

ROUTES

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



ENVIRONNEMENT

Des physiciens de Californie confirment notre "bonne vieille méthode" pour lutter contre le réchauffement climatique !

LE POINT SUR

Autoroute A41 : un traitement des sols au liant hydraulique routier en pleine montagne (Haute-Savoie)

RÉFÉRENCE

Paulilles (Pyrénées-Orientales) : le mariage réussi du béton imprimé et du béton sablé

2 ÉDITORIAL

3-6 LE POINT SUR



Autoroute A41
Traitement des sols au liant hydraulique routier en pleine montagne (Haute-Savoie)

7 ENVIRONNEMENT



Des physiciens de Californie confirment notre "bonne vieille méthode" pour lutter contre le réchauffement climatique !

8-9 RÉFÉRENCE



Pyrénées-Orientales
Paulilles : le mariage réussi du béton imprimé et du béton sablé

10-11 RÉFÉRENCE



Vaucluse
Avignon : la place d'armes de la caserne valorisée par le béton désactivé

12-15 RÉFÉRENCE



Loire-Atlantique
Île de Nantes : plus de 30 000 m² de bétons pour valoriser le patrimoine industriel

16-17 CHANTIER



Indre
À Brenne-Val de Creuse, une voie stabilisée au liant hydraulique routier

18-19 CHANTIER



Gard
A9 : du BCMC pour une nouvelle aire de stationnement poids lourds

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : pour le traitement des divers sols de l'aménagement de l'île de Nantes, 30 000 m² de bétons balayés, désactivés et drainants ont été mis en œuvre.



3^e édition d'INTERROUTE & VILLE : un bilan très positif !

Inaugurée par Monsieur Daniel Delaveau, maire de Rennes et Président de Rennes Métropole, la 3^e édition du Salon-Congrès INTERROUTE & VILLE s'est déroulée du 23 au 25 septembre 2008 au Parc des Expositions de Rennes.

Organisé par COMEXPOSIUM avec l'appui d'un Comité de pilotage constitué de représentants d'entreprises privées, de collectivités territoriales et de partenaires institutionnels – dont **CIMBÉTON** en tant que représentant de l'Industrie Cimentière –, INTERROUTE & VILLE 2008 a confirmé le dynamisme du marché de la construction, de l'entretien, de l'exploitation et de la sécurité de la route.

Sur le plan quantitatif, le Salon/Exposition a accueilli près de 6 000 visiteurs et a réuni, sur 18 000 m² (soit 3 000 m² de plus que pour la précédente édition de 2006), 260 exposants (entreprises de construction et fabricants de matériels, d'équipements, de matériaux, de produits ou de services) qui ont présenté les dernières tendances et les innovations du marché.

En parallèle de l'Exposition, le Congrès a rassemblé 613 congressistes qui ont assisté aux 37 conférences, animées par 160 conférenciers différents dont l'expertise a été fort appréciée. Ainsi, les 24 et 25 septembre, le noyau technique a été consacré aux techniques de valorisation des matériaux en place à froid aux liants hydrauliques, pour la construction et l'entretien des infrastructures de transport. Sans oublier la conférence organisée par le Comité français pour les techniques routières et l'ATR, à l'occasion des 10 ans du CFTR : "Un an après le Grenelle de l'Environnement, quelles ambitions pour la communauté technique routière ?".

Enfin, sur la Place de l'Innovation située en extérieur, a été présentée la chaussée urbaine démontable (C.U.D.) en dalles béton, qui avait fait l'objet d'un important article dans le numéro 104 de notre revue *Routes*.

INTERROUTE & VILLE confirme donc sa place de premier rendez-vous de la communauté routière française et européenne.

Le prochain INTERROUTE & VILLE aura lieu à Rennes en 2010.

Joseph ABDO
Cimbéton

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

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 de la rubrique *Remue-ménages* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction

et photos : Marc Deléage, Romualda Holak, Yann Kerveno, Michel Levron, Jacques Mandorla - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr -

Direction artistique : Arnaud Gautelier - Maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 4^e trimestre 2008 - ISSN 1161 - 2053 1994



Tronçon A 41 Nord - Saint-Julien-en-Genevois / Villy-le-Pelloux - Saint-Martin-Bellevue : 11 000 tonnes de liant hydraulique routier ont été nécessaires pour réaliser le traitement des 19 km de voies.

A41 : traitement des sols au liant hydraulique routier en pleine montagne

Développement durable oblige, la couche de forme d'une partie du tronçon nord, situé en Haute-Savoie, de l'autoroute A41 est réalisée avec des moraines locales, criblées, chaulées, puis traitées en place au liant hydraulique routier. Cette couche de forme s'appuie sur une PST en matériaux également traités *in situ* pour construire une plate-forme PF3.

Relier Annecy à Genève en moins d'une demi-heure de route et avoir un accès rapide par Bellegarde à la ligne TGV Paris - Dijon en passant par le Haut-Bugey : c'est ce qui permet désormais le tronçon A 41 Nord : St-Julien-en-Genevois / Villy-le-Pelloux ~ St-Martin-Bellevue.

Ce tronçon vient, en effet, achever un axe autoroutier régional majeur qui,



Malaxage en laboratoire du mélange matériau / liant / eau.

via l'A 43 et l'A 41, relie les principales villes du sillon alpin : Grenoble, Chambéry, Annecy, Genève. Cet axe désengorgera aussi l'actuelle RD 1201 qu'empruntent actuellement plus de 19 000 véhicules par jour.

≡ Sous le signe du développement durable

Dès l'origine, le projet élaboré dans le cadre de la Déclaration d'utilité publique de mai 1995 faisait de la protection des paysages une priorité, en prévoyant notamment le franchissement du Mont Sion par un tunnel et la réalisation d'une tranchée partiellement couverte au niveau du Noiret.

Le concessionnaire de la future autoroute A41, retenu dans le cadre d'un appel d'offres européen, est Adelac. L'Etat lui a confié 5 missions principales : concevoir, construire,

financer, entretenir et maintenir cette autoroute. Adelac est composée de la société Area (Groupe APRR), du Groupe Bouygues Construction, de Colas, de la Caisse d'Epargne Rhône-Alpes et du Bureau d'Etudes Setec.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Concessionnaire et maître d'ouvrage : Adelac, composé d'Area (Groupe APRR), du Groupe Bouygues Construction, de Colas, de la Caisse d'Epargne Rhône-Alpes et du Bureau d'Etudes Setec

Conception / Construction : GIE Constructeurs A41, regroupement de 4 filiales de Bouygues Construction (Bouygues TP, DTP Terrassement, Quille, GFC Construction) et de Colas

Fournisseur du liant hydraulique routier : VICAT Ciment



Réalisation d'éprouvette en laboratoire.



Éprouvette après façonnage.



Essais mécaniques sur éprouvettes.

Adelac a donc optimisé le calage du tracé de l'autoroute, limité les déboisements, réduit l'emprise autoroutière, étudié de nouvelles implantations des zones de matériaux excédentaires (ZME), puis s'est engagé à remettre en état de culture ces ZME ainsi que les zones de dépôts provisoires de matériaux.

29 mois seulement pour réaliser 19 km en montagne

En dépit de sa longueur relativement courte (19 km), l'autoroute A41 Nord est un projet complexe. Le nombre d'ouvrages d'art à construire, dont un tunnel bi-tube de 3,1 km et quatre viaducs, l'accès difficile à certains sites, ont fait de sa construction en 29 mois un vrai défi pour le GIE Constructeurs A41.

Sur ce site a notamment été employé

le plus grand tunnelier en service en France, présentant des dimensions impressionnantes : 12 m de diamètre et 220 m de long pour 2 200 tonnes ! Pour une meilleure organisation, le chantier a été découpé en quatre sous-projets autonomes : viaducs, tunnel, travaux linéaires et barrière de péage de Saint-Martin-Bellevue.

Outre la réalisation des terrassements et des chaussées de l'autoroute, l'équipe chargée du "linéaire" avait pour mission de construire 15 km de rétablissements de voirie, sept carrefours giratoires et 29 ouvrages d'art courants. Au total, il a fallu déplacer 3,5 millions de m³ de déblais, 1,7 million de m³ de remblais et 1,6 million de m³ répartis sur les différentes zones de matériaux excédentaires (ZME).

L'équipe "linéaire" devait aussi créer les accès, les pistes de chantier et assurer la déviation des différents réseaux. Pour tous ces travaux, elle s'est appuyée sur un parc de 150 engins de terrassement répartis sur les sept bases opérationnelles du chantier.

L'importance primordiale des études préliminaires

Eviter l'apport de matériaux extérieurs, en valorisant ceux du site et leur transport, sous-entend la réalisation

FAIRE CONFIANCE À L'OEIL DU PROFESSIONNEL

Si les essais en laboratoire sont essentiels, ils ne suffisent pas toujours pour garantir la totale réussite d'un traitement de sol. *"L'expérience du terrain, que possède le technicien chargé de la couche de forme, est importante aussi. Il a le coup d'oeil pour évaluer la finesse du matériau, estimer son comportement, évaluer le bon déroulement du traitement. Le facteur humain est indispensable car le matériau à traiter se comporte différemment d'une zone à l'autre, d'un jour à l'autre ou même au cours de la journée lorsque les conditions météorologiques changent, car il ne s'agit pas d'un produit industriel"* explique Emmanuel Lavallée. *"Afin de pouvoir corriger le tir immédiatement, un bon technicien en traitement des sols doit surveiller aussi bien une teneur en fines plus ou moins importante que le bon fonctionnement des matériels. Cette capacité d'anticipation se fonde sur l'expérience, le ressenti mais aussi une forte motivation pour ce métier"* souligne Jean-Claude Curien.

d'études préliminaires approfondies. Ainsi, sur les 9 km situés au sud du tunnel, et avant d'envisager la valorisation des matériaux fins morainiques présents, il fallait d'abord s'assurer des quantités disponibles, de leur homogénéité et de leur capacité à être traités. Sans oublier, bien entendu, les aspects logistiques et économiques de l'opération.

"De nombreux prélèvements ont été effectués pour identifier précisément le sol en place au niveau de l'argilosité, de la granulométrie, de la référence Proctor et ainsi caractériser les gisements. Des essais normalisés ont ensuite permis de déterminer l'aptitude au traitement des matériaux, avant de mener une étude plus complète sur éprouvettes, avec des pourcentages définis de liants, afin de connaître la résistance du matériau obtenu à la compression et à la traction" explique Emmanuel Lavallée, Responsable



Le pulvimixeur mélange intimement le matériau, le liant hydraulique routier et l'eau.



Arrosage en profondeur de la couche de forme.

Géotechnique chez DTP Terrassement. Plusieurs liants hydrauliques routiers, à base clinker et à base laitier, ont été testés afin de déterminer les classes mécaniques pouvant potentiellement être atteintes et permettre ainsi de définir la stratégie de structure des plates-formes supports de chaussée. "La définition du couple PST (Partie Supérieure des Terrassements) / Couche de forme (performances mécaniques, épaisseur et résistance au gel) a conduit au choix d'une plate-forme de type PF3, c'est-à-dire AR2 + 35 cm de couche de forme de classe mécanique 5 en matériaux fins traités, criblés, pour donner un matériau 0/40 avec 50 % de particules inférieures à 80 microns" précise Emmanuel Lavallée. "Compte tenu du choix de traitement en place, la zone mécanique 4 a été visée en étude pour prise en compte du déclassé catalogue Zone 4 en Classe 5, selon le GTS ("Guide technique du traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques routiers pour l'application et la réalisation des remblais et des couches de forme" édité par SETRA/LCPC). Cependant, les résistances en place ont été similaires à la zone mécanique de l'étude, du fait de l'évolution et des performances fiables des matériels de traitement et des procédures de contrôle, ce qui a justifié

de ne plus prendre en compte le déclassé. Nous avons pris l'option de choisir un liant à base laitier, plutôt que des liants à base clinker qui présentaient une cinétique rapide, incompatible avec les conditions d'exécution sur le chantier. En revanche, les essais avec le liant à base laitier donnaient de très bonnes performances mécaniques, aussi bien à court qu'à long terme" signale Emmanuel Lavallée. Il a ensuite fallu retranscrire ce qui a été fait en laboratoire au niveau de l'exécution sur le chantier. Pour passer de la théorie à la pratique, diverses planches de référence et planches d'essais ont donc été réalisées. Le mode de mise en œuvre du traitement du matériau a aussi été étudiée dans des conditions réelles (mode de fabrication, stratégie de compactage, finition, contrôles) pour trouver le meilleur équilibre possible et la qualité requise.

La nécessité de segmenter l'ensemble du chantier

Sur le chantier, une fois les terrassements réalisés, la PST est traitée au liant hydraulique routier, dosé à 3 %, sur 30 cm d'épaisseur. Ensuite, pour réaliser la couche de forme PF3, il a fallu rapporter dans un

premier temps les matériaux stockés et prétraités à la chaux l'année précédente. Puis ont suivi différentes phases : implantation (largeur de la voie à traiter), approvisionnement avec reprise sur stock (pelle sur chenille, tombereaux articulés), mise en œuvre sur 38 cm pour une épaisseur finale de 35 cm (bull assisté GPS), afin de tenir compte du compactage et de la recoupe finale, et enfin pré réglage avec une niveleuse asservie GPS de façon à avoir une épaisseur homogène avant traitement. Cette phase est très importante car un bon réglage ne peut être garanti que dans le cas où il y a une recoupe de la couche après traitement. Aucun apport n'est possible dans la phase de réglage. "Une étape clé a été la parfaite humidification du matériau. Pour obtenir une teneur en eau optimale, nous avons employé une arroseuse à enfouissement (jets en profondeur) suivi d'un malaxage d'homogénéisation au pulvimixeur, et cela préalablement aux opérations de traitement de la couche" explique Jean-Claude Curien, responsable de la production chez DTP Terrassement. Puis, le traitement proprement dit a été réalisé au moyen d'un épandage au sol du liant hydraulique routier à

raison de 5 % (soit 40 kg/m²). Comme il s'agit d'un pourcentage élevé, l'épandage s'est fait en deux temps. Un premier épandage de liant (20 kg/m²) a été suivi d'un malaxage de la couche sur 40 cm d'épaisseur.

"Nous avons ainsi "grignoté" la couche inférieure pour assurer un bon accrochage entre PST et couche de forme. Cela a évité de laisser un film de 1 ou 2 cm d'épaisseur qui ne serait pas traité à l'interface" détaille Jean-Claude Curien.

Le sol a ensuite été remis en forme avant de bénéficier d'un second épandage (20 kg/m²), d'un nouveau malaxage sur 40 cm et d'une nouvelle remise en forme. La teneur en eau est contrôlée : si elle s'avère insuffisante, on procède alors à un ajustement par enfouissement et à une nouvelle remise en forme.

Trois types de compacteurs se sont ensuite chargés du compactage (10 passes) : à bille lisse, dameur (pour limiter le feuilletage), puis à pneus (pour donner un bel uni). *"Une niveleuse assistée par théodolite motorisée effectue le réglage par recoupe de la couche traitée, pour obtenir un résultat au centimètre près. On obtient ainsi un très bon uni et un profil en long très régulier"* ajoute Jean-Claude Curien.

Un enduit de cure a ensuite été appliqué pour protéger la couche de forme et pour assurer une bonne prise hydraulique du mélange, puis un gravillonnage léger a été réalisé.

À noter que la circulation des véhicules a été neutralisée pendant une semaine pour ne pas rompre la prise hydraulique.

Un contrôle strict, réalisé en continu sur le site

"Tout est rigoureusement contrôlé sur le chantier: teneur en eau avant traitement, contrôle par pesée de la quantité de liant épandue, vérification de la profondeur de malaxage, teneur en eau après le deuxième malaxage,..." explique Gérard Rolland, chef du laboratoire Chantier.

La qualité du compactage et les objectifs de densification (taux de compactage) ont été vérifiés sur la



Réglage à la niveleuse, avant le passage du premier compacteur.

base d'essais et de références Proctor en laboratoire.

Ensuite, le compactage "chantier" a été mesuré au moyen d'un gammadensimètre, l'objectif étant d'atteindre 98,5 % de l'optimum Proctor en couche moyenne et 96 % en fond de couche. À cela ont été ajoutés des essais sur éprouvettes pour les tests d'écrasement à 14, à 28 et à 90 jours, des carottages à 28 et 60 jours, des essais en compression aux jeunes âges, des mesures de résistance à la traction, des mesures du module...

Enfin, pour contrôler la déformabilité de la couche de forme, des déflexions ont

été mesurées, sur toutes les bandes de la future autoroute, à l'aide d'un camion équipé d'un déflectographe. ■

LA NÉCESSITÉ D'UNE LOGISTIQUE RÉACTIVE

Fournir 11 000 tonnes de liant hydraulique routier, provenant de l'usine de Xeulley (Meurthe-et-Moselle), à un chantier situé à 400 km de distance ne s'improvise pas, surtout lorsqu'on sait qu'il y aura des pointes à 4 300 tonnes par mois. VICAT Ciment a donc mis en place d'importants moyens logistiques ferroviaires entre le lieu de production et le lieu de stockage à Chambéry, d'où sont ensuite partis de 8 à 13 camions, chaque jour, pour desservir le chantier.

"Le planning est établi chaque vendredi pour la semaine suivante, avec un ajustement du jour au lendemain selon les prévisions météorologiques et les éventuelles pannes machines sur le chantier. Les livraisons commençant tôt le matin, les camions sont chargés la veille en fin de journée. À cela s'ajoute un petit stock tampon sur le chantier. Sur ce type d'opération, il faut toujours savoir s'adapter, être très réactif et disponible"

explique Pierre Bonnavion, chargé d'affaires à la Direction régionale Alpes de VICAT Ciment.



Un technicien vérifie par pesée le dosage exact en liant hydraulique routier (essai dit "à la bêche").

Des physiciens de Californie confirment notre "bonne vieille méthode" pour lutter contre le réchauffement climatique !

Dans l'éditorial du n°103 de ROUTES (mars 2008), nous évoquons "une bonne vieille méthode" pour lutter contre le réchauffement climatique. Depuis, le journal *Le Monde* du 26 septembre 2008 a rapporté les travaux de 3 scientifiques américains confirmant cette hypothèse.

Rappelons son principe, qui est très simple. Il suffit de faire appel, dans la construction et dans l'entretien des bâtiments et des infrastructures de transport, à des matériaux à haut pouvoir réfléchissant : matériaux clairs et polis pour toutes les façades des bâtiments, matériaux clairs et à faible granulométrie pour les infrastructures de transport.

Cette bonne vieille méthode, utilisée depuis la nuit des temps dans la plupart des pays chauds, a l'énorme avantage d'être corrélée positivement au développement : plus la démographie augmente, plus on construit, plus on augmente les surfaces réfléchissantes et plus on atténue l'effet de serre.

Quand on sait ce que représentent aujourd'hui les surfaces développées des façades des bâtiments et les surfaces des infrastructures de transport, on mesure ainsi toute l'importance d'une telle approche.

Or, nous ne sommes pas les seuls à proposer cette solution : en effet, six mois après notre édito, *Le Monde* a publié l'article ci-contre.

En matière de lutte contre le réchauffement climatique, on constate donc que le béton a un rôle de plus en plus important à jouer. ■

Joseph ABDU (Cimbéton)



Peignons les toitures en blanc pour contrer le réchauffement climatique

L'idée peut paraître loufoque, elle n'en fait pas moins l'objet de sérieuses cogitations et de savants calculs. Trois physiciens du Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) et de l'université de Californie (Berkeley) évaluent, dans une étude à paraître dans la revue *Climatic Change*, l'impact climatique qu'aurait l'application de peinture blanche ou claire sur toutes les toitures des grandes agglomérations urbaines de la planète.

L'effet est connu : les couleurs claires réfléchissent plus de rayonnement solaire que les teintes sombres. Et stockent donc moins d'énergie. Mais de là à imaginer que la couleur des toitures du monde pourrait influencer sur le climat terrestre, il y a un pas. Hashem Akbari, Surabi Menon et Arthur Rosenfeld le franchissent allégrement : selon leurs travaux, la généralisation de telles mesures permettrait d'annuler l'effet climatique de plus d'un an d'émissions anthropiques mondiales de gaz à effet de serre, soit environ 44 milliards de tonnes de dioxyde de carbone (CO₂). Ou

encore à contrebalancer les augmentations annuelles cumulées des émissions de gaz à effet de serre pour les onze prochaines années (à raison de 1,5 % de croissance par an) !

Pour être exact, la seule application de teinte blanche sur les toitures (ou l'utilisation de matériaux clairs pour les nouvelles constructions) n'y suffirait pas. Car la surface des grandes zones urbaines – qui selon les estimations des chercheurs compte pour un centième des terres émergées – est constituée de toiture (20 % à 25 %), mais aussi et surtout de voirie (environ 40 %). Le revêtement des réseaux de communication urbain devrait donc également être revu. En lieu et place de l'asphalte sombre, le béton serait plus « climatiquement correct ».

Toitures claires, béton au sol. Pour les trois chercheurs californiens, ces seules mesures suffiraient, non seulement à modifier suffisamment l'indice de réflectivité de la Terre pour en ralentir le réchauffement, mais aussi à réduire l'effet dit « d'îlot de cha-

leur urbain » qui rend l'air de certaines villes presque irrespirable en été et occasionne d'importantes dépenses énergétiques en climatisation.

Sur la foi de ces travaux, repeindre en blanc un toit sombre et plat d'une surface de 100 m² équivaut à ôter 10 tonnes de CO₂ de l'atmosphère terrestre. Du coup, il devient simple d'imaginer un système de subventions adossé aux marchés des droits d'émissions comme il en existe en Europe... Les chercheurs proposent donc rien de moins qu'un programme international *ad hoc*, pour faire appliquer ces règles aux nouvelles constructions, aux ravalements et aux travaux publics. Absurde ? La Californie, depuis 2005, contraint les propriétaires de constructions au toit plat d'utiliser des revêtements blancs. Et en juillet 2009, une nouvelle réglementation devrait entrer en vigueur : les toitures pentues devront être de « couleur fraîche » (*cool-colored*) soit, au pire, deux fois moins réfléchissantes que le blanc. ■

STÉPHANE FOUCART

NB - Si vous souhaitez recevoir un exemplaire du ROUTES N°103, n'hésitez pas à le demander auprès de Cimbéton par fax au 01 55 23 01 10 ou par email à centrinfo@cimbeton.net



Paulilles (Pyrénées-Orientales) : l'un des deux cheminements principaux, réalisé en béton imprimé et donnant l'illusion d'un étonnant revêtement de cuir sombre.

Paulilles : le mariage réussi du béton imprimé et du béton sablé

Pour redonner vie au splendide site de Paulilles, sur la côte catalane, des allées en béton du plus bel effet ont été coulées. Du très beau et du très solide, permettant d'accueillir plus de 2 000 personnes par jour en plein été.

Ce site est certainement l'un des plus beaux de la côte rocheuse des Pyrénées-Orientales. Une baie de mer bleue comme le ciel, des plantes méditerranéennes et une histoire qui va s'ancrer loin dans le pays alentour.

"Paulilles est un site particulier en pays catalan, explique Jean-Claude Armand, délégué régional du Conservatoire du Littoral, propriétaire de l'endroit depuis 1998. En 1870, au moment de la chute de Sedan, la société Nobel a obtenu l'autorisation de construire une usine de fabrication d'explosifs sur ce site, parce qu'il était loin de la zone des combats et possédait un accès direct à la mer".

Cette usine, dans laquelle chaque famille catalane a compté au moins un parent employé comme ouvrier, restera en activité jusqu'en 1984. Année fatale où seront payés les retards de modernisation de l'outil industriel. Le site tout entier sera

alors abandonné pendant une petite quinzaine d'années.

≡ Mariage du béton imprimé et du béton sablé

Entré depuis dans le giron public, le site de Paulilles, couvrant 32 hectares de friches industrielles au total, est alors l'objet de projets qui mettront encore une dizaine d'années avant d'aboutir. Enfin, au début de l'été 2008, a été inaugurée officiellement la réhabilitation de 17 hectares, soit un peu plus de la moitié de la surface.

"Une fois réunis les différents partenaires - État, Région, Département -, il a fallu nous mettre d'accord sur ce que nous voulions faire de ce site. Nous sommes alors parvenus en 2005 à un projet relativement simple. Il s'agissait de rouvrir au public la seule plage de sable de cette côte rocheuse entre Collioure et Banyuls, deux stations balnéaires

réputées, mais aussi de conserver en même temps la mémoire ouvrière du site. Enfin, nous avons souhaité valoriser l'endroit en y organisant un programme de sensibilisation à l'environnement" précise Jean-Claude Armand.

Pour prévoir l'accueil des touristes et des vacanciers, un vaste parking a donc été créé de l'autre côté de la route fort fréquentée en été, puis relié au parc par un tunnel piétonnier. Plusieurs bâtiments ont été rénovés pour créer la maison du site et expliquer

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Conservatoire du Littoral (Délégation Méditerranée), Conseil général des Pyrénées-Orientales
Maîtres d'œuvre : Alep (paysagistes)-INCA (architectes)
Entreprise : Sols Méditerranée
Fournisseur du ciment et des bétons : Lafarge Ciments

l'histoire industrielle de l'usine Nobel, l'ensemble étant lié par des cheminements piétonniers en béton particulièrement soignés : du béton sablé très lumineux pour relier le parking au site proprement dit, et de remarquables bétons imprimés pour les deux cheminements principaux.

Comment bien répondre à de fortes contraintes

"Pourquoi avoir fait ce choix ? Parce que Paulilles n'est pas un site banal et que nous avons osé y réaliser des innovations. Ainsi, nous voulions faciliter l'accès à la plage pour le public : le béton imprimé, avec ses dessins de plantes et leurs noms gravés dessus, permet aux gens de flâner en regardant le sol. Nous voulions aussi donner accès aux handicaps : or, le béton est le matériau idéal pour les fauteuils roulants" ajoute Jean-Claude Armand.

De son côté, Philippe Deliau du cabinet Alep Paysages, maître d'œuvre du projet, précise : *"Pour l'ossature en béton imprimé, nous étions à la recherche d'un cheminement praticable toute l'année, mais aussi capable de parler des paysages traversés et de résister à un important passage de piétons. Mais nous souhaitions aussi qu'il soit suffisamment large pour accueillir de front une famille de trois ou quatre personnes. La couleur sombre du béton imprimé nous permet d'évoquer les schistes des collines voisines, mais aussi les fonds de cuves qui sont liés à l'histoire industrielle de l'endroit. Pour assurer le lien visuel entre le parking et le site, nous avons utilisé un*



En surface du béton ont été imprimées des illustrations de plantes et d'aiguilles de pin, présentes sur le site.



Le cheminement, qui relie le parking à la plage, a été réalisé en béton sablé très lumineux. Sur ce matériau passent jusqu'à 2 800 piétons par jour en été, ainsi que les véhicules d'entretien et de secours.

béton sablé, avec un granulats de la commune de Baixas, dont la couleur gris bleu rappelle le sable de la plage. Enfin, un tapis d'herbes a été imprimé sur l'arc panoramique qui longe la grande prairie et des dessins d'aiguilles de pins marquent l'arc littoral".

Jusqu'à 2 000 personnes par jour en plein été

Le résultat obtenu est fort saisissant sous la lumière crue de l'été : les deux longs cheminements en béton imprimé, couvrant une surface de 2 450 m², sont d'une beauté étrange car on dirait qu'ils sont réalisés en cuir, dans lequel on aurait gravé des dessins de plantes et d'aiguilles de pin provenant de l'environnement proche. *"Nous avons d'abord réalisé la couche préparatoire avec du tout-venant, provenant des destructions opérées sur le site, que nous avons concassé sur place. Pour le béton imprimé, nous avons pris une formule classique en utilisant 330 kg de ciment prise mer par m³, avec entraîneur d'air et sans plastifiant. Coulé sur 15 centimètres d'épaisseur, le béton est fibré et comporte aussi l'incorporation d'un durcisseur de surface, dans la couleur retenue par l'architecte. Puis, nous avons appliqué le produit démoulant, dans la même couleur, avant de mettre*

en place les moules. Nous avons réalisé plusieurs types de moules carrés, d'un mètre de côté, reproduisant le dessin des aiguilles de pins amassées sur le sol, des herbes et des plantes présentes sur le site et dont les noms ont également été imprimés à même le béton. Puis, une fois le béton durci, nous y avons ajouté une résine pour le protéger" détaille Laurent Serre de la société Sols Méditerranée qui a assuré la réalisation de tous les cheminements piétonniers du site avec une équipe de quatre ouvriers spécialisés dans ce type de revêtement.

"Avec le béton, on peut réaliser des choses magnifiques, comme ces impressions de dessins, par exemple. De plus, le béton nous a permis de répondre aux contraintes de flux auxquelles on devait faire face : en effet, nous attendons 200 000 personnes par an sur ce site, et nous avons enregistré des pointes à 2 800 personnes par jour au cours de l'été 2008 ! Enfin, tout a été prévu pour assurer le passage des véhicules d'entretien et de secours" conclut Philippe Jacquet, Chef du Pôle Aménagement et Gestion des Sites au Conseil général des Pyrénées-Orientales.

Une chose est certaine : le public ne s'est pas trompé sur la qualité de cette réalisation. La preuve : au début de l'été 2008, dès l'ouverture du site, il était au rendez-vous !



Préfecture d'Avignon (Vaucluse) : sur la place d'armes, la perspective vers l'ancien bâtiment central de la caserne Chabran est renforcée par le dessin des joints de dilatation du béton désactivé.

Avignon : la place d'armes de la caserne valorisée par le béton désactivé

Il n'était pas facile de mettre en scène la place d'armes de l'ancienne caserne Chabran. En associant différentes essences d'arbres et du béton désactivé, la solution finalement retenue pour cette réhabilitation est une totale réussite.

Retranché derrière une puissante grille, le jardin semble isolé de la cité, à l'écart du flot de circulation qui emprunte bruyamment le boulevard ceinturant le rempart de la vieille ville.

Sous le soleil, le béton désactivé refléchet la lumière vive, à peine atténuée par les platanes, typiques de la région. De grandes allées, larges et confortables encerclent de vastes carrés de jardins, au travers desquels il est possible de déambuler sur des pas japonais, réalisés aussi en béton désactivé.

Ce jardin, au dessin délicat et subtil, s'est glissé dans un ensemble de bâtiments constituant la place d'armes d'une ancienne caserne du 7^e régiment du Génie, rendue à la vie civile par l'armée et laissée à l'abandon depuis lors. Ouvert sur l'avenue, l'espace est clos par les trois bâtiments importants de la caserne Chabran qui ont accueilli, depuis la réfection de l'ensemble, les

services de la préfecture et ceux du rectorat du Vaucluse.

Habitué à travailler avec le maître d'œuvre, Pierre Dardaillon, ingénieur des services techniques de la ville d'Avignon, conducteur d'opération du projet, indique que les coudées franches ont été laissées à l'architecte : *"Nous n'avions pas de présupposés particuliers. En fait, nous avons suivi les prescriptions de l'architecte qui a voulu mettre les bâtiments en valeur"*.

Une place très lumineuse au lieu d'un parking

Daniel Fanzutti, l'architecte auteur de cette réalisation, détaille la réflexion qui a présidé à l'élaboration du projet : *"Au départ, il était prévu que cet espace de 10 000 m² soit consacré à un parking pour 400 voitures. Mais nous nous serions alors retrouvés avec un espace à la typologie très urbaine, semblable à un parking de grande surface qui oblige à*

traverser un océan de voitures avant d'atteindre le point de vente. Ce projet ne cadrerait pas à la volonté exprimée par le préfet de changer l'image de la préfecture, qui allait s'installer en ces lieux désaffectés".

Prenant le contre-pied de cette proposition, Daniel Fanzutti et son équipe ont alors fait le choix d'exclure complètement la voiture de cet endroit : *"Ce lieu particulier, face aux remparts du XIV^e siècle, situé à l'entrée nord de la ville, se situe dans une ville qui, il faut bien l'avouer, est relativement pauvre en espaces verts urbains. Nous avons donc voulu que ce jardin soit aussi emblématique que les bâtiments ou que la façade"*.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Ville d'Avignon
Maître d'œuvre : Cabinet Fanzutti
Entreprise : Sols Vallée-du-Rhône
Fournisseur du ciment et du béton : Lafarge Bétons Sud-Est

En conclusion, les véhicules ont été bannis, à l'exception de ceux des services de secours et des voitures protocolaires qui se rendront à la Préfecture.

■ Un total de 7 000 m² de béton désactivé au sol

Le choix du béton désactivé est tout naturel pour l'architecte : *"J'apprécie le béton et je l'emploie de manière récurrente pour les sols ou les murs. Dans le cas présent, ce matériau répondait bien aux contraintes budgétaires, mais aussi aux impératifs techniques et pratiques : il fallait, en effet, que cet aménagement soit d'un entretien facile et peu coûteux"*.

Pour Mickaël Pélissier, directeur à la société Sols Vallée-du-Rhône, qui a mis en place les 7000 m² de bétons qui composent cet espace : *"Dans ce projet, l'architecte a souhaité mettre les bétons en valeur. De notre côté, nous avons fait plusieurs essais pour trouver exactement la couleur recherchée et nous avons utilisé un ciment CEM II très lumineux et à prise rapide. Les granulats employés sont tous de provenance régionale, puisque les roulés 11/22 ont été tirés du Rhône à Mondragon, dans le Vaucluse et complétés par des roulés de Bellegarde, une carrière du Gard toute proche. Enfin, la désactivation a été réalisée à l'aide d'un désactivant bio"*.

■ Un lissage à la main pour une grande qualité de fini

Une fois coffré, l'ensemble a été entièrement lissé à la main, malgré la surface importante, par les deux



Grâce à sa grande malléabilité, le béton désactivé permet de réaliser des plans inclinés servant à intégrer, de façon harmonieuse, les ruptures de pente.

équipes présentes en permanence sur le chantier, afin d'assurer une plus grande qualité à l'aménagement fini.

"La granulométrie importante est un choix délibéré, en cohérence avec la place elle-même. En effet, lorsqu'on travaille sur des surfaces aussi importantes, il faut utiliser un granulat qui soit assez gros pour ne pas gommer l'effet de matière, recherché avec le béton désactivé" poursuit l'architecte.

De son côté, Mickaël Pélissier révèle : *"Pour couler les "pas japonais", ces petites dalles en béton qui délimitent l'espace entre les arbres, nous avons réalisé des coffrages spéciaux à proximité du chantier. Il faut noter que ces dalles ont été légèrement teintées et ne comportent qu'un seul type de granulat, le 11/22 roulé du Rhône"*.

Pour Jean-Marie Peyrard, responsable de la centrale Lafarge située au Pontet, qui a livré le chantier de la caserne Chabran :



Les dalles, appelées "pas japonais", délimitent l'espace entre les arbres.

"Les bétons réalisés pour ce chantier sont particulièrement techniques. Grâce à notre expérience de ce type de produits, nous pouvons aisément répondre à toutes les demandes au moyen de nos deux centrales béton prêt à l'emploi du secteur. Mais n'oublions pas que la réussite de tels ouvrages tient principalement au savoir-faire des entreprises qui mettent les bétons en œuvre".

La conclusion est apportée par Pierre Dardaillon : *"La ville a programmé pour 2009 une autre opération intra-muros avec, pour partie, un revêtement en béton désactivé"*.

Avignon démontre ainsi que ses vieilles pierres se marient bien avec les matériaux de voirie les plus modernes ! ■



Le béton désactivé a été réalisé avec des granulats roulés 11/22 de provenance régionale : Mondragon (Vaucluse) et Bellegarde (Gard).



Île de Nantes (Loire-Atlantique) :
30 000 m² de bétons balayés,
désactivés et drainants ont été
mis en œuvre sur les anciens
sites des chantiers navals.

Parc des chantiers de l'île de Nantes : plus de **30 000 m² de bétons** pour valoriser le patrimoine industriel

Dans le cadre de l'aménagement de l'île de Nantes, un grand parc public est en cours de finition sur les anciens sites des chantiers navals. Subtil dosage entre la sauvegarde du patrimoine industriel et la modernité, le Parc des chantiers abrite notamment des manifestations touristiques et culturelles. Pour le traitement des différents sols, 30 000 m² de béton ont été mis en œuvre : bétons balayés, désactivés et drainants.

En activité jusqu'en 1987, les chantiers navals de l'île de Nantes sont emblématiques de l'histoire de la ville et font partie de son patrimoine industriel.

Pour protéger ce lieu merveilleusement situé sur la partie ouest de l'île, au bord de la Loire et face au centre-ville, la municipalité a d'abord décidé de récupérer le foncier, puis a réfléchi à la meilleure façon d'aménager ces 13 hectares.

"En fait, la fermeture des chantiers navals a été le déclencheur du projet d'ensemble de l'aménagement de l'île de Nantes", explique Olivier Tardy, ingénieur Travaux à la Société d'Aménagement de la Métropole Ouest Atlantique (SAMOA), maître d'ouvrage du projet.

"Le marché de définition a été remporté

en 1999 par l'architecte Alexandre Chemetoff qui initie la démarche du Plan-guide et crée en 2001 l'Atelier de l'île de Nantes, maître d'œuvre du projet urbain. La SAMOA, créée en 2003, s'appuie sur ce Plan-guide pour garantir une urbanisation cohérente du quartier".

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre ont très vite l'idée de faire de ces chantiers navals un grand parc urbain de 200 000 m², largement ouvert au public et qui puisse accueillir des événements festifs pérennes ou temporaires. Un parc qui soit à la fois patrimonial, en conservant un maximum de traces du passé, et contemporain par son traitement et par ses diverses attractions. Ainsi est né le Parc des chantiers.

Patrick Henry, architecte à l'Atelier de

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage (concession d'aménagement) : SAMOA (Société d'Aménagement de la Métropole Ouest Atlantique)

Maîtrise d'œuvre : Atelier de l'île de Nantes (Alexandre Chemetoff)

Entreprise titulaire du marché de voirie : SCREG Ouest

Sous-traitants : Etablissements Cunha (dalles en béton balayé et béton drainant), Union Paveurs (béton désactivé)

Fournisseur du ciment : Ciments Calcia

Fournisseur du béton : Point P BPE Site Atlantique

l'île de Nantes, précise : *"En fait, notre objectif est que chaque morceau de l'île de Nantes soit un condensé de la totalité de l'île. C'est pourquoi, les thématiques d'aménagement du Parc des chantiers font écho aux principes adoptés pour l'aménagement de l'île. À savoir : pas de programme a priori qui fixe et définit la nature des travaux, se servir de l'existant pour le valoriser, utiliser la mémoire des lieux pour imaginer sa transformation. Ces principes permettent également de limiter les coûts d'investissement : ainsi, les coûts des aménagements du Parc des chantiers se situent entre 100 et 150 euros/m² seulement".*

"Sans parler des jardins eux-mêmes, les interventions ont surtout porté sur la réhabilitation des nefs, la création de deux vastes esplanades autour, la réalisation d'une vraie plage le long de la Loire, poursuit Olivier Tardy. Autant de sols qu'il fallait traiter ou rénover avec des matériaux qui, d'une part, soient faciles à mettre en œuvre, à entretenir ou à remplacer et, de l'autre, soient en harmonie avec les anciens sols industriels et avec les éléments existants. C'est donc tout naturellement que la maîtrise d'œuvre, après échanges avec la maîtrise d'ouvrage et les services techniques de la Communauté urbaine et de la Ville de Nantes, a choisi d'utiliser le béton chaque fois que c'était possible".

Conduit et piloté pour l'Atelier de l'île de Nantes par Catherine Pierdet, Nicolas Lucchini et Laurent Mouret, le chantier a été programmé en deux grandes phases. La première s'est achevée en juin-juillet 2007 avec l'ouverture de la quasi-totalité des espaces minéraux structurants (nefs, esplanades...) ; la seconde, qui porte sur la finition des voiries et l'aménagement des jardins, sera achevée au printemps 2009.

La nouvelle vie des nefs et l'éléphant-machine

Partie intégrante des chantiers navals, les nefs Dubigeon (un grand nom de la construction navale nantaise) sont de très grandes halles industrielles, représentant environ un hectare au sol. Réalisées entre 1903 et 1946, elles servaient à l'époque de chaudronnerie aux chantiers.



L'éléphant-machine se déplace sur une couche de béton de 43 cm d'épaisseur.

Compte tenu de leur valeur patrimoniale car elles sont un témoignage de l'architecture métallique, la SAMOA et l'Atelier de l'île de Nantes ont décidé de les intégrer aux aménagements réalisés sur le Parc des chantiers.

Totalement vidées, désossées et déplombées, ces nefs offrent un espace de 11 000 m² ouvert au public et couvert par une toiture translucide. Elles abritent des commerces (boutiques, restaurants, cafés), mais également des réalisations touristiques et culturelles qui s'insèrent dans le volume, tout en restant indépendantes de sa structure. C'est notamment le cas de l'Atelier et de la Galerie des Machines (lieux de création et de découverte de fabuleuses machines) ou de la Fabrique artistique contemporaine, dédiée aux arts émergents (musiques actuelles, arts numériques...).

Logé sous ces nefs depuis juillet 2007, l'éléphant-machine en est devenu en quelque sorte le symbole. Immense structure d'acier et de bois (45 tonnes,



Le cheminement, en béton balayé et désactivé, le long d'une nef.

AMÉNAGEMENT DE L'ÎLE DE NANTES : UN PROJET OUVERT ET ÉVOLUTIF

Située face au cœur historique de la ville, habitée par 13 000 habitants et enlacée par la Loire, l'île de Nantes (337 hectares dont 70 d'espaces publics, 5 km de long sur 1 km de large) poursuit sa métamorphose en s'appuyant sur une démarche de rénovation urbaine très originale.

Sous le nom d'Atelier de l'île de Nantes, l'architecte Alexandre Chemetoff et son équipe ont proposé, pour pouvoir suivre l'évolution réelle du site, une méthode d'intervention qui valorise, chaque fois que c'est possible, l'existant au lieu de le détruire. Pour cela, le maître d'œuvre urbain a proposé en 1999 un Plan-Guide, à la fois outil et image du projet en construction. Loin d'être figé, il est révisé tous les trimestres et est donc en permanente adaptation. De la même manière, le projet entend donner à la Loire la place majeure qu'elle occupait autrefois (quais et berges réaménagés en lieux de promenades, création de deux pontons pour offrir une nouvelle escale aux bateaux de plaisance...).

Et Patrick Henry, qui dirige l'Atelier de l'île de Nantes, de préciser : *"La mise en place d'un principe d'économie en termes de moyens, d'effets et de finances détermine notre action, qui s'inscrit subtilement dans la géographie et la mémoire du site, sans créer de ruptures radicales. Il s'agit d'un projet ouvert et évolutif".*



12 m de haut sur 8 de large) montée sur vérins hydrauliques, il a été imaginé par François Delarozière (créateur des machines de la compagnie théâtrale Royal de Luxe) et Pierre Oréface.

L'éléphant, se déplaçant sur trois roues, embarque dans son ventre et sur son dos une trentaine de passagers pour une promenade sur le Parc des chantiers.

Revêtu d'épaisses dalles en béton gris clair, le sol des nefs a été, pour l'essentiel, conservé. Seules quelques fosses techniques ont été reprises et des dalles renforcées pour supporter le poids de l'éléphant-machine.

Les sols des esplanades : une subtile alchimie de bétons

Aire piétonne, les espaces situés autour des nefs ont été traités en béton gris clair pour être en continuité avec les sols industriels des nefs. Au total, c'est quelque 30 000 m² de bétons qui ont été mis en œuvre.

"L'un des principes majeurs de l'intervention sur ces sols ayant consisté à conserver les dalles existantes chaque fois que possible, il a fallu trouver une subtile alchimie entre le béton existant et le nouveau, informe Hervé Fradet, conducteur de travaux à l'Agence SCREG Ouest, titulaire du marché traitement de sol. Ainsi, certaines dalles très épaisses, jusqu'à 80 cm, ont été conservées avant tout pour des raisons patrimoniales et économiques, car leur destruction aurait coûté très cher. De nouvelles dalles de 25 m² ont été mises en œuvre avec une première couche de béton de fondation et une autre de béton de roulement balayé. D'autres parties sont traitées en béton désactivé. Et on a même réalisé des pavés en béton de 14 x 14 cm sur 800 m²".

Pour les dalles des esplanades, le béton renforcé de fibres synthétiques a été



Le béton de roulement balayé, réalisé avec des granulats 2/10.



Dalle des esplanades, en béton balayé d'une épaisseur standard de 23 cm.

mis en œuvre par les Etablissements Cunha, comme le précise Nicolas Gautier, le gérant : *"Ces dalles sont de deux épaisseurs : une épaisseur standard de 23 cm de béton balayé, et une épaisseur de 43 cm, réalisée avec 20 cm de béton de fondation et 23 cm de béton balayé pour les zones de circulation d'une surface de 15 000 m² réservées à l'éléphant-machine".*

Du béton désactivé avec des granulats 20/40

Autre caractéristique du chantier : le type de béton désactivé très spécifique mis en œuvre sur 6 000 m².

"D'habitude, le béton désactivé est réalisé avec des granulats de petits calibres, détaille Philippe Nunes, gérant d'Union paveurs, l'entreprise qui a mis en œuvre ce béton désactivé. Mais cette fois, pour faire un effet de béton de ballast, le maître d'œuvre tenait à avoir des granulats de 20/40, donc de très gros calibre. Ce béton très particulier a servi pour toutes les zones situées entre les revêtements existants et les nouvelles dalles de béton balayé : il constitue ainsi une sorte de raccord très original entre les anciens revêtements et les nouveaux".

Une vraie plage de sable et un solarium avec transats

Autre curiosité du Parc des chantiers : la plage. Le long de la Loire, dans une



Le béton désactivé assure la continuité entre esplanade et intérieur des nefs.

ancienne cale située au bas des gradins du jardin paysager, une plage de 600 m² a été réalisée en béton drainant couvert de sable.

Compte tenu de la pente et des marées, il fallait que ce béton soit poreux pour pouvoir absorber les pluies et empêcher les ravinements.

Ouverte à l'été 2008, cette plage est au pied d'une ancienne plaque de marbre de 400 m² qui servait à la construction navale. Cette plateforme vient d'être aménagée en solarium et des transats y sont même installés !



Béton désactivé avec granulats 20/40 (à gauche), béton balayé (au milieu) et pavés béton 14 x 14 cm (à droite). En arrière-plan : l'ancienne grue "Titan" des chantiers navals devenue l'emblème de cette partie de l'île de Nantes.

Reactivité et dialogue

Pour Luc Farineau, coordinateur commercial chez Point P BPE Site Atlantique : "Le défi relevé avec nos clients était de répondre conformément aux attentes du maître d'ouvrage, tant sur la cadence des livraisons (environ 40 camions-toupies par tranche de coulage) que sur la régularité de l'esthétique des bétons balayés, désactivés et drainants". Ce que confirme Hervé Fradet : "L'organisation du chantier a été très spécifique. Quand il s'agit d'un projet neuf, on réalise le terrassement, puis on coule le béton sur toute la surface. Dans le cas

du Parc des chantiers, en fonction de ce que l'on découvrait lors du terrassement (chemins de grues, rails...), on décidait avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre si l'on gardait – ou pas – ces traces du passé. Le projet a donc sans cesse évolué tout au long du chantier. Cela nous a imposé des contraintes techniques puisque, pour certaines zones, nous devons intervenir en plusieurs fois. Et c'est cette réactivité, véritable dialogue permanent et vivant entre la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et les entreprises, qui a rendu ce chantier passionnant".



Quai des Antilles : un aménagement piétonnier réalisé en dalles béton (à gauche, les anneaux de Daniel Buren qui s'éclairent la nuit en rouge, vert et bleu).



La plage, en béton drainant recouvert de sable, devant l'ancienne plaque de marbre aménagée en solarium.

FORMULATIONS DES BÉTONS (POUR 1 M³)

VALEURS INDICATIVES

- **Béton de fondation**
Ciment CEM II/A-LL 42,5 R CE PM-CP2 NF : 300 kg
Granulats : 2/10 (300 kg) et 11,2/22,4 (850 kg)
Sable 0/4 : 700 kg
Eau : 163 litres
Entraîneur d'air : 0,05 %
Fibres synthétiques
- **Béton de roulement balayé**
Ciment CEM II/A-LL 42,5 R CE PM-CP2 NF : 350 kg
Granulats 2/10 : 1 000 kg
Sable 0/4 : 850 kg
Eau : 190 litres
Entraîneur d'air : 0,05 %
Fibres synthétiques
- **Béton désactivé**
Ciment CEM II/A-LL 42,5 R CE PM-CP2 NF : 350 kg
Granulats 2/10 (240 kg) et 20/40 (1 000 kg)
Sable 0/4 : 600 kg
Eau : 180 litres
Entraîneur d'air : 0,05 %
Fibres synthétiques
- **Béton drainant**
Ciment CEM II/A-LL 42,5 R CE PM-CP2 NF : 300 kg
Granulats 2/10 : 1 300 kg
Eau : 90 litres



Brenne-Val de Creuse (Indre) : la communauté de communes a racheté l'ancienne voie ferrée pour créer un axe de circulation stabilisé au liant hydraulique routier et destiné, entre autres, aux piétons, cyclistes, personnes en fauteuil roulant.

À Brenne-Val de Creuse, une voie stabilisée au liant hydraulique routier

Piétons, cyclistes, personnes en fauteuil roulant et même amateurs de rollers peuvent désormais circuler dans un écrin de verdure le long de la vallée de la Creuse. Grâce à une voie de 46 kilomètres, réalisée sur un sol stabilisé au liant hydraulique routier et située sur le trajet d'une ancienne voie ferrée.

En plein cœur du parc naturel de la Brenne, l'ancienne voie ferrée longeant la vallée de la Creuse a été exploitée jusqu'en 1994, puis déclassée en 1999. La communauté de communes de Brenne-Val de Creuse, qui regroupe les 22 communes réparties le long de la vallée de la Creuse, a alors décidé de racheter l'ensemble de l'ancienne voie pour développer un projet commun de voie verte. "Cela nous permet aussi d'avoir une solution de secours si le besoin d'un axe de circulation se faisait ressentir dans l'avenir" explique Guy Leroy,

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre : Communauté de communes de Brenne-Val de Creuse
Entreprise : Eurovia Centre
Fournisseur du liant hydraulique routier : Ciments Calcia

directeur de la communauté de communes.

Cette voie verte sert à la circulation des piétons, des cyclistes, des personnes en fauteuil roulant et même, sur une partie du parcours, des rollers. La circulation des véhicules et des chevaux y est, en revanche, interdite.

"Conçue en priorité pour les habitants de ce territoire, la voie a aussi évidemment une vocation touristique devenant, avec la rivière Creuse, l'épine dorsale du Parc Naturel régional de la Brenne. Elle sera reliée à "La Loire à vélo" et aux voies vertes Centre-Europe" précise Jacques Tissier, maire de Fontgombault et vice-président de la communauté de communes, ayant en charge le tourisme. Elle offre notamment une belle vue sur la Creuse qu'elle franchit à 38 mètres de hauteur grâce au viaduc du Blanc.

Parallèle à la RD 951, cette voie est isolée du bruit de la circulation par un

important rideau végétal. "Nous avons décidé de laisser pousser les végétaux librement sur les abords pour créer une voûte végétale au-dessus de la voie et pour fournir de l'ombre en plein été" souligne Guy Leroy.

L'ensemble du projet bénéficie d'aides financières du département, de la région et de l'Europe, à hauteur de 80%. Les 20% restants sont financés par la communauté de communes.

Qualité environnementale et dialogue compétitif

Après le rachat du site à Réseau Ferré de France, les rails et les traverses ont été démontés et revendus. Les 30 cm de ballast ont ensuite été évacués, le reste de la plate-forme étant en sable compacté. "La qualité environnementale a été clairement mise en avant dans le cahier des charges. L'idée était d'utiliser au maximum les matériaux du site et



La stabilisation du sol est réalisée par épandage régulier d'un liant hydraulique routier, composé de chaux hydraulique naturelle et d'un liant à effet pouzzolanique.

d'éviter l'apport de matériaux extérieurs. Nous ne voulions pas circuler sur un ruban noir ou coloré, mais sur un sol dont la teinte soit celle des sols naturels de la région" commente Guy Leroy.

"Nous voulions aussi travailler en utilisant des matériaux et une technique de mise en œuvre les moins polluants possibles" ajoute Jacques Tissier.

Un cahier des charges très précis a donc été mis au point pour recueillir les propositions de quatre entreprises sur la base de la procédure dite "dialogue compétitif", décidée lorsqu'un marché public est considéré comme complexe et dans laquelle le pouvoir adjudicateur dialogue avec les candidats.

"Le début de l'opération date du printemps 2007. Plusieurs séances de questions-réponses ont eu lieu avec le maître d'ouvrage sur les produits et techniques employés, sur la pérennité de l'ouvrage, sur l'aspect écologique du projet... avant la remise des offres chiffrées" explique Philippe Vigroux, chef d'agence d'Eurovia à Châteauroux.

Stabilisation du sol au liant hydraulique routier

La solution retenue consiste donc à stabiliser le sol en place – des sables alluvionnaires – à l'aide d'un liant hydraulique routier. La stabilisation du sol évite la poussière en été et la boue en hiver. Aucun problème de portance ne s'est posé, étant donné que des trains circulaient auparavant sur ce site. Le liant hydraulique routier, fourni par Ciments Calcia, se compose de chaux hydraulique naturelle (facilitant le compactage) et d'un liant hydraulique à effet pouzzolanique (améliorant les performances mécaniques).

"Pour trouver le dosage optimal et évaluer les qualités techniques du matériau final, différents essais ont été réalisés sur des échantillons prélevés tous les 500 mètres. Cela permettait aussi de s'assurer de la bonne homogénéité des matériaux et de leurs caractéristiques" signale Thierry Duchamp, responsable du laboratoire Eurovia Management, chargé du contrôle et suivi de chantiers, et des conseils et préconisations aux exploitants pour la région Centre. Au final, sur les parties courantes pour piétons et cyclistes, le dosage est de 8%, mais il a été augmenté à 12% dans la zone destinée aux rollers, car leur circulation est nettement plus agressive.

Une grande régularité dans le retraitement

Sur ce chantier de 46 km de long sur 2,50 m de large seulement, Eurovia a retraité le sol en place sur 10 cm d'épaisseur avec sa machine Recyclovia.

"C'est une machine qui a été modifiée pour pouvoir travailler avec un liant hydraulique routier et assurer un traitement de sol en terrassement. L'objectif était de limiter le nombre d'engins sur ce chantier très long et très étroit" confie Philippe Vigroux.

Après un épandage régulier du liant, la machine assure un malaxage constant du sable et du liant, pour obtenir une très bonne régularité sur toute l'épaisseur de la voie. La table de finisseur, située à l'arrière de la machine, lisse le matériau et crée le profil de la voie, afin de faciliter l'évacuation des eaux pluviales.



Le malaxeur mélange le liant hydraulique routier avec le sable en place.



Après le passage du malaxeur, la voie est compactée.

Suivent un compactage soigneux et le déroulement d'un film plastique (polyane) pour protéger la voie. "Habituellement, on emploie un produit de cure pour protéger l'équilibre hydrique du matériau et la prise du liant. Dans le cas présent, la teinte claire recherchée impliquait une protection plus poussée, d'où le choix de la mise en place de ce film pendant une quinzaine de jours" précise Philippe Vigroux.

Une fois le film enlevé, la voie est libre à la circulation des piétons, des cyclistes et, lorsque nécessaire, des engins d'entretien des espaces verts.



Après compactage, un film polyane est déroulé pour protéger la voie.



Aire de Marguerittes Sud : vue générale de l'extension de l'aire de stationnement pour poids lourds en BCMC, située sur l'autoroute A 9 entre Montpellier et Orange.

A9 : du BCMC pour une nouvelle aire de stationnement poids lourds

Pour l'extension de la zone de stationnement réservée aux poids lourds de l'aire de Marguerittes Sud sur l'A9, ASF qui exploite le réseau des autoroutes du sud de la France a choisi la technique du béton de ciment mince collé (BCMC). Un entretien minimum et une durée de vie longue du revêtement des places de parking expliquent ce choix.

Dans le cadre du programme de rénovation et d'extension des aires de repos et des aires de stationnement de son réseau, ASF a retenu la création d'une nouvelle zone pour les poids lourds sur l'aire de Marguerittes Sud, située sur l'autoroute A 9 entre Montpellier et Orange, dans le département du Gard.

Ainsi, les 4 200 poids lourds qui roulent chaque jour sur cette section d'autoroute disposent désormais de 110 nouvelles places qui viennent s'ajouter aux 30 déjà existantes.

≡ Aires de stationnement soumises à rude épreuve

"Sur les aires très fréquentées réservées aux poids lourds, les couches de roulement sur les zones de stationnement sont soumises à rude épreuve", indique Cécile Giacobi, responsable "Domaines Chaussées"

à la Direction technique d'ASF. "Avec le temps, les problèmes d'orniérage et de poinçonnement, les inévitables fuites d'hydrocarbures des poids lourds imposent des travaux d'entretien sur les enrobés. Ces travaux représentent un coût important et provoquent une gêne pour nos clients. C'est pourquoi, pour l'extension de l'aire de Marguerittes Sud – un aménagement de 20 000 m² –, nous avons opté pour une solution mixte : les zones de circulation sont traitées en enrobés classiques, tandis que les places de parking le sont en BCMC. Déjà utilisée il y a huit ans sur les aires de Portelès-Valence sur l'A7, cette technique du BCMC nous donne satisfaction, même si nous n'avons pas encore le recul suffisant pour conclure sur une longue durée d'utilisation. Bien sûr, elle a un surcoût initial, mais nous faisons le pari que nous serons gagnants sur le long terme".

≡ Du BCMC utilisé dans le cadre de travaux neufs

Le BCMC est souvent utilisé pour entretenir des chaussées bitumineuses détériorées, sachant qu'il repose toujours sur une assise en enrobé. Mais pour l'aire de Marguerittes Sud, ASF a

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : ASF, Direction régionale d'exploitation d'Orange

Maîtrise d'œuvre : ASF, District de Gallargues

Entreprise adjudicataire du marché : Eurovia Méditerranée (Agence de Nîmes)

Entreprise chargée de la mise en œuvre du BCMC : Eurovia Béton

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments

Fournisseur du béton : Lafarge Bétons (centrale BPE de Marguerittes)

BCMC : CE QU'IL FAUT SAVOIR

Une structure-type en BCMC est constituée d'une couche de surface mince en béton d'épaisseur variant de 8 à 10 cm (12 pour les aires de stationnement aéroportuaire) adhérente ou collée naturellement sur une assise bitumineuse.

La structure ainsi obtenue offre des garanties de durabilité pour deux raisons :

- Le béton, de par son module d'élasticité élevé et constant, propose en surface une couche non déformable et anti-ornière, garantissant le maintien de l'uni pour de longues périodes.
- Le béton, de par sa rigidité, répartit les charges et soulage la structure bitumineuse, tout en lui assurant une protection thermique efficace.

Le BCMC peut être utilisé : soit en solution curative pour entretenir une chaussée bitumineuse présentant en surface des problèmes d'ornièrage ; soit en solution préventive dans le cadre d'un projet neuf.

choisi de l'utiliser dans le cadre d'un projet neuf.

Ce chantier a débuté en avril et s'est achevé fin octobre 2008. La partie voirie a une surface de 5 000 m² et celle de la zone stationnement de 7 900 m², divisée en 4 bandes larges de 13,5 m et longues respectivement de 113,5 m, 143,5 m et deux fois 165 m.

Pour l'ensemble de l'extension de l'aire, une couche de forme de classe PF3 d'épaisseur 35 cm a été réalisée. Au-dessus de cette couche traitée avec 1% de chaux et 5% de liant hydraulique routier, une couche de grave bitume (GB) de classe 4 a été mise en œuvre.

FORMULATION DU BÉTON (POUR 1 M³)

CEM II/A-S 52,5 N CE PM-CP2 NF : 350 kg

Granulats concassés 0/4 : 280 kg

Granulats concassés 6/16 : 1 070 kg

Granulats roulés 0/4 : 480 kg

Eau : 150 litres

Plastifiant : 0,4 %

Entraîneur d'air : 0,15 %

Pour la zone de roulement, cette couche a une épaisseur de 15 cm. Au-dessus, la couche de roulement de 7 cm a été réalisée en béton bitumineux semi-grenu (BBSG) de classe 3.

Une machine à coffrage glissant avançant à 40 m/h

Au-dessus de la couche de forme, les structures des chaussées desservant les zones de stationnement sont, elles aussi, constituées de GB de classe 4 mais de 12 cm d'épaisseur, et non plus 15 cm comme pour la voirie.

Cette GB a alors été légèrement fraisée pour obtenir une surface rugueuse, afin de permettre au BCMC, qui va être coulé, de "coller" mécaniquement à l'enrobé et d'adhérer parfaitement au support. Cette phase est la clé du succès de la technique. D'une épaisseur de 10 cm, le BCMC a été réalisé par bandes de 4,5 m de large, soit le tiers de la largeur totale des quatre bandes (13,5 m).

"La mise en œuvre du béton a été réalisée avec une machine à coffrage glissant Wirtgen SP 500 possédant quatre chenilles guidées sur deux fils", précise Jérôme Mallet, chef de secteur chez Eurovia Béton, filiale spécialisée du Groupe Eurovia. "Alimentée par des toupies à l'avant, elle avance à la vitesse moyenne de 40 m/heure, le béton étant lissé par une poutre placée à l'arrière de la machine. La surface est alors balayée pour obtenir de petites stries permettant de donner de la rugosité. Enfin, cinq heures après son coulage, le béton est scié pour créer des joints tous les 1,50 m de large et avoir ainsi des dalles de 1,5 m x 1,50 m, soit 15 fois l'épaisseur de la couche de BCMC".



La machine à coffrage glissant est alimentée par des toupies à l'avant.



Lissage du BCMC à l'aide d'une poutre placée à l'arrière de la machine.

Entretien quasiment nul = coût global très compétitif

Certes, la technique du BCMC possède un coût de mise en œuvre plus élevé que les solutions classiques. Mais grâce à ses coûts d'entretien quasiment nuls sur plusieurs décennies, elle devient très compétitive. Comme dans beaucoup d'autres domaines, il faut désormais raisonner de plus en plus en coût global pour choisir telle ou telle technique.

Et Cécile Giacobi de conclure : *"Dans les trois ans à venir, ASF va créer plus de 1 500 places poids lourds sur les aires des autoroutes A7 et A9. Pour chaque appel d'offres, la technique du BCMC sera étudiée et proposée en variante, si son emploi peut s'avérer intéressant".*



La couche de grave bitume est fraisée pour avoir une surface rugueuse (à gauche) et permettre ainsi au BCMC (à droite) d'adhérer parfaitement au support.



Remue-méninges

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

Carré magique

Démontrer que : "De toutes les formes rectangulaires, le carré possède le périmètre minimum pour une surface donnée, et la surface maximum pour un périmètre donné".



Gros plan

Sitinao® : une alternative à la pierre d'importation

Dans la continuité de son développement dans les bétons préfabriqués à haute valeur ajoutée, la société Bonna Sabla (Groupe Consolis) vient de lancer une nouvelle marque : Sitinao®, suite à la fusion de Sobepre et Monvoisin. Objectif : devenir le fournisseur référent des collectivités locales et des aménageurs d'espaces urbains. Regroupant voirie et mobilier urbain, cette nouvelle offre Béton, fabriquée en France et mettant en œuvre des matériaux naturels (basalte, porphyre, granit...), constitue une excellente alternative à la pierre d'importation.



Agenda

Journées techniques Cimbéton 2009

Nous vous informons que Cimbéton organise 6 journées techniques sur les thèmes du **Traitement des sols** et du **Retraitement des chaussées aux liants hydrauliques**. Elles se dérouleront à Lyon (21 janvier), Marseille (8 avril), Lille (27 mai), Toulouse (23 septembre), Clermont-Ferrand (20 octobre) et Caen (9 décembre).

Invitations disponibles sur simple demande auprès de Cimbéton.

Rencontres Géosynthétiques 1-3 avril 2009 à Nantes

La 7^e édition du colloque francophone sur les géotextiles, les géomembranes et les produits apparentés, organisée par le Comité Français des Géosynthétiques (CFG), se tiendra à Nantes du 1^{er} au 3 avril 2009.

Pour en savoir plus : www.rencontresgeosynthetiques.org

11^e Symposium International de la Route en Béton 13-15 octobre 2010 à Séville (Espagne)

Le 11^e Symposium International de la Route en Béton, dont la précédente édition avait eu lieu à Bruxelles en septembre 2006, se tiendra en octobre 2010 à Séville. Thème choisi : "The answer to new challenges - La réponse à de nouveaux défis".

Pour en savoir plus : www.2010concreteroads.org



Solution du Remue-méninges de Routes N°105 : Le tapis roulant

Rappel du problème posé : un habitué du Métro Parisien effectue quotidiennement une correspondance à la station "Montparnasse". Cela l'oblige à emprunter le tapis roulant sur lequel il marche de son pas ordinaire et à le traverser d'une extrémité à l'autre en 60 secondes. Un matin, il décide de remonter le tapis roulant, en marchant toujours de son même pas ordinaire. Il lui faut alors 300 secondes pour aller à l'autre bout du tapis.

Le soir, le tapis roulant tombe en panne.

Questions :

- 1 - Combien de temps faut-il alors à notre voyageur pour traverser le tapis ?
- 2 - Si notre voyageur marche de son pas ordinaire à la vitesse de 6 km/h, quelle est la vitesse du tapis roulant ?
- 3 - Si l'on suppose que, sur le tapis, il se trouve en moyenne une personne de 60 kg tous les deux mètres, entre six heures du matin et minuit, quel tonnage le tapis roulant transporte-t-il en un jour ? En envisageant deux cas : les voyageurs sont immobiles sur le tapis et les voyageurs marchent uniformément à la vitesse de 6 km/h.

Solutions :

1 - Combien de temps faut-il à notre voyageur pour traverser le tapis ? Soient "V" la vitesse du voyageur (en m/s), "v" et "L" respectivement la vitesse (en m/s) et la longueur (en m) du tapis roulant. Le voyageur traverse le tapis roulant en 60 secondes. Nous pouvons donc écrire : $V + v = L/60$ (1). Le voyageur remonte le tapis roulant en 300 secondes. Nous pouvons donc écrire : $V - v = L/300$ (2)

En additionnant les relations (1) et (2), nous obtenons : $V = L/100$

Notre voyageur met donc 100 secondes pour traverser le tapis roulant.

2 - Quelle est la vitesse du tapis roulant ?

En éliminant "L" dans les relations (1) et (2), nous obtenons : $60(V + v) = 300(V - v)$ donc $v = 2V/3$. Comme $V = 6$ km/h soit 1,67 m/s, **$v = 1,11$ m/s.**

Nous pouvons alors déduire la longueur "L" du tapis roulant de la relation (1) : $V + v = L/60$. D'où $L = 166,67$ m.

3 - Quel tonnage le tapis roulant transporte-t-il en un jour ?

Si les voyageurs sont immobiles sur le tapis.

Pendant 18 heures de fonctionnement, le tapis roulant parcourt : $18 \text{ h} \times 4 \text{ km/h}$, soit 72 km ou 72 000 m. Au bout de ces 18 heures, un point coïncidant avec l'entrée sur le tapis sera à 72 000 m de cette entrée, donc à $(72 000 \text{ m} - 166,67 \text{ m}) = 71 833,33$ m de la sortie du tapis. Celui-ci aura transporté, entre l'entrée et la sortie : $(71 833,33/2) + 1 = 35 917$ voyageurs, soit un tonnage de $35 917 \times 60 = 2 155 020$ kg, soit **2 155 tonnes environ.**

Si les voyageurs marchent uniformément à la vitesse de 6 km/h.

Tout se passe comme si le tapis roulait à la vitesse de 10 km/h (6+4). Pendant 18 heures de fonctionnement, le tapis roulant parcourt : $18 \text{ h} \times 10 \text{ km/h}$, soit 180 km ou 180 000 m. Au bout de ces 18 heures, un point coïncidant avec l'entrée sur le tapis sera à 180 000 m de cette entrée, donc à $(180 000 \text{ m} - 166,67 \text{ m}) = 179 833,33$ m de la sortie du tapis. Celui-ci aura transporté, entre l'entrée et la sortie : $(179 833,33/2) + 1 = 89 917$ voyageurs, soit un tonnage de : $89 917 \times 60 = 5 395 020$ kg, soit **5 395 tonnes.**



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