

Routes

Ciments • Liants hydrauliques routiers • Bétons
Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



LE POINT SUR

La Rochelle :
un perpétuel
apprentissage du béton

DOCUMENTATION TECHNIQUE

Le BPE et la voirie
à faible trafic en béton

CHANTIER

BCMC : opération
pilote pour les bus niçois

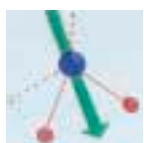
2 EDITORIAL

3-5 LE POINT SUR



La Rochelle
Un perpétuel
apprentissage du béton

6 SCIENCES ET TECHNIQUES



**L'eau : du macroscopique
au microscopique (2^e partie)**

7-14 DOCUMENTATION TECHNIQUE



**Le BPE et la voirie
à faible trafic en béton**

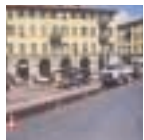
15-17 RÉFÉRENCE

Le Mans
Béton de ciment mince collé,
imprimé et sablé (Sarthe - 72)

Le Grau du Roi
Dalles Basaltine pour centre-
ville (Gard - 30)

Cravanche
Pavés béton pour cœur de
ville (Territoire de Belfort - 90)

18-19 CHANTIER



Nice
BCMC : opération pilote
pour les bus noirs

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

**En couverture : Plage des Minimes,
composition originale de pavés
béton autobloquants, en parfait état
après 20 ans de service.**

La revue *Routes* fête ses 20 ans !

Créée en 1982 pour mieux informer les décideurs et les constructeurs sur les techniques routières et aéroportuaires utilisant le ciment et le béton, la revue *Routes* a, pendant toute cette période, cherché et réussi à remplir sa mission d'information avec sérieux et rigueur. Et nous souhaitons continuer dans cette direction puisque, les réactions positives des lecteurs le prouvent, la revue satisfait le plus grand nombre.

Au cours de ces vingt années, *Routes* a publié plusieurs centaines de reportages de chantiers répartis dans toute la France, accompagnant toutes les évolutions techniques et technologiques dans les domaines des terrassements, des travaux et équipements routiers, des voiries et aménagements urbains et des plates-formes aéroportuaires. Ainsi, en matière de structure de chaussées, la revue a mis en avant les revêtements béton à joints goujonnés ou non goujonnés, les dalles épaisses, le béton compacté, le béton armé continu, les séparateurs béton, les chaussées composites (BCMC et BAC/GB) et les produits modulaires en béton pour l'aménagement urbain. Sans oublier les évolutions technologiques qui ont accompagné les matériaux traités aux liants hydrauliques, comme les machines et les dispositifs de pré-fissuration. Et concernant les traitements de surface, *Routes* n'a pas manqué de relayer l'information sur les bétons



désactivés, les bétons imprimés, les bétons bouchardés et les bétons hydrosablés. En parallèle, pendant ces vingt années, la maquette de la revue *Routes* a évolué, elle aussi, pour accompagner et valoriser les nouveautés dont elle s'est fait l'écho.

Au nom de la revue *Routes*, je tiens donc à remercier les maîtres d'ouvrage, les prescripteurs, les entreprises et les fournisseurs qui nous informent en permanence, ce qui nous permet ensuite de faire partager ces informations à tous nos fidèles lecteurs.

Mais, après tout, cela est logique... puisque le mot *Routes* est en réalité synonyme de "liaisons".

Joseph Abdo
Cimbéton

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense
92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 01 55 23 01 00

Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, contacter Cimbéton.

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur des rubriques *Documentation technique* et *Sciences et techniques*: Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos: Marc Deléage, Romualda Holak, Jacques Mandorla, Gilles Nilsen, A. Tendero - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Conception maquette : Dorothée Picard - Dépôt légal : 2^e trimestre 2002 - ISSN 1161 - 2053 1994



Promenade de la Concurrence : le long du bord de mer, béton désactivé très clair et extrêmement confortable.

La Rochelle : un perpétuel apprentissage du béton

Le dynamisme de la sympathique préfecture de la Charente-Maritime, observé sur le plan culturel et touristique, est aussi la règle en matière d'aménagement urbain. Une qualité qui explique la diversité des traitements, née d'une constante volonté de remise en question.

Port d'embarquement pour l'île de Ré, l'île d'Oléron ou le très médiatisé Fort Boyard, étape incontournable de prestigieuses courses nautiques, la ville de La Rochelle se déploie comme un croissant autour des enclaves constituées par le vieux port, établi au 13^e siècle, le port de pêche et le port de plaisance. Soucieuse de préserver un riche patrimoine historique, desservi par un réseau de ruelles sinueuses – mais bien moins cahoteuses que par le passé –, la ville a su déployer, sous l'impulsion de Michel Crépeau, des initiatives novatrices en terme de transports, afin de réduire les problèmes de trafic et leur cortège de nuisances. Voitures électriques en libre-service, autobus roulant au diester,

mélange de diesel et d'huile de colza, sans oublier les incontournables bicyclettes, mises gratuitement à disposition des résidents comme des touristes. La ville et son arrondissement disposent, rappelons-le, de près de 100 km d'itinéraires cyclables. Autant d'éléments d'une stratégie de partage de l'espace urbain entre les différents usagers : piétons, deux roues, utilisateurs de transport en commun et automobilistes.

■ Au service de l'aménagement urbain

Pour concilier mobilité et sauvegarde du patrimoine, la ville s'est tournée, dès les années 1970, vers de nouvelles solutions

d'aménagement urbain. *“Nous avons hérité de trottoirs en béton gris, typiques de l'après-guerre, explique Philippe Morisset, ingénieur au Service Domaine Public de la ville. La mise en place du tout-à-l'égout, qui a demandé d'installer 400 km de réseaux, nous a amené à réfléchir sur un matériau de remplacement : nous nous sommes tournés*

■ EN RÉSUMÉ

La Rochelle

- Population : 76 000 habitants (116 000 avec l'agglomération)
- Tourisme : 3 millions de visiteurs en 2001

vers le pavé béton". Un choix économique, technique – le pavé est facile à déposer en cas d'intervention sur les canalisations –, ainsi qu'esthétique. Surtout avec l'arrivée des pavés Basaltine, où le granulat mis à nu en surface, évoque davantage un matériau naturel. "Ce matériau a été supplanté par le béton désactivé, à partir du début des années 90" ajoute Philippe Morisset. Une solution non seulement bien plus souple et rapide à mettre en œuvre que les dalles ou pierre naturelles, mais aussi économique et surtout adaptable quelle que soit l'identité du site, grâce à la multitude de variations offerte par la combinaison d'agrégats d'origine et de granulométrie différentes. Bref : un matériau "caméléon" se pliant à toutes les exigences.

■ Une large palette d'ambiances

C'est le cas, par exemple, de la place de Verdun, grand parvis de 2000 m² masquant un parking enterré, où l'utilisation d'un béton à base de granulats clairs, de très petite taille et très serrés, a permis de retrouver l'ambiance des places d'armes sablées du passé. En souvenir du château de Vauclerc dont l'emplacement des fortifications a été matérialisé par un calepinage en pavés.

Ou, à l'opposé en terme d'approche esthétique, les rues Saint Nicolas (650 m²) et Buffeterie (770 m²), traitées avec des granulats de très forte granulométrie (20/80), dont l'espacement laisse largement apparaître le béton gris. "L'architecte des bâtiments de France, voulait obtenir une ambiance sobre, un peu rustique, détaille



Rue de Montréal : jeu de couleurs de l'aménagement en pavés béton.



Carrefour Guiton-Missy : giratoire en béton désactivé avec passages piétons.

Patrick Vallat, technicien du bureau d'étude du service voirie. Si l'on regarde de près, cela peut surprendre, mais il faut reconnaître que l'atmosphère qui se dégage du lieu correspond bien à l'objectif recherché".

Pour la ville, comme pour les entreprises ou pour le fournisseur BPE, formaliser les idées de l'architecte des bâtiments de France demande une forte implication. "Nous réalisons pour chaque chantier 2 à 4 planches d'essais, et parfois davantage, pour obtenir l'effet souhaité" expliquent de concert Eric Morgat, de l'entreprise Appia Charente, et Jean-Paul Genet, de la société Paul Thébaud, fournisseur BPE. Une caractéristique propre à la Rochelle. "Nous travaillons en étroite partenariat avec l'architecte des bâtiments de France, qui au lieu d'exercer un simple pouvoir de censure, agit en tant que concepteur avec l'appui de nos services" souligne Philippe Morisset.

■ Implication de tous les intervenants

Nul besoin, dans ce contexte, de faire appel à un architecte ou à un paysagiste : toutes les opérations, à une exception près, sont menées en interne. De plus, la réunion au sein d'une même entité des anciens services Voirie et paysages, explique sûrement la sensibilité aiguisée des techniciens en terme d'aspect, de rendu et d'intégration au site. Cette concentration des moyens humains, combinée à des relations suivies dans le temps avec les entreprises (SACER, SATAP, Appia Charente) et le fournisseur BPE est un facteur important de réussite. "Ce qui compte, c'est le résultat, explique



Promenade de Port-Neuf : site dévasté par la tempête de 1999 et réaménagé à l'aide de deux bétons désactivés et de pavés béton.

Jean-Paul Genet. Nous ne nous sommes pas là pour vendre des mètres cubes, mais pour contribuer à la réussite des aménagements. Nous n'appliquons aucune solution sur catalogue : chaque réalisation passe par une étude et une formulation spécifiques". Côté entreprises, la présence d'ouvriers spécialisés et le refus de faire appel à du personnel temporaire non expérimenté, sont un gage de rigueur et de soin d'exécution. "Nous connaissons les entreprises depuis 10 à 15 ans, ce qui permet, en cas de reprise lors d'une intervention sur les réseaux par exemple, de refaire à l'identique un ancien béton, souligne Philippe Morisset. C'est pourquoi nous privilégions des granulats d'origine locale – Vendée, Poitou-Charentes – issus de carrières non menacées d'épuisement".

■ Choisir des granulats adaptés

Le choix des granulats est capital, tant sur le plan esthétique que technique. Comme, par exemple, pour l'aménagement d'une



Besselue : promenade le long du littoral, pour les piétons et les cyclistes, avec granulat concassé très clair.

section de la chaussée traitée en béton désactivé afin de créer un lien entre la place l'Île-de-France et la place Petrozavodsk (600 m²). La dalle béton, en surélévation car appliquée sur la chaussée existante pour constituer une "passerelle" pour les piétons, fait appel à des granulats de type diorite et calcaire. Contrainte supplémentaire : une remise en service 48 heures après la mise en œuvre, grâce à des adjuvants et à un dosage en ciment spécifiques. Autre réalisation à base d'un dioritique, mais de couleur rouge, le carrefour giratoire au croisement des rues Guiton et Missy (1 700 m² avec les alentours) : "La contrainte d'un trafic de bus et des poids lourds nous a amené à choisir le béton désactivé afin d'éviter des phénomènes de fluage et d'offrir une bonne résistance aux efforts de giration et d'arrachement" explique Patrick Renard, technicien au bureau d'études.

■ Tempêtes : l'après 1999

La résistance du béton et son corollaire, la durabilité, ont également été mises à profit pour la réalisation d'ouvrages en bordure de littoral, dévastés par la tempête de décembre 1999 : rupture de digue, chaussées emportées ou ensevelies, inondations... Trois sites ont été entièrement requalifiés à l'aide de béton désactivé : les promenades de Besselue (1 400 m²), de Port Neuf (1 900 m²) ainsi que la plage de la Concurrency. "Cette solution est particulièrement adaptée en raison de sa pérennité, mais aussi de son confort de marche" explique Francis Laurent, paysagiste et technicien au



Philippe Morisset
Ingénieur au Service
Domaine Public de la ville

“Le béton désactivé nous permet de concrétiser toutes nos ambitions créatrices.”

bureau d'études. Au total, 6 000 m² de béton désactivé ont été réalisés en 2001.

"Toujours présent dans notre ville depuis la dernière guerre, résume Philippe Morisset, le béton est réapparu, il y a une dizaine d'années, sous une forme différente que celle de nos antiques trottoirs. Le béton désactivé, par sa technicité, permet des choses bien plus subtiles et élégantes". Une technicité au service de la diversité des aménagements qui a fait "tâche d'huile" dans les communes avoisinantes et même chez les particuliers, séduits par le matériau. "Le béton désactivé, associé à un calepinage de pavés, est notre premier réflexe d'aménagement, dès lors que nous ne sommes dans le cœur historique, traité intégralement en dalles calcaire, conclut Philippe Morisset. Ses capacités novatrices vont sans doute nous amener à l'expérimenter sous forme de BCMC, pour traiter des voies et des arrêts de bus très sollicités". Une nouvelle expérience ! ●

■ 40 000 M² DE BÉTON DEPUIS 1990

Matériau rassurant par son caractère traditionnel, mais aussi instrument de toutes les audaces, le béton présente une ambivalence qui fait son intérêt auprès des concepteurs. En l'espace de 12 ans, la ville de La Rochelle estime avoir mis en œuvre environ 40 000 m² de béton. Essentiellement du béton désactivé, mais aussi des pavés béton dans la rue de Montréal (1 500 m²). Parmi les principales références, on citera l'aménagement de la rue de la Muse, les abords de la mairie de Laleu (1 500 m²), le parvis du Conseil Général (6 000 m²), les abords de l'Aquarium, le nouveau et très impressionnant complexe océanographique (500 m²) ou encore les trottoirs à base de deux bétons désactivés (un noir et un clair) desservant une zone de logements très contemporains, édifiés sur le site d'anciennes pêcheries. "Le béton désactivé nous a permis de réussir des choses très audacieuses, impossibles à réaliser autrement" assure Philippe Morisset.



Le parvis du Conseil Général : 6 000 m² de béton.

L'eau : du macroscopique au microscopique (2^e partie)

Dans le précédent numéro, nous avons vu que l'oxygène, en formant de l'eau, comble ses espaces vides avec les électrons des deux atomes d'hydrogène, de même que chaque atome d'hydrogène remplit sa propre couche avec un électron d'atome d'oxygène. Ces liaisons, dites covalentes, donnent une molécule stable dont les atomes se disposent en chevron.

Cette configuration asymétrique explique plusieurs des caractéristiques de l'eau. La partie hydrogène de la molécule transporte une charge électrique positive, et la partie oxygène une charge négative. Chaque molécule devient alors ce qu'on appelle un dipôle, équivalent électrique d'un minuscule aimant (Fig. 2). La molécule d'eau est donc à la fois donneuse et receveuse de liaison électrostatique, appelée "liaison hydrogène" (Fig. 3). La formation d'une première liaison hydrogène entre deux molécules d'eau perturbe légèrement la distribution des charges, de telle façon que chaque molécule devient plus disposée à en établir d'autres. Ce processus fait qu'une molécule d'eau peut associer quatre autres molécules et, de proche en proche, constituer un réseau dans l'espace.

■ Interprétation des caractéristiques particulières

Lorsque des molécules d'eau réagissent avec des substances comme le chlorure de sodium (sel de table), dont les atomes sont maintenus par simples attractions et non par des liaisons covalentes, l'effet de dipôle peut supprimer une partie de l'attraction, séparant les atomes de charge opposée, ou ions, et laissant plus de place à l'eau. Les ions étant entourés de molécules d'eau, la substance se dissout. L'eau est ainsi un solvant universel pour des composés à liaison hydrogène et des électrolytes. L'effet de dipôle explique aussi le phénomène de capillarité, cette tendance des liquides à remonter le long de la surface d'un solide, en défiant apparemment les lois de la gravité. Dans des tubes étroits tels que, par exemple, les vaisseaux sanguins ou les racines d'arbre, ce sont les tubes eux-mêmes

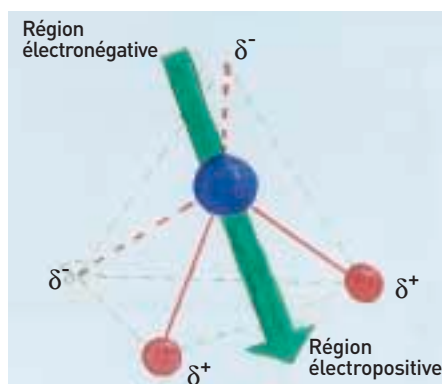


Fig. 2 : Chaque molécule est un dipôle, équivalent électrique d'un minuscule aimant.

qui attirent le liquide vers le haut en formant des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. Celles-ci, à leur tour, s'attirent mutuellement par le même mécanisme.

Mais les liaisons hydrogènes font non seulement geler l'eau plus vite que les composés de poids moléculaire similaire, mais empê-

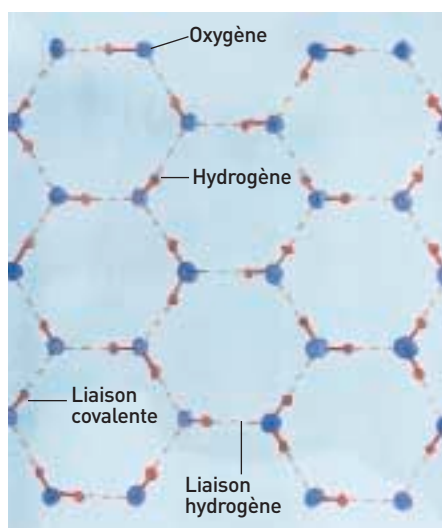


Fig. 4 : Plus on refroidit l'eau, plus les molécules tendent à se conformer à la forme tétraédrique.

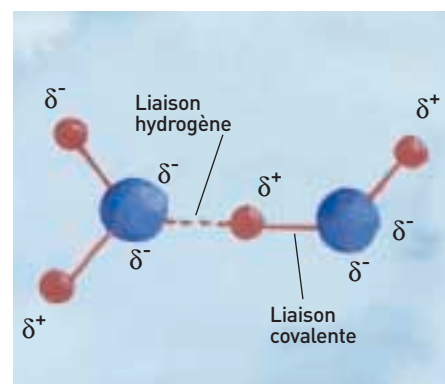


Fig. 3 : La molécule d'eau est à la fois donneuse et receveuse de liaison électrostatique.

chent aussi de chauffer rapidement. Plus on refroidit l'eau, plus les molécules tendent à se conformer à la forme tétraédrique, à s'éloigner les unes des autres, tout en s'associant en réseaux hexagonaux réguliers par des liaisons hydrogènes (Fig. 4). En revanche, si la température augmente, les liaisons hydrogènes se rompent. Les molécules d'eau se rapprochent et roulent les unes sur les autres (Fig. 5). C'est pourquoi la glace, occupant un volume plus important que l'eau, flotte à la surface des lacs. ●

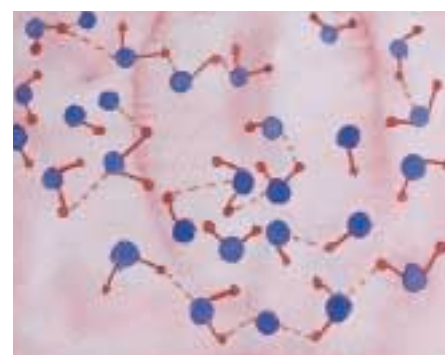


Fig. 5 : Si la température augmente, les molécules d'eau se rapprochent et roulent les unes sur les autres.

Le BPE et la voirie à faible trafic en béton

La voirie à faible trafic, réalisée en béton prêt à l'emploi, se développe en France. Son succès est dû à la satisfaction qu'elle apporte aux usagers, comme aux responsables des réseaux, pour des raisons techniques, économiques, écologiques et esthétiques.



LA VOIRIE À FAIBLE TRAFIC

Une voirie est dite à faible trafic lorsque le nombre de véhicules qui y circulent, par jour et par sens, est inférieur à l'équivalent de :

- 150 poids lourds de charge utile supérieure à 5 tonnes ;
- ou 190 poids lourds de poids total autorisé en charge supérieur à 3,5 tonnes.

Ceci correspond à environ 1 500 véhicules par jour et par sens, tous modèles confondus, sans distinction de charges.

Cette appellation recouvre un très grand nombre de routes. On distingue :

- la voirie et l'aménagement urbain ;
- la voirie rurale (agricole, viticole et forestière) ;
- la route communale et certaines routes départementales ;
- les aires de trafic industrielles et les aires de stationnement.

LE BÉTON PRÊT À L'EMPLOI

Compte tenu de la spécificité des bétons routiers, il est préférable de confier sa fabrication aux centrales de béton prêt à l'emploi qui présentent de nombreux avantages.

● Conformité aux normes en vigueur

- XP P 18-305 : "Bétons. Bétons prêts à l'emploi."
- NF P 98-170 : "Chaussées en béton de ciment. Exécution et contrôle"

➔ Nota

Le béton routier doit être conforme aux spécifications définies dans la norme NF P 98-170. Selon la norme XP P 18-305, cela correspond à un béton à caractères spécifiés "BCS" de classe

d'environnement 3, non armé et dont les caractéristiques mécaniques répondent aux classes de résistance définies par la norme NF P 98-170.

● Contrôles de la qualité et de la régularité du béton

Les formules de béton sont élaborées par des spécialistes qui sont à la fois des techniciens du béton et des hommes de chantier.

Les constituants du béton (granulats, ciment, eau, adjuvants...) sont réceptionnés méthodiquement et contrôlés régulièrement (vérification des caractéristiques intrinsèques et contrôle de réception). D'autre part, les centrales à béton sont équipées de matériels modernes permettant un dosage précis des constituants, une limitation des erreurs humaines en confiant les cycles de fabrication à des automatismes éprouvés et de répondre rapidement à toute modification de commande demandée par l'entrepreneur. Enfin, un auto contrôle permanent des fabrications permet à la centrale de maîtriser la qualité de sa production.



● Simplification de l'organisation du chantier

Le béton prêt à l'emploi facilite l'organisation des chantiers. Il permet d'éviter le montage d'une centrale sur le chantier, les contrôles fastidieux, les stockages encombrants, les maintenances pénibles et les nuisances diverses. En outre, il permet d'organiser rationnellement les chantiers (possibilités de plusieurs postes simultanés de bétonnage et élimination des transferts intermédiaires). Enfin, le producteur de béton prêt à l'emploi met au service des entreprises un parc important de camions malaxeurs assurant des livraisons ponctuelles et régulières. Le cas échéant, il peut proposer la manutention du béton au moyen d'une pompe à béton.



LES ATOUTS GÉNÉRAUX DE LA VOIRIE BÉTON

■ Atouts techniques

● Les principales qualités techniques des voiries en béton

Une grande rigidité

Les voiries en béton assurent une bonne répartition des charges sur le support de la chaussée et permettent une excellente adaptation aux sols de faible portance.



Conséquences

- une absence de fondation complexe
- une réduction des épaisseurs de la structure, donc des terrassements
- une économie en matériaux (structure moins épaisse à performances mécaniques égales)
- une simplicité de mise en œuvre (structure mono couche et matériel de mise en œuvre facilement disponible et d'utilisation simple).



Une bonne tenue à la fatigue

Un revêtement en béton, bien conçu et bien dimensionné, peut résister très longtemps à la répétition des charges, donc à un trafic cumulé important.

Conséquences

- une grande durabilité (40 à 60 ans)
- un entretien quasi nul sur la période de service

Une solidité à toute épreuve

La voirie en béton offre un ensemble de qualités de résistance :

- aux charges et au poinçonnement (grâce aux caractéristiques mécaniques du béton)
- à la chaleur (elle demeure rigide et stable par temps chaud sans déformation ni orniérage)
- au froid (elle est insensible au gel et aux sels grâce à la présence dans le béton de microbulles d'air)
- aux hydrocarbures

- à l'érosion et aux inondations (absence d'érodabilité des bords du revêtement)
- à l'usure de surface (sous l'effet du trafic et des conditions climatiques)
- au dégel : par sa rigidité, le revêtement répartit les charges

Conséquences

- un entretien quasi nul
 - la durabilité de la structure et des caractéristiques de surface est assurée quelles que soient l'intensité du trafic et les conditions climatiques,
 - l'uni est inaltérable



- une sécurité accrue (due au maintien, pendant de très longues périodes, de l'uni et des caractéristiques de surface : absence de déformation et d'orniérage, donc pas de rétention d'eau sur la chaussée, et par conséquent, moins de risques d'aquaplanage).

● Précautions d'emploi

Les joints

Il est nécessaire de réaliser des joints, en particulier des joints de retrait/flexion qui doivent faire l'objet d'une attention particulière lors de la mise en œuvre (bons espacements, suppression des angles vifs).

Dans certains cas, la présence de fibres dans le béton apporte un meilleur comportement au retrait.

Dimensionnement, sécurité et longévité

Toute structure béton est très sensible à un sous-dimensionnement ou aux surcharges qui n'auraient pas été explicitement prises en compte lors du dimensionnement.

Un faible surcroît d'épaisseur de béton (2 cm) procure une bonne sécurité vis-à-vis de surcharges éventuelles et assure une longévité accrue du revêtement.

■ Atouts économiques

Le béton est un matériau constitué d'éléments disponibles localement (sable, gravillons, ciment, eau) qui, contrairement au bitume, s'accommode bien des différents types de granulats et de sables. Il est disponible partout : environ 1 500 centrales de béton prêt à l'emploi quadrillent la France (aucun chantier n'est donc jamais à plus de 30 km d'une centrale BPE).

● Une technique à l'échelle locale

- elle peut être du ressort des entreprises locales, formées à la mise en œuvre des bétons d'environnement et de voirie.
- elle utilise des gravillons de la région, disponibles sur place ou à faible distance, qu'ils soient d'origines alluvionnaires ou de roches massives, roulés ou concassés.



● Une technique très compétitive

Au stade de la construction

La solution béton est tout naturellement compétitive par rapport à d'autres matériaux.

Mais il faut en plus, tenir compte, au moment de l'évaluation des coûts de construction, de certains éléments financiers qui jouent en faveur des structures en béton et qui peuvent se cumuler :

- minoration des terrassements : l'épaisseur de la chaussée est plus faible dans le cas des structures en béton
- économie d'énergie importée : on consomme moins d'énergie pour 1 m² de route en béton que pour 1 m² de route en bitume
- économie en matériaux, en quantité et en qualité : le béton consomme moins de matériaux pour des performances mécaniques égales et utilise des granulats locaux
- gains sur les travaux d'assainissement : l'eau de ruissellement peut être canalisée par le profil de la route (écoulement latéral ou écoulement central). Il en résulte une économie de bordures, de caniveaux et de fossés.



Après la construction

- Le béton ne nécessite pratiquement aucun entretien sur la période de service prévue, d'où un niveau élevé de service à l'utilisateur.
- En considérant le coût global (coût de construction et coûts d'entretien actualisés), la solution béton est la solution la plus économique sur une période de 30 ans.
- Autres avantages économiques :
 - possibilité d'obtention d'une subvention pour la construction de la chaussée,
 - récupération de la TVA sur l'investissement alors que les dépenses d'entretien ne le permettent pas.

■ Atouts écologiques

- Le béton est un matériau obtenu à froid, par mélange de plusieurs constituants naturels. Il est, de ce fait, un matériau écologique, obtenu sans dégagement de substances polluantes dans l'atmosphère.



- Il participe à la gestion d'une ressource rare : les granulats. La solution béton requiert moins de granulats.
- Il constitue, en se prêtant au recyclage, un gisement potentiel de matériaux pour de nouvelles routes et apporte donc sa contribution pour préserver notre environnement.
- Il s'intègre harmonieusement dans l'architecture et les paysages locaux.

■ Atouts esthétiques

Ils sont dus essentiellement aux possibilités offertes par le béton, au niveau des formes, des couleurs et des textures.



● Les formes

Étant un matériau moulable, le béton peut adopter toutes les formes possibles. Dès lors, les surfaces bétonnées peuvent être conçues en trois dimensions (retraits, saillies, creux, reliefs, arrondis, etc.).



● Les couleurs

Gris ou blanc, le ciment, mélangé aux éléments les plus fins du sable, donne au béton brut sa teinte de fond qui peut être modifiée par l'ajout de colorants. Dans le cas des bétons désactivés, c'est la couleur des granulats qui influencera la teinte du béton.



● Les textures

Elles vont des surfaces lisses aux surfaces rugueuses (lavées, désactivées, grenillées, bouchardées, imprimées, hydrosablées etc.). Suivant la nature du traitement choisi, le relief obtenu à la surface du béton sera plus ou moins accentué et l'esthétique de surface dépendra directement de la qualité de la texture minérale du béton.

Conséquences

Le matériau béton permet d'obtenir des formes, des couleurs et des textures extrêmement variées dans des conditions économiques très compétitives.

Leur combinaison, associée à la possibilité de réaliser de grandes superficies et des formes complexes, permet de répondre à toutes les exigences d'intégration aux sites, et de voisinage avec les Monuments Historiques.

LA VOIRIE URBAINE : exigences spécifiques et réponses du béton

■ Les exigences techniques générales

Le revêtement béton répond parfaitement à l'ensemble des exigences suivantes : résistance au trafic, à l'usure, au gel, à la chaleur, aux attaques chimiques, au cisaillement (virages, carrefours, etc.), à la charge canalisée (couloir bus), au poinçonnement (parking et aires de stationnement), etc. (voir "Atouts techniques" dans la partie "Atouts généraux").

■ Les exigences spécifiques

● La sécurité

Le revêtement en béton contribue à renforcer la sécurité par :

- un choix varié de couleurs et d'aspects créant une rupture avec une route de rase campagne,
- une adhérence élevée et une variété de textures adaptables (béton brossé, lavé, strié, désactivé, bouchardé, hydrosablé, etc.),
- une visibilité nocturne améliorée : teinte dominante claire quel que soit le traitement de surface.

● Le confort

La possibilité de régler l'intensité des traitements de surface d'un revêtement en béton permet de répondre aux besoins spécifiques d'un aménagement urbain : conciliation des exigences de sécurité, de confort (à la marche) et d'entretien (facilité de nettoyage).

● L'esthétique

Le matériau béton permet d'obtenir des formes, couleurs et textures extrêmement variées. Leur combinaison, associée à la possibilité de réaliser de grandes superficies et des formes complexes, permet de répondre aux besoins d'intégration à l'environnement immédiat (bâti, Monuments Historiques...).

● La mise en œuvre

Finition : Le matériau béton s'accommode des contraintes urbaines : plasticité et moulabilité permettent d'épouser toutes les formes requises avec une qualité de finition irréprochable.

Rapidité d'exécution : La mise en œuvre des revêtements en béton est rapide : structure mono couche, cadence élevée quelle que soit l'épaisseur à réaliser, vitesse d'exécution adaptable à l'importance du chantier du fait des nombreuses méthodes d'application.

Remise en circulation : La remise en service peut être autorisée dans des délais courts : 1 jour pour les véhicules légers, 3 à 7 jours pour les véhicules lourds.

● L'entretien courant (nettoyage)

Dès la construction, on peut protéger la surface du béton par un produit "anti-salissures" qui empêche les incrustations et facilite le nettoyage.

● Le confort acoustique

Il est procuré par le béton poreux ou le béton désactivé avec granulats de faible dimension (8 ou 10 mm maximum).

● L'exploitation (accès aux réseaux enterrés)



Pour les travaux neufs, tout se joue au moment de la conception : il convient de préparer soigneusement le projet, prévoir des fourreaux en attente sous la voirie ou éventuellement dans le béton et/ou des bandes de pavés au droit de tout ou partie du réseau.

Pour les réparations, celles-ci sont aisées et durables grâce aux scies et trancheuses permettant d'ouvrir des tranchées nettes et de reconstituer une chaussée de qualité.

● L'économie

Le revêtement en béton est très compétitif par rapport aux autres matériaux urbains (tableau ci-dessous).

Sur le plan de l'investissement : son coût (fourniture + mise en œuvre) se situe dans la fourchette 19-46 € HT/m² en fonction de la nature, de l'importance et de la géométrie de l'aménagement, de la coloration et du traitement de surface recherché. Sur le plan de l'entretien : son coût est quasi nul (voir "Atouts Généraux"). C'est un élément important qui entre en compte dans la décision des maîtres d'ouvrage.

Pour la voirie de lotissement

- Suppression de la "double voirie" : les solutions habituelles obligent à refaire une voirie pour les usagers lorsque la première a été détruite par la circulation des engins de chantier. La voirie en béton leur résiste et est donc définitive dès l'origine.
- Économies sur l'éclairage : 50 % d'électricité en moins grâce à la couleur claire des voies ; moins de lampadaires (jusqu'à un tiers).
- Possibilité de couler en même temps la bordure de trottoir avec une mini machine à coffrage glissant (pour les chantiers importants).
- Esthétique, balisage et signalisation en associant différents bétons teintés.

Coûts à la construction des principaux matériaux utilisés en voirie urbaine

Matériaux	Les pierres naturelles			Les produits hydrocarbonés		Les produits préfabriqués en béton		Le béton coulé en place
	Granits : - pavés - dalles épaisses	Porphyres - pavés - dalles épaisses	Quartzite - pavés - dalles épaisses	Enrobé bitumineux	Asphalte coulé	Pavés	Dalles épaisses	Revêtement en dalles (d'environ 20 m ²)
Avantages	- très résistants - grande souplesse d'utilisation - bonne intégration - bonne association avec d'autres matériaux - peu salissant	- très résistant - possibilités de composition très variées - bonne association avec d'autres matériaux - peu salissant si teinte foncée	- très résistant - grande souplesse d'adaptation avec les pavés	- facilité de mise en œuvre - salissures invisibles si enrobé noir	- bon vieillissement - mise en œuvre facile et simple - adaptabilité aux contraintes urbaines	- grande liberté de composition - bonne association avec d'autres matériaux - insensible au gel - variété de forme et de couleur	- idem pavés	voir "Exigences et réponses du béton"
Inconvénients	- nécessité de traiter la surface à la flamme pour améliorer l'adhérence - nécessité d'une main d'œuvre très spécialisée	- très brillant - difficulté d'intégration (brillance) - salissant si teinte claire	- polissage - nécessité d'une main d'œuvre très spécialisée	- ornières, nids de poule, entretien fréquent - pas d'expression plastique - mauvaise tenue des couleurs - difficulté d'intégration à l'environnement	- faible résistance au poinçonnement - intégration difficile - monotonie et ternissure	- risque d'aspect monotone si coulée unique - nécessité d'une bonne qualité de mise en œuvre	- nécessité d'une main d'œuvre qualifiée pour la pose	
Fourchette de prix (€/m ²) *	pavés : 77 - 138 dalles : 107 - 183	pavés : 69 - 115 dalles : 77 - 138	pavés : 92 - 138 dalles : 77 - 122	non-coloré : 12 - 19 coloré : 31 - 46	16 - 39	selon l'aspect esthétique : 23 - 61	selon l'aspect esthétique : 27 - 77	béton balayé : 19 - 27 béton décoratif : 27 - 46

* Les prix indiqués en euros correspondent à des structures complètes (fournitures et pose comprises)

LA VOIRIE RURALE : exigences spécifiques et réponses du béton

■ Les voiries agricoles



En plus des atouts généraux en faveur de la voirie à faible trafic en béton, le revêtement en béton offre des avantages technico-économiques, spécifiques adaptés à la route agricole.

● La récupération des eaux de ruissellement par le profil de la voie

Grâce à sa solidité, le revêtement béton est utilisé pour faire circuler l'eau de ruissellement. Un profil en travers adapté la canaliserait soit en son milieu, soit vers l'un ou l'autre de ses côtés. L'eau sera ensuite évacuée de façon classique à travers des avaloirs judicieusement placés.

● La suppression des fossés, des accotements, des buses

L'emprise de la route se limitant à la largeur de la chaussée, la surface cultivable s'en trouvera augmentée et les manœuvres d'engins facilitées.

■ Les voiries viticoles



La culture de la vigne se développe, en général, sur des coteaux. Pour y accéder, il faut emprunter des chemins difficiles ayant une pente relativement forte pouvant atteindre 20 %. La plupart des chemins viticoles sont restés non revêtus. En période de beau temps, l'accès aux vignobles reste possible mais en cas d'orage, les matériaux constituant ces chemins sont emportés en torrents de boue. La circulation et les manœuvres des tracteurs créent des ornières et le chemin devient vite impraticable.

Chaque année, le maître d'ouvrage doit engager des dépenses pour reprofiler la surface de ces chemins.

Remédier à ce problème délicat, c'est trouver un revêtement capable de résister à l'érosion en période de pluie, à la chaleur en période très chaude, et offrant une bonne adhérence dans les fortes pentes. Le revêtement en béton apporte des solutions adéquates aux problèmes spécifiques de la voirie viticole :

- La technique d'exécution de la voirie en béton est simple : elle se contente de l'usage d'une règle vibrante et d'un coffrage, alors que les machines habituellement utilisées n'ont guère accès à des endroits où les pentes peuvent atteindre 20 %.
- La voirie en béton réduit l'érosion des terres en canalisant les orages par son profil et évite les inondations des parties basses avec des bassins de rétention d'eau judicieusement placés.

- Les voiries viticoles en béton résistent bien aux manœuvres des engins agricoles dans les fortes pentes car le béton ne flue pas sous l'effet de la chaleur.
- Un traitement de surface adéquat confère au béton des qualités d'adhérence indispensables pour la circulation dans les fortes pentes.
- L'emprise de la route se limite à la largeur de la chaussée, grâce à la suppression des fossés, des accotements, des buses. La surface cultivable s'en trouve augmentée et les manœuvres d'engins sont facilitées.

■ Les voiries forestières



La croissance de la dimension des exploitations forestières a induit un trafic caractérisé par le passage de charges de plus en plus élevées (charges à l'essieu de 13 tonnes et plus), en toutes

saisons, quelles que soient les conditions climatiques : gel, fortes chaleurs, pluie, etc. La route forestière doit résister à toutes ces contraintes climatiques et assurer la permanence de service. Elle doit, en outre, résister aux feux de forêts et constituer un coupe-feu durable. Le revêtement en béton apporte des solutions adéquates aux problèmes spécifiques de la route forestière :

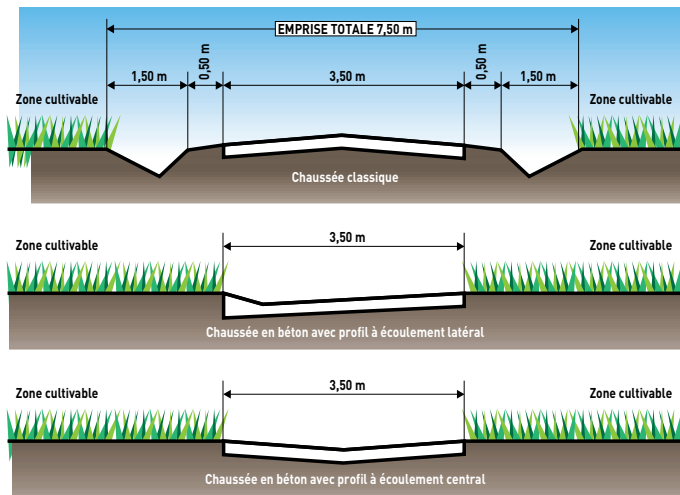
- Il résiste à toutes les conditions climatiques. En période de chaleur, il ne se déforme pas (ni orniérage, ni fluage). En période de froid, il résiste au gel et aux sels de déverglaçage. Enfin, en période de pluie ou d'inondation, il garde sa solidité et sa cohésion (pas de nids de poule).
- Il résiste à l'agression des charges lourdes (débardage de grumes) et aux manœuvres d'engins lourds (engins à chenilles). Il est solide, rigide en surface comme aux bords et résiste ainsi à l'arrachement et à l'usure.
- Il résiste à la chaleur et aux feux de forêts ce qui représente deux avantages spécifiques :
 - il assure aux pompiers la permanence de service et d'accès,
 - il empêche la propagation de l'incendie sur le sol et constitue ainsi un coupe-feu durable.
- Il permet de réaliser des économies au stade de la construction :
 - minoration des terrassements : structure moins épaisse,
 - gain sur les travaux d'assainissement : suppression des fossés, des accotements, des buses. La récupération des eaux de ruissellement se fait par le profil de la route (écoulement latéral ou central).

LA VOIRIE RURALE : solutions techniques

■ Conception

Une voirie rurale doit être conçue en fonction de la spécificité du matériau béton. En effet, par sa forte résistance aux diverses

sollicitations extérieures, en particulier à l'érosion, il permet une grande variété de profils (en travers et en long), car c'est la chaussée elle-même qui peut être utilisée pour assurer le ruissellement des eaux (profil à écoulement central ou latéral). L'eau sera ensuite évacuée de façon classique à travers des avaloirs judicieusement placés. Le béton permet donc la réduction des emprises et un gain sur le foncier (figure ci-dessous).



Profils en travers types d'une chaussée classique et d'une chaussée en béton

Dimensionnement

Choix du trafic : le trafic est de classe t5, c'est-à-dire $0 < t < 25$ poids lourds par jour.

Voiries rurales : exemples de structures et fourchettes de prix				
STRUCTURE PORTANCE	STRUCTURE EN GNT	STRUCTURE EN GRAVE BITUME	STRUCTURE SEMI RIGIDE	STRUCTURE EN BÉTON
P1	4 cm BB 20 cm GNT 35 cm GNT	10 cm ES 10 cm GB 50 cm GNT	4 cm BB 26 cm GC 30 cm GNT	19 cm BC 30 cm BC tout venant
P2	4 cm BB 20 cm GNT 20 cm GNT	10 cm ES 10 cm GB 33 cm GNT	4 cm BB 23 cm GC 30 cm GNT	19 cm BC
P3	4 cm BB 25 cm GNT	10 cm ES 18 cm GNT	4 cm BB 20 cm GC	17 cm BC
P4	4 cm BB 20 cm GNT	10 cm ES 10 cm GB 10 cm GNT	4 cm BB 17 cm GC	15 cm BC
Fourchette de prix (€/m ²)	11 - 19	15 - 23	13 - 21	19 - 27

GNT : Grave non traitée BB : Béton bitumineux GB : Grave-bitume
GC : Grave-ciment BC : Béton de ciment ES : Enduit superficiel

Portance du sol : on retient 4 classes de sols p1, p2, p3 et p4, conformément à la classification SETRA.

Dimensionnement des structures : le *Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic* (SETRA/LCPC - 1981) permet de calculer les différents types de structures pour une période de service de 20 ans et un taux de croissance du trafic de 4 %. (voir tableau ci-contre)

Nota

Les prix ne tiennent pas compte d'éléments financiers qui jouent en faveur des routes en béton et peuvent se cumuler : gain sur le foncier par réduction des emprises ; gain sur les travaux d'assainissement (économie de fossés, accotements, etc.) ; minoration des terrassements.

APPLICATIONS SPÉCIFIQUES

En plus des voiries rurales et des aménagements urbains, le béton a su évoluer et propose des solutions originales et innovantes pour répondre aux besoins, tant esthétiques que techniques, des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre. Comme les matériaux autocompactants en remblayage des tranchées, les chaussées réservoirs en béton et les ouvrages annexes.

Les matériaux autocompactants en remblayage des tranchées



Malgré l'existence de règles de l'art bien définies, les tranchées remblayées présentent encore des défaillances, liées essentiellement à une insuffisance de compactage lors du remblayage.

La multiplication des interventions sur de nombreux réseaux entraîne l'ouverture de tranchées de plus en plus nombreuses et étroites.

Conséquences : le remblayage est inégal et l'enchevêtrement des câbles et canalisations laisse parfois subsister des cavités que les matériaux traditionnels ne peuvent combler, ce qui rend difficile un compactage efficace. Ces interventions, de plus en plus complexes, génèrent de nombreuses nuisances pour les riverains et les usagers, et augmentent le risque d'accidents de chantier.

Avantages des matériaux autocompactants

La mise au point de matériaux autocompactants, adaptés à l'évolution des contraintes du remblayage des tranchées, apporte des solutions appropriées à l'ensemble de ces problèmes techniques, en particulier :

- Un remblayage optimal sans compactage
- Pas de tassement différentiel
- Une sécurité accrue pour les ouvriers
- Des moyens humains et matériels réduits
- Une grande rapidité d'exécution
- Moins de nuisances sur chantier
- Un matériau réexcavable

■ Les chaussées réservoirs en béton poreux



En multipliant les surfaces étanches, l'urbanisation augmente les risques d'inondations en cas d'orage. Du fait des très forts débits instantanés et du ruissellement sur la chaussée, les eaux pluviales se chargent en polluants (métaux lourds notamment). Elles ont, par conséquent, un impact désastreux sur le milieu récepteur. Cette situation est encore aggravée par le sous-dimensionnement des réseaux d'assainissement et par la saturation des stations d'épuration. C'est pourquoi la Loi sur l'Eau de 1992 donne aux collectivités la possibilité d'imposer aux maîtres d'ouvrage des mesures limitant l'imperméabilisation des sols. L'utilisation de "structures-réservoirs" en béton pour la voirie, les parkings ou les aires industrielles permet de constituer des "stockages-tampons" et de traiter ainsi le problème à la source.

● Avantages des chaussées réservoirs en béton poreux

Elles recueillent et stockent temporairement les eaux de pluie, puis les renvoient, selon un débit adapté, vers des sites appropriés où elles seront traitées ultérieurement. Cette solution évite la dispersion incontrôlée de la pollution et présente les avantages suivants :

- Lutte contre les inondations, régule les flux d'eaux pluviales
- Concourt à l'épuration partielle et à la filtration des eaux de ruissellement
- Permet de réaliser une économie globale de 20 à 30 %
- Donne une réponse possible aux exigences de la Loi sur l'Eau.

■ Les ouvrages annexes en béton

On peut citer les dispositifs de retenues (GBA et DBA), les ouvrages hydrauliques et les ouvrages de protection de la faune.

● Les dispositifs de retenues en béton

Ils apportent un ensemble d'avantages :

Caractère infranchissable : conçus pour être infranchissables, les dispositifs en béton assurent la meilleure protection contre le franchissement du fait de leur poids élevé et de la continuité du dispositif.

Bon profil pour les deux roues : ce type de barrière et de séparateurs, pleins et continus sur toute leur hauteur, permet de réduire très fortement les risques de blessures graves occasionnées aux motocyclistes par les glissières sur pieds à simple renfort.



Economique, polyvalent et écologique : le béton est un matériau disponible partout en France et sa mise en œuvre se fait avec des entreprises locales. Un dispositif durable ne nécessite pratiquement pas d'entretien, réduit donc les accidents liés à ce type de travaux, s'intègre bien au paysage et peut remplir d'autres fonctions : protection contre le bruit, végétalisation... Mais c'est également un équipement neutre pour l'environnement, ne rejetant pas de métaux lourds.

● Les ouvrages hydrauliques

Ils protègent efficacement la nappe phréatique des infiltrations des eaux pluviales, souvent polluées par les hydrocarbures. On distingue les cunettes, les caniveaux à fente, les collecteurs, les bassins de décantation et les stations d'épuration.

● Les ouvrages de protection de la faune

Ils sont systématiquement réalisés aujourd'hui pour assurer le passage de la faune. Ce peuvent être des conduits en béton sous chaussées pour permettre aux batraciens de rejoindre leurs lieux de reproduction se trouvant à l'opposé de leurs lieux de villégiature, des ouvrages en béton pour faciliter le passage des chevreuils et des sangliers, ou encore des passages spéciaux (buses en béton).

CONCLUSION

Le décideur, qui est soucieux de la satisfaction des usagers - dans l'immédiat, mais aussi par la suite - et de la bonne gestion des deniers de la collectivité, dispose de tous les éléments de comparaison. Il lui faut tout prendre en compte, bien peser ses budgets tout en prévoyant l'avenir - ce qui n'est pas toujours simple. Après examen approfondi, la solution, c'est le béton... ●

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex Tél. : 01 55 23 01 00 Fax : 01 55 23 01 10
Email : centrinfo@cimbeton.net Site Internet : www.infociments.fr

Béton de ciment mince collé, imprimé et sablé (Sarthe - 72)

La première application du BCMC (béton de ciment mince collé) imprimé et sablé vient de voir le jour en France, sur l'Esplanade d'accès au Centre aquatique du Mans. "Nous avons associé la technique récente du BCMC avec le procédé ancien d'impression du béton" révèle Michel Duval, gérant de l'entreprise Sarthe Aménagements.

Pour Laurence Daval-Legal, de Béton Chantiers de l'Ouest (groupe Lafarge) : "L'objectif était double : renforcer, grâce au BCMC, la résistance du revêtement actuel en enrobé, afin d'éviter qu'il ne soit orniéré dans le futur par le passage d'un trafic T3/T4, mais aussi rompre l'uniformité due à la couleur rose de cet enrobé."

Le BCMC a été coulé sur les zones piétonnes et sur la chaussée empruntée par les bus, en intégrant dans le revêtement bitumineux, préalablement fraisé, 7 bandes de 1,20 m de large. L'aspect esthétique recherché a été atteint grâce, d'une part, à



une finition en petits pavés réalisée à l'aide de matrices spéciales et, d'autre part, à un sablage (après 24 heures de séchage) destiné à faire ressortir les granulats noirs incorporés à la surface du béton et à rappeler la façade du bâtiment bordant l'esplanade.



- **Lieu :** Esplanade d'accès au Centre aquatique (Le Mans)
- **Maître d'ouvrage et Maître d'œuvre :** Communauté urbaine du Mans
- **Entreprise :** Sarthe Aménagements
- **Fournisseur de béton :** Béton Chantiers de l'Ouest (groupe Lafarge)
- **Technique utilisée :** Béton de ciment mince collé (BCMC) imprimé et sablé
- **Description des travaux :**
 - épaisseur de rabotage de l'enrobé : 7 cm
 - technique de nettoyage de la surface rabotée : jet d'eau haute pression

- épaisseur de coulage du béton : 7 cm
- matériel utilisé pour la vibration : aiguille vibrante
- joints : sciés à intervalles réguliers tous les 80 cm, sur un tiers de l'épaisseur du béton
- traitement de surface : impression et sablage (homogénéité de la teinte assurée par un durcisseur de surface constitué de quartz)
- le béton inclut 3 à 6% d'air occlus pour pallier les risques liés aux cycles gel/dégel
- **Surface réalisée :** 210 m²

Dalles Basaltine pour centre-ville (Gard - 30)

La municipalité du Grau du Roi (Gard) souhaitait, selon son maire M. Etienne Mourrut, *“renforcer et améliorer les infrastructures et l'esthétique de l'entrée de la cité”*. Pour cela, une restructuration a été entreprise, prenant en compte l'implantation des futurs commerces, la réalisation de dessertes piétonnes plus importantes et mieux sécurisées, et l'amélioration de la circulation à sens unique.

Pour Philippe Ghezzi, architecte du projet : *“J'ai souhaité marquer clairement l'espace des piétons et le privilégier dans ses rapports à l'automobile. L'ensemble contribue ainsi à créer la ville dans ses fonctions les plus nobles : celles d'un espace pacifique, porteur d'un projet d'avenir”*.

- **Lieu :** Le Grau du Roi
- **Maître d'ouvrage :** Ville du Grau du Roi
- **Maître d'œuvre :** Philippe Ghezzi (architecte)
- **Entreprise :** Screg
- **Fournisseur des produits :** Basaltine (Saint Thibery - 34)
- **Nature des travaux :** Aménagement d'un espace urbain privilégiant la circulation des piétons par l'aménagement de larges trottoirs.
- **Description des travaux :** Les dimensions de l'espace ont permis l'utilisation de grandes dalles 50x50 et 100x100 cm. Un soin tout particulier a été apporté à la réalisation des



détails, notamment grâce aux dalles trapézoïdales pour les courbes et aux dalles en coupe spéciale pour l'entrée charretière.

Les dalles ont été réalisées en matériaux naturels concassés (basalte, porphyre...). La belle face a été bouchardée en respectant un listel périphérique de manière à conserver une arête vive.

Les bordures sont au “Profil Pierre” (gamme Basaltine). Le matériau de base est identique à celui des dalles, ainsi que le traitement de surface. Les bordures ont été également réalisées avec un listel périphérique, afin de respecter une arête parfaitement vive. L'ensemble des éléments a été posé avec un joint de 7 mm.

L'excellente résistance des dalles, due à leur type de fabrication et à leur épaisseur (10 cm), permet d'utiliser les espaces pour le marché hebdomadaire.

- **Surface réalisée :** 3 000 m² de dalles - 4 500 m de bordures - 12 bancs
- **Durée des travaux :** 6 mois



Pavés béton pour cœur de ville (Territoire de Belfort - 90)

La commune de Cravanche (90) s'étire le long d'une route départementale, ce qui accentue l'impression d'un environnement neutre en mal d'identité propre et engendre un sentiment d'insécurité dans la population, en raison de la vitesse élevée des véhicules traversant l'agglomération.

Pour répondre à cette double préoccupation, la municipalité a décidé d'utiliser les pavés béton pour recréer un cœur de ville original, en assurant mieux la sécurité des usagers, en améliorant l'esthétique, en créant un espace convivial autour de la mairie et de l'école, et enfin en confortant les commerces actuels tout en s'efforçant d'en attirer de nouveaux.

- **Lieu :** Rue des Commandos d'Afrique (Cravanche)
- **Maître d'ouvrage :** Mairie de Cravanche
- **Maître d'œuvre :** Atelier de Paysage + Espace Urbain Gallois (Colmar)
- **Entreprise :** Colas Est
- **Description des travaux :**
 - Sur les trottoirs :** utilisation de pavés Birkeinmeier, modèle *La linia*, épaisseur 8 cm, coloris jaune, gris clair, gris foncé, bleu (pavés posés sur sable).
 - Sur la chaussée :** utilisation de pavés Birkeinmeier, modèle *La linia*, épaisseur 14 cm, coloris jaune, gris clair, gris foncé, bleu (pavés posés sur sable).
 - Bacs, gradins, fontaine et escaliers :** béton coloris gris clair.
- **Surface réalisée :**
 - Aménagement total de la rue :** 450 ml x 12 ml x 15 ml
 - Aménagement en pavés béton :** environ 3 400 m²
- **Durée des travaux :** 6 mois
- **Délai de remise en circulation :** 5 mois (accès riverains conservés)





La Ville de Nice a décidé d'utiliser la technique du BCMC pour résoudre durablement les problèmes d'orniérage des couloirs de bus en enrobé.

BCMC : opération pilote pour les bus niçois

Pour résoudre durablement ses problèmes d'orniérage au niveau des arrêts de bus, la Ville de Nice mise sur le BCMC (béton de ciment mince collé). C'est pourquoi elle expérimente, sous circulation, deux épaisseurs et deux traitements de surface différents.

Comme de nombreuses communes, la Ville de Nice (Alpes-Maritimes) est confrontée, depuis plusieurs années, aux problèmes d'orniérage dans ses couloirs de bus en enrobé. Ce phénomène est encore plus flagrant au niveau des arrêts car ces zones sont plus sollicitées lors de la circulation des autobus : freinage, démar-

rage, stationnement... Et, circonstance aggravante, la chaleur estivale amplifie ces effets. Pour régler durablement ce problème d'orniérage, les services techniques de la Ville de Nice ont donc eu l'idée, dans un premier temps, de tester une solution BCMC sur deux arrêts de bus.

mances du béton en matière de résistance à l'usure et à l'orniérage. Economique, cette technique ne nécessite la mise en œuvre que de quelques centimètres de béton, alors qu'il en faut plusieurs dizaines lors d'une démolition suivie d'une réfection totale. Autre avantage appréciable du béton : son excellente résistance à la chaleur sous charge.

Importée des Etats-Unis en France il y a quelques années, cette solution a été optimisée en termes de formulation du béton et d'épaisseur de dalle, afin de la rendre encore plus performante. Le BCMC a déjà été testé avec succès, entre autres, sur les péages de Gye (A 31), sur des aires de stationnement autoroutières (A10, A6, A7...), sur un dépôt d'autobus à Neuilly-Plaisance,...

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maître d'œuvre :** Services techniques de la Ville de Nice
- **Entreprise :** Gailledrat
- **Fournisseur du béton :** Béton Contrôlé Côte d'Azur (Ciments Vicat)

Le BCMC : une technique qui a fait ses preuves

Le principe de base du BCMC est de coller une mince couche de béton sur une chaussée existante en enrobé, après l'avoir décapée superficiellement. Cette solution technique exploite les qualités de portance de l'ancienne chaussée, tout en profitant des perfor-



Une raboteuse élimine l'ancien enrobé par bandes d'un mètre de large.

Reposant sur la méthode française de dimensionnement des chaussées, le calcul de la structure s'apparente à celui d'une chaussée "classique". À Nice, deux hypothèses de travail ont été testées : 9 cm d'épaisseur sur une surface de 100 m² (place Garibaldi) et 12 cm d'épaisseur sur une zone de 200 m² (boulevard Jean-Jaurès).

■ Bien soigner la préparation du support

Une raboteuse Wirtgen élimine par fraisage l'ancien enrobé sur une épaisseur de 9 cm (12 cm pour le boulevard Jean-Jaurès) par bandes d'un mètre de large. Les fraisats sont évacués au fur et à mesure par camions-bennes. Ensuite, on nettoie la chaussée en surface, à l'aide d'une balayeuse munie d'une rampe d'eau haute pression, et on complète par le passage manuel d'un jet d'eau haute pression. L'objectif est de se débarrasser totalement des restes d'enrobés et de poussières afin d'obtenir une surface parfaitement propre et rugueuse, condition indispensable pour réaliser un collage optimal du béton sur son support.

■ Deux finitions de béton : désactivé et balayé

"Dès le lendemain, après humidification du support pour augmenter son adhérence, le béton prêt à l'emploi provenant de la centrale de Béton Contrôlé Côte d'Azur est réparti manuellement. Il est ensuite vibré à l'aiguille, avant d'être nivelé à la règle sur une largeur constante de 3,50 m puis soigneusement taloché" explique Frédéric Grattessolle, ingénieur de travaux de l'entreprise Gailledrat, chargée de cette opération. Après la pulvérisation d'un désactivant de surface, le béton est, quelques heures plus tard, lavé au jet d'eau haute pression pour dénuder les gravillons. Pour la zone-test du boulevard Jean-Jaurès, un autre aspect de



Nettoyage en profondeur de la chaussée, à l'aide d'une balayeuse.

surface a été préféré : un balayage transversal superficiel, suivi de l'application d'un produit de cure par pulvérisation.

"Dans les deux cas, le béton est scié sur une profondeur de 2,5 cm en éléments de 120 x 120 cm pour les joints de retrait. Le choix de ce pas de découpe est lié à l'épaisseur du béton, soit de 10 à 15 fois l'épaisseur" précise Frédéric Grattessolle. De type *soff-cut*, ce sciage réalisé à l'aide d'une lame mince évite d'avoir à combler ensuite les joints.

■ Une remise en circulation sous 48 heures

La principale difficulté de ce chantier résidait dans la brièveté des délais de réalisation : deux jours seulement pour la première zone, trois pour la seconde. En effet, les chantiers ayant lieu en juillet,



Acheminé par camion-toupie, le béton prêt à l'emploi est réparti à l'avancement.



Pulvérisation du produit de cure pour protéger le béton des agents atmosphériques.

■ FORMULATION DU BÉTON POUR 1 M³

● Sable 0/3 :	600 kg
● Gravillons 6/10 :	1 150 kg
● Ciment :	400 kg
<small>(CEM I 52,5 N CE PM CP2 NF de la Grave de Peille)</small>	
● Eau :	190 litres
● Adjuvant :	4,8 kg
● Superplastifiant :	4 kg
● Entraîneur d'air :	1 kg
● Consistance :	plastique

c'est-à-dire en pleine saison touristique, la municipalité avait exigé que les travaux gênent le moins possible la circulation automobile. L'emprise du chantier se limitait donc, à chaque fois, à la portion de couloir de bus concernée, la circulation étant maintenue en quasi-permanence sur les autres voies. Ce qui impliquait une organisation rigoureuse du chantier et un espace réduit pour travailler.

Afin d'assurer une rapide remise en circulation, le béton mis en œuvre a été surdosé en ciment, à 400 kg de CEM I 52,5 par m³. Cette formulation assure une prise rapide tout en offrant une forte résistance caractéristique à la compression, suffisante pour une remise sous circulation lourde dans les 48 heures. La société Béton Contrôlé Côte d'Azur s'est chargée de l'autocontrôle du béton sortant de sa centrale, de la réalisation des éprouvettes et des tests classiques (affaissement au cône d'Abrams, teneur en air occlus...).

Selon le comportement des zones-tests sous circulation, la Ville de Nice choisira ensuite la solution la plus adaptée à ses besoins pour la réfection de la totalité de ses arrêts de bus. Ce qui, probablement, incitera ensuite d'autres communes du département, confrontées à des problèmes d'orniérage identiques, à faire de même. ●



Sciage des joints de retrait sur une profondeur de 2,5 cm.

? Le coin du curieux

■ Quelques records

- La plus longue autoroute du monde est la "Panaméricaine" qui relie Brasilia, capitale du Brésil, au nord-ouest de l'Alaska, soit 24 140 km !
- La route la plus haute du monde se trouve au Tibet : elle assure la liaison entre Hsin Chi-fu et Khaleb... à plus de 6 000 m d'altitude !
- La route la plus basse du monde est celle qui, en Israël, longe la mer Morte : elle est située à 393 m sous le niveau de la mer !
- La plus longue ligne droite du monde est la "Route 24" de l'Etat de l'Utah (USA) : elle relie Green River et Hanksville sur 50 km totalement rectilignes !

💡 Remue-méninges

Voici, pour vous détendre... ou pour vous irriter, une énigme routière à résoudre. Réponse dans le prochain numéro de *Routes*.

■ Terrassement à la chaîne

Une équipe de terrassiers a été désignée pour creuser une tranchée. Si l'équipe avait travaillé au complet, la tranchée aurait été réalisée en 24 heures seulement. Malheureusement, du fait d'une activité soutenue sur d'autres chantiers, l'équipe n'a pu commencer le travail au complet. C'est pourquoi, il a fallu organiser le chantier de la manière suivante : un ouvrier débute le travail, seul. Au bout d'un temps t , un deuxième le rejoint. Puis, au bout d'un autre temps t , un troisième arrive en renfort. Et ainsi de suite jusqu'au dernier de l'équipe. À la fin du chantier, le

calcul de la paye montre que le premier terrassier a travaillé 11 fois plus longtemps que le dernier.

Combien de temps a travaillé le dernier terrassier ?

Combien d'ouvriers composaient l'équipe ?

Réponses du Remue-méninges de *Routes* n°79 :

Question 1 : lorsque les deux camions (A) et (B) se croiseront, ils seront, bien entendu, à la même distance de Lille.

Question 2 : les deux chauffeurs s'appellent... soit par la CB, soit par portable.

🔍 GROS PLAN

● Le SPECBEA rejoint l'USIRF

Le SPECBEA (Syndicat professionnel des entrepreneurs de chaussées en béton et d'équipements annexes) créé en 1936, a rejoint l'USIRF (Union des syndicats de l'industrie routière française) lors de son Assemblée générale extraordinaire du 18 mars 2002. Le SPECBEA, qui travaille en partenariat avec des organisations professionnelles comme Cimbéton ou le SNBPE, a fait la preuve de ses compétences en matière de recherche et d'innovation appliquées à tous les travaux de chaussées routières, urbaines, aéroportuaires ainsi que d'équipements de sécurité et de protection de l'environnement.

Pour en savoir plus :

[<www.specbea@fnfp.fr>](mailto:www.specbea@fnfp.fr)

● Densité autoroutière : la France en 5^e position

Dans sa dernière plaquette institutionnelle, l'USIRF révèle entre autres que la France figure au 5^e rang européen dans le classement des réseaux d'autoroutes (indice en km/millions d'habitants), avec l'indice 176, derrière le Luxembourg (276), l'Espagne (232), la Suisse (231) et l'Autriche (200). La Belgique est 6^e (165), l'Allemagne n'arrive qu'au 11^e rang (139) et l'Irlande ferme la marche (22).

Pour en savoir plus :

[<www.usirf.asso.fr>](http://www.usirf.asso.fr)

📖 VIENT DE PARAÎTRE



Aménagements urbains et produits de voirie en béton – Conception et réalisation

La nouvelle édition de cet ouvrage traite des points suivants :

- la réponse aux besoins de l'aménageur et du gestionnaire : fonctionnalité et qualité des produits en béton,
- la conduite d'un projet d'aménagement : conception et dimensionnement d'un ouvrage,
- la réalisation et l'entretien des ouvrages.

Réédition 2002. Référence : T54

Disponible gratuitement auprès de Cimbéton, soit par fax au 01 55 23 01 10, soit par Email : centrinfo@cimbeton.net

📅 AGENDA

11 - 13 septembre 2002

Salon ATTF

Cimbéton sera présent (stand n°75) au 33^e Salon de l'Équipement Territorial, organisé par l'Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF), qui se tiendra au Parc des Expositions d'Orléans.