrées de garage ou de jardin, des ter-

Principaux intervenants

- **MAÎTRE D'OUVRAGE :**
Françoise Delord
- **FINANCEMENT :** privé
- **ENTREPRISE :** Jean-Pierre Leroy, Savonnières (37)
- **FOURNISSEUR DU CIMENT :**
Ciments Calcia
- **BPE :** Landré Bétons

DE NOMBREUSES CONTRAINTES

Installé à Savonnières, Jean-Pierre Leroy a cru au béton désactivé dès qu'il est apparu sur le marché. Il fait même partie des précurseurs du matériau. Il sourit d'ailleurs de son premier gros chantier : 180 m²... Présent à la foire de Tours chaque année depuis 1993, il y présente trois ou quatre bétons désactivés différents qui ne manquent pas d'attirer l'œil des visiteurs et suscitent chaque fois une centaine



▲ Juste après la livraison, le béton est réparti à la pelle et au râteau.



▲ Le béton est ensuite tiré à la règle.



▲ Pour gagner du temps lors de la mise en œuvre, chaque compagnon effectue une tâche précise.



▲ Les joints de retrait-flexion en briques sont posés à même le béton fraîchement répandu, pour laisser libres le plus longtemps possible les cheminements.

resses, etc. Pour ce chantier d'importance au zoo de Beauval – 9 600 m² au total avec option sur une tranche ultérieure de 3 200 m² supplémentaires –, et pour résoudre les contraintes du chantier, Jean-Pierre Leroy a mobilisé une grande partie de son équipe, soit six compagnons, plus trois personnes de l'équipe technique du zoo.

LAISSER LE PLUS D'ACCÈS LIBRE

“En premier lieu, nous avons dû trouver une centrale qui accepte de nous livrer le béton et qui ne soit pas trop éloignée du chantier. Il était effectivement inconcevable de travailler avec les centrales tournantes, trop lointaines”, précise Jean-Pierre Leroy. C'est ainsi qu'un accord a été passé avec l'unité de Landré Béton située à Pouillé, dans le Loir-et-Cher. Une fois réglée la question de l'approvisionnement, Jean-Pierre Leroy a dû plancher pour permettre au zoo de rester ouvert en permanence et laisser le plus de liberté possible aux soigneurs du zoo, mais aussi au public, à qui il n'est pas toujours évident de faire comprendre qu'un béton frais est très fragile. “Nous avons dû couler petit morceau par petit morceau, explique l'entrepreneur tourangeau. Pour laisser les passages libres, nous avons été obligés de travailler au dernier moment, sans trop pouvoir préparer le terrain à l'avance.” Les coffrages sont réalisés au fur et à mesure,



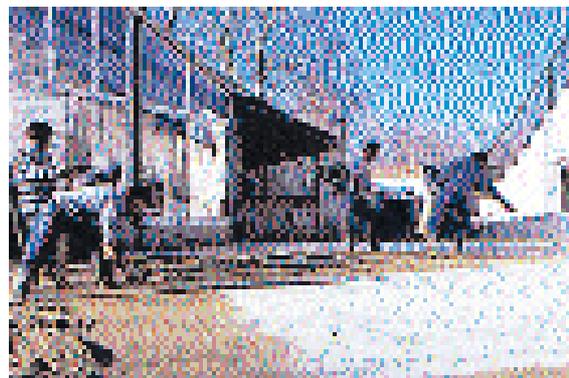
▲ Dernière opération, le talochage ferme le béton et le prépare à recevoir le produit désactivant.

tout comme les joints de retrait-flexion en briques, “que nous avons posés en même temps que nous coulions le béton”.

DES GRANULATS LOCAUX

À toutes ces contraintes d'accessibilité sont venues s'ajouter les difficultés causées par la configuration du parc zoologique, dont une partie est à flanc de colline : “Pour certains secteurs pentus, nous avons vidé le béton à l'aide d'un tapis roulant, et 90 % du volume de béton mis en œuvre dans le zoo a été convoyé par un Sambron en raison de l'impossibilité, pour les toupies, d'accéder au chantier.” Sans oublier la nécessaire protection des animaux et surtout des végétaux bordant les allées, exigence première de Françoise Delord. La majorité des surfaces réalisées dans le parc animalier l'ont été avec un granulats calcaire concassé 4/10 en provenance de Truyes, en Indre-et-Loire. Mais deux autres granulats, roulés cette fois, le calcaire 5/15 de Buzançais (36) et le roulé

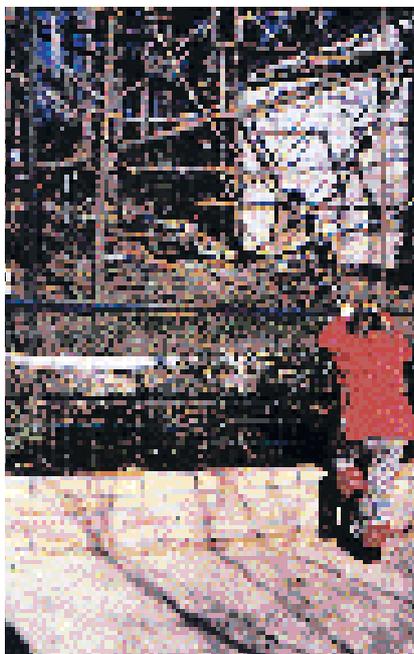
du Cher 4/10 de Saint-Julien-de-Chédon (41), ont servi sur des espaces plus spécifiques comme l'entrée du public et l'entrée de service du zoo. Soumis à un trafic essentiellement piétonnier, les cheminements du zoo sont faits d'une épaisseur de 10 cm de béton fibré, coulé sur un sol empierré préalablement nivelé avec une mini-pelle.



▲ Correctement appliqué, le produit désactivant empêchera la prise du béton en surface.



▲ Pour protéger la flore du parc, le lavage du béton désactivé s'opère avec des protections.



▲ Le béton désactivé offre un confort nouveau aux visiteurs du zoo de Beauval.



▲ Il a fallu calculer la mise en œuvre au plus juste pour laisser le maximum de chemins accessibles aux visiteurs et aux soigneurs.

DES OISEAUX TROP CURIUEUX

Plus qu'avec les visiteurs, c'est avec certains animaux que l'équipe de Jean-Pierre Leroy a rencontré des difficultés durant le chantier. "À vrai dire, travailler dans un zoo change de l'ordinaire : on n'a pas tous les jours l'occasion de travailler sous la surveillance de plusieurs tigres ! Mais nous avons eu beaucoup de soucis avec les oiseaux qui se promènent en liberté dans le parc, les paons et les canards. Ce sont des animaux très curieux, et ils ne pouvaient pas s'empêcher de suivre la progression du chantier, laissant



▲ La couleur des granulats permet une intégration parfaite du béton désactivé dans l'ensemble très naturel du parc.

COMPOSITION DU BÉTON (POUR 1 M³)

Ciment CPA-CEM I 52,5	270 kg
Sable 0/4 du Cher	500 kg
Granulats 4/10 calcaire concassé de Truyes (37)	1 350 kg
Filler	80 kg
Entraîneur d'air 05	0,08 %
Eau	170 l
Colorant Pieri Kaolor jaune PP100	6 kg

à l'occasion l'empreinte de leurs pattes dans le béton fraîchement coulé." De quoi mettre en colère le plus calme des entrepreneurs. Consultée sur la question, Françoise Delord a finalement souhaité garder les empreintes des oiseaux, jugeant que cela faisait partie de la vie du zoo. Ainsi trouve-t-on dans le sol, devant l'enclos des tigres ou au détour d'une cage, les traces peu académiques de ces fauteurs de troubles ailés et trop curieux.

Réalisé en sept semaines, le chantier du zoo-parc de Beauval est exemplaire à double titre : d'abord par l'ensemble des contraintes qu'il a imposées à l'entrepreneur, et ensuite par les qualités qu'il a demandées au béton désactivé. Chemins

pentus, escaliers, secteurs courbes : le zoo présente toutes les configurations dans lesquelles le béton sait déployer ses qualités. Des qualités mises en œuvre par un homme de l'art convaincu. Très impliqué syndicalement dans son département, Jean-Pierre Leroy dirige des stages de formation au béton désactivé, parce qu'il lui semble vital de former les autres entrepreneurs, même s'ils représentent une concurrence potentielle pour demain : "Nous préférons avoir en face de nous des gens qui travaillent correctement, car chaque chantier raté entame la crédibilité du produit." En tout cas, celui qu'il a conduit ici, à Beauval, fait honneur à la profession. Les 3 000 animaux et les 400 000 visiteurs annuels peuvent en juger sur pièces. ■



▲ Le jointoiment en briques rouges apporte un cachet supplémentaire.

CIM Béton

Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS
7, place de la Défense - LA DÉFENSE 4
92974 Paris-la-Défense Cedex