

ROUTES

Ciments - Liants hydrauliques routiers - Bétons

Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



LE POINT SUR

Les bords de mer à
Veulettes (Seine-Maritime),
Hossegor (Landes)
et Berre-l'Étang
(Bouches-du-Rhône)

RÉFÉRENCE

Moselle : des teintes
naturelles pour tous
les bétons du dernier
Center Parcs

DOCUMENTATION TECHNIQUE

Les sols décoratifs en béton
à granulats apparents



Moselle

Des teintes naturelles pour tous les bétons du dernier des Center Parcs



Puy-de-Dôme

30 000 m² de sols traités au liant hydraulique routier à base clinker



Les sols décoratifs en béton à granulats apparents



Les bords de mer

Des bétons décoratifs innovants pour aménager les fronts de mer à :

- Veulettes-sur-Mer (Seine-Maritime)
- Hossegor (Landes)
- Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône)

En couverture : à Veulettes-sur-Mer (Seine-Maritime), la digue promenade avec ses deux bétons décoratifs, l'un désactivé sablé de couleur jaune, l'autre imprimé de couleur gris-bleu en forme de vague.

INTERROUTE&VILLE 2010 : objectifs atteints !

236 exposants et 5 146 visiteurs professionnels (maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage, administrations routières, collectivités, entreprises et organismes institutionnels) ont participé à la manifestation INTERROUTE&VILLE, salon et congrès, qui s'est déroulée du 26 au 28 octobre à Metz. Cette édition a été placée sous les signes de la Mobilité, des technologies de l'information et de l'innovation.

Les résultats enregistrés et la présence de tous les représentants institutionnels et politiques, nationaux et régionaux, démontrent la pertinence de ce rassemblement qui a lieu tous les deux ans dans une région française.

Par sa taille humaine, sa convivialité, son exhaustivité, la pertinence et l'expertise de ses conférences, la quatrième édition d'INTERROUTE&VILLE a permis à la communauté "routière" de se retrouver et d'échanger sur des sujets d'actualité.

Ainsi, les représentants de l'AMF (Association des Maires de France), de l'ADF (Assemblée des Départements de France), de l'ADSTD (Association des Directeurs des Services Techniques des Départements) et de l'ADGCF (Association des Directeurs Généraux des Communautés de France), ainsi que de l'ATR (Association Technique de la Route) et l'IDRRIM (Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité) ont été très impliqués dans le cadre de cet événement.

L'inauguration de la manifestation a été faite conjointement par le Président de l'ATR, le Maire de Metz, le Président de Metz Métropole, le Président des Maires de la Moselle et le Vice-Président du Conseil Général de la Moselle.

Sur près de 12 000 m², les visiteurs ont pu découvrir les dernières nouveautés des exposants, industriels et organismes spécialisés du secteur, qui ont présenté plus de 88 innovations technologiques et applications pour la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien des infrastructures routières, ferroviaires, fluviales, de transport multimodal et leurs aménagements, avec la volonté de toujours mieux répondre aux enjeux de mobilité durable.

Le congrès a précisément constitué un véritable moment privilégié pour les 633 participants, professionnels des réseaux routiers et des infrastructures de transport. Chacun a pu débattre sur les sujets nationaux et échanger sur les évolutions administratives, techniques et environnementales.

C'est dans cet état d'esprit offensif, au regard des défis qui les attendent, que les acteurs de la route se sont d'ores et déjà donnés rendez-vous au prochain INTERROUTE&VILLE en 2012.

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@cim beton.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 : Joseph Abdo, Philippe Antoine (Documentation technique), Marc Deléage, Romualda Holak, Michel Levron, Yann Kerveno - 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 2010 - ISSN 1161 - 2053 1994



Domaine des Trois Forêts (Moselle) : la majeure partie des sols extérieurs bordant les zones aquatiques ont été réalisés en béton imprimé.

Des teintes naturelles pour tous les bétons du dernier des Center Parcs

Associant des granulats locaux, un ciment clair et des pigments minéraux, le béton revêt un aspect naturel qui s'accorde parfaitement avec la volonté d'authenticité, d'harmonie et de retour à la nature, affichée par les concepteurs du Domaine des Trois Forêts.

Situé près de Sarrebourg, le quatrième Center Parcs de France mise sur l'immersion totale en pleine nature avec ses 870 cottages disséminés sur 435 hectares. Il se trouve au cœur du Bois des Harcholins, qui est à cheval sur le territoire de trois communes (Hattigny, Fraquelfing et Niderhoff) et deux départements, d'où son nom de Domaine des Trois Forêts Moselle - Lorraine.

Construit par Pierre & Vacances, en partenariat avec le WWF-France, ce parc de loisirs est le plus boisé d'Europe.



Les allées et les zones de détente sont réalisées en béton imprimé de façon irrégulière, technique dite "opus incertum".

Une zone de 58 hectares est même exempte de toute construction. Pas moins de 3 hectares de lacs et rivières ont été créés sur ce site, sans oublier un espace aquatique couvert de 5000 m², maintenu à une température constante de 28°C. Tous les cottages sont construits en bois selon les normes Haute Qualité Environnementale (HQE). La vocation de ce Center Parcs est d'accueillir aussi bien la clientèle française qu'européenne et notamment celle venant des Länder allemands les plus proches, situés à environ trois heures de route.

Un opus incertum imprimé dans le béton

La majeure partie des sols extérieurs bordant les zones aquatiques (abords de la piscine, de la rivière, de l'Aquamundo et PMR) ont été réalisés en béton imprimé. Le choix d'un ciment local, de granulats issus de carrières proches et

d'un colorant teinte pierre lui donne un aspect chaleureux, très proche d'un sol naturel. Autre avantage, le béton imprimé, même lorsqu'il est mouillé, conserve ses propriétés antidérapantes, tout en étant très facile à entretenir.

Pour réaliser ces sols, l'entreprise Bomanite Lorraine a coulé 13 à 15 cm de béton sur un support en grave compactée. "Chaque coulée permet de réaliser 40 à 50 m² à la fois. Des coffrages métalliques assemblés sur place et revêtus d'une huile de décoffrage délimitent les réservations pour les

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage : Pierre & Vacances

Entreprises : Bomanite Lorraine et Val d'Oise Paysage

Fournisseur du béton : Holcim Bétons (France) - Région Est (centrale de Buhl Lorraine)

Fournisseur du ciment : Holcim Ciments (cimenterie de Heming)



Le bois et le béton teinte pierre s'accordent pour donner aux sols un aspect naturel et chaleureux.

arbres. D'autres coffrages, en forme de biseau, sont employés pour la réalisation des pédiluves" explique Olivier Ornielli, directeur de Bomanite Lorraine.

Une fois le béton mis en place et réglé, il est taloché une première fois. "Un mélange colorant / durcisseur (quartz et pigments) est saupoudré en surface. Il pénètre bien dans le béton, et de façon régulière, grâce à un talochage suivi d'un lissage. L'humidité qui remonte naturellement du béton, nommée ressuage, hydrate le quartz et facilite son incorporation avec le pigment dans le béton sur les quelques millimètres superficiels. Après l'application d'une poudre de démoulage, les moules souples en polyuréthane sont soigneusement posés à la surface du béton. Leurs motifs dessineront en négatif une texture légère en appareil irrégulier, dit "opus incertum". Pour cela, nos techniciens marchent dessus de façon très régulière. Une fois l'empreinte réalisée, l'enlèvement de la matrice s'effectue avec délicatesse. Un nettoyage au jet d'eau haute pression suffit ensuite à éliminer le reste d'agent de démoulage. Enfin, l'application d'un vernis protecteur bouche-pores permet de réaliser un entretien aisé et d'avoir un encrassement minimum. Ce vernis doit être à nouveau appliqué tous les 4 à 5 ans, si nécessaire" précise Olivier Ornielli.

L'équipe de Bomanite Lorraine a travaillé sur ce chantier pendant trois semaines d'affilée. "Une vraie course contre la montre, sans temps mort ! Le calepinage était très serré, sans aucun droit à l'erreur,

avec des contraintes techniques. Ce chantier était d'autant plus délicat à traiter que plusieurs corps de métiers intervenaient sur un même périmètre. Les autres entreprises attendaient que nous ayons fini pour pouvoir nous succéder. Tout cela nécessite une forte disponibilité du chef d'entreprise et des personnels, tant que tout n'est pas totalement finalisé" confie Olivier Ornielli.

Comme les zones de bétonnage n'étaient pas toujours faciles d'accès, l'entreprise a souvent eu recours à un camion pompe. Elle a aussi investi dans deux grands chapiteaux pour abriter les coulées et ne pas prendre de retard lorsqu'il pleuvait plusieurs jours de suite. Afin de réaliser les 1 à 2 m² de béton décoratif au niveau de chacun des



Dans la serre, les chemins ont été exécutés en béton clair, teinté dans la masse et patiné en surface.

cottages, les paysagistes ont employé des éléments préfabriqués en béton désactivé.

Des allées en béton clair patiné en surface

De son côté, l'entreprise Val d'Oise Paysage s'est chargée de la réalisation des allées de la serre. La même formulation de béton a été utilisée, à ceci près qu'il a été coloré dans sa masse. Le ton pierre a été obtenu en mélangeant de l'oxyde de titane et un pigment minéral jaune avec un ciment local CEM II S 42,5 N CE CP1 NF de teinte claire. Le choix d'une teinte proche de celle du durcisseur superficiel permet de conserver le même rendu visuel, au cas où la surface du béton serait ultérieurement affectée d'un éventuel éclat ou épaufure. Ce traitement de surface donne aussi à ce béton l'aspect patiné souhaité.

Sur ce site, Holcim Bétons (France) - Région Est a fourni la totalité des bétons nécessaires à la construction des bâtiments, des bassins, des piscines, de la voirie,... ainsi que les béton décoratifs.

"Pour les sols extérieurs et intérieurs, les deux entreprises Bomanite Lorraine et Val d'Oise Paysage ont utilisé une même formulation de béton : un Artificio imprimé PSP CEM II/B-S 42,5 N CE CP1NF Dmax 16 mm S3. Le béton employé pour les allées de la serre a été teinté dans la masse avec deux pigments spécifiques" précise Jean-Michel Rasser, animateur "Produits Spéciaux" de Holcim Bétons (France) - Région Est.

"La centrale Béton Prêt à l'Emploi de Buhl Lorraine, très proche du site, a assuré plusieurs rotations de camions-malaxeurs par jour, en raison de l'étendue et du fractionnement de ce chantier. En effet, quasiment tous les jours, Bomanite Lorraine gérait jusqu'à 3 livraisons : celles-ci avaient essentiellement lieu le matin pour que le surfacage puisse être réalisé en début d'après-midi. Tout cela sous-entend donc d'élaborer un planning très rigoureux, bien programmé à l'avance, et un ajustement définitif de la veille pour le lendemain" conclut Jean-Michel Rasser. ■



Zone d'activités " Clermont Auvergne " (Puy-de-Dôme) : 17 000 m² de voiries et de parkings à réaliser en traitement de sols pour la nouvelle plateforme logistique de Coliposte.

30 000 m² de plateforme logistique traités au liant hydraulique routier

Grâce à son implantation stratégique, la nouvelle plateforme logistique de Coliposte, construite près de Clermont-Ferrand, pourra traiter jusqu'à 200 000 colis/jour. Mais auparavant, près de 30 000 m² de sol ont été traités avec un liant hydraulique routier (LHR) à base clinker.

Pour moderniser son outil de travail, âgé d'une trentaine d'années et arrivé à saturation, Coliposte s'est récemment doté d'une toute nouvelle plateforme logistique. Implantée sur la zone d'activités "Clermont Auvergne" qui jouxte les communes de Gerzat et d'Aulnat, elle se caractérise par son positionnement stratégique irréprochable. En effet, elle se trouve en plein cœur



Le malaxage du sol intervient sur 45 cm de profondeur.

d'un nœud autoroutier avec l'A71 Clermont/Paris, l'A72 vers Lyon/Marseille, l'accès direct à l'A75 vers Béziers et l'A89 Clermont/Bordeaux. Cette plateforme assurera le traitement des colis des quatre départements de la région Auvergne, mais aussi ceux de la Creuse, de la Corrèze et de la Lozère. Ensuite, quand elle montera en puissance, elle pourra participer au traitement des colis d'autres départements avoisinants. Sa localisation centrale lui permettra également de soutenir les plateformes de Lyon, Cavillon et Blois, notamment en cas de pic d'activité. Elle pourra ainsi soulager celle récemment ouverte à Lyon-Saint-Laurent-de-Mure mais déjà arrivée à saturation. Avec sa capacité de traitement de 100 000 colis par jour à son ouverture et la possibilité de monter au double si nécessaire, cette plateforme est l'une

des plus importantes et des plus modernes de France. Pour mémoire, celle de Lyon traite une moyenne de 150 000 colis par jour.

Le maître d'ouvrage Urban Property a confié à R3i une mission de maîtrise d'œuvre pour la construction de cette plateforme logistique et des bureaux qui l'accompagnent (13 758 m² SHON au total), pour le compte de la Société Civile Immobilière PSC.

Ces travaux comprennent notamment un hall de tri de 11 500 m², associant structure béton et bois lamellé-collé. Les bureaux et locaux sociaux couvrent

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage : Urban Property

Maîtrise d'œuvre : R3i

Entreprise : Colas

Fournisseur du béton : Béton Centre-Ouest (groupe Vicat)

Fournisseur du LHR : Vicat Ciment

une surface d'environ 2100 m². A cela s'ajoutent 17000 m² de voiries et parkings.

■ Bien valoriser les ressources du site

Implantée sur un terrain de 90000 m², l'emprise de la plateforme couvre une surface globale de près de 30000 m².

Valoriser les matériaux du site, plutôt que les évacuer pour en rapporter d'autres venant de l'extérieur, présente un grand nombre d'avantages. Sur le plan logistique, cela évite une importante circulation de camions entrants et sortants. Ainsi, seuls les camions livrant les 1000 tonnes de liant hydraulique routier viennent approvisionner ce chantier. Sur le plan financier, les économies directes (pas d'achats de matériaux autres que le LHR) et indirectes (économies de carburant,...) sont loin d'être négligeables.

Sur le plan environnemental, cette réduction de circulation de camions réduit les émissions de gaz à effet de serre et le réemploi des matériaux en place préserve d'autres ressources naturelles.

Cette technique de mise en œuvre sous-entend la réalisation préliminaire de plusieurs prélèvements sur le site, accompagnée d'essais en laboratoire pour s'assurer de la régularité du sol en place et de sa parfaite compatibilité avec le LHR prévu.

"Nous avons effectué une campagne de sondages qui a permis d'identifier les caractéristiques techniques du sol et de localiser avec précision les différentes zones. Etant donnée la grande superficie du terrain, nous avons rencontré trois types de sols : deux marneux et un sableux. Les essais en laboratoire, sur



L'hydratation par camion porte-citerne est immédiatement suivie du passage du malaxeur.

les échantillons prélevés, ont permis d'étudier l'aptitude au traitement de chacun d'entre eux et de déterminer leurs dosages optimaux respectifs. Offrant naturellement une bonne cohésion et déjà un peu hydratées (sauf en période de sécheresse), les marnes s'avèrent les plus faciles à traiter avec le LHR. Pour le sable alluvionnaire, la faible quantité de fines présentes implique un dosage en liant hydraulique routier un peu plus élevé (1% en plus) qu'avec les marnes afin d'obtenir un résultat final équivalent sur toute la superficie de la zone traitée" explique Franck Izorche, responsable du laboratoire de l'agence Colas de Clermont-Ferrand.

Des planches d'essais sur le site ont ensuite permis de confirmer ces résultats. En cours de chantier, le laboratoire contrôle la conformité et la régularité du dosage en liant hydraulique routier et en eau, ainsi que la profondeur de malaxage et la qualité du compactage. Ensuite, lors de la réception de la plateforme, il vérifie la conformité du résultat obtenu vis-à-vis de l'objectif de portance visé (PF3).

■ Un traitement réalisé en une seule passe

Après décapage de la terre végétale, l'entreprise Colas s'est chargée du déblaiement/remblaiement du site avant de niveler la plateforme.

"Nous avons ensuite procédé à l'épandage régulier du liant hydraulique routier à raison de 35 kg/m², puis à son hydratation avant le malaxage proprement dit sur une épaisseur de 45 cm pour les chaussées lourdes et la

zone bâtiment, soit environ 25 000 m². Ce traitement n'intervient que sur 30 cm d'épaisseur pour les chaussées légères et les parkings, soit un total de 4 250 m². Le tout en une seule passe " précise Georges Chapoulard, conducteur de travaux de l'entreprise Colas.

Suivent le compactage au cylindre vibrant, puis le réglage final à la niveleuse avant la mise en place d'un enduit de cure et d'une couche de grave 0/31,5. Celle-ci sera ensuite recouverte d'enrobés pour les parties chaussées lourdes et légères, ainsi que pour le parking.

La cadence moyenne tourne autour de 3500 m²/jour pour la première partie, sur laquelle la circulation des engins lourds est possible au bout d'une semaine seulement. La seconde partie, plus délicate à réaliser à cause des îlots à contourner, a demandé deux jours pour sa réalisation.

■ Une base clinker qui apporte une résistance élevée

Produit par Vicat Ciment dans son usine de Créchy (Allier), le liant hydraulique routier utilisé (LV-TS 03) peut s'employer aussi bien dans les couches de base, les couches de fondation que les couches de forme dans le cas d'un traitement de sol en place ou en centrale. Ce liant hydraulique routier, dit à base clinker, se compose en majorité de clinker et de calcaire.

"Ce liant hydraulique routier a été retenu par Colas car c'est celui qui se marie le mieux avec les trois types de sols en place. Sa base clinker apporte une résistance élevée dès les plus jeunes âges. Ainsi le chantier pouvait démarrer le matin, la prise avait lieu dans la journée et, le soir, la chaussée était alors prête à recevoir son enduit de cure" commente Cédric Jovin, chef de secteur ciments et liants hydrauliques routiers Vicat (direction Centre-Ouest). *"Ce produit est également intéressant sur un plan économique pour le traitement d'aussi grandes surfaces de sol. En effet, dans ce cas, le dosage est alors de 3 à 4 %, et de 5 % pour la partie en sables alluvionnaires"* conclut Cédric Jovin. ■



L'épandage du liant hydraulique routier est réalisé à raison de 35 kg/m².



Etretat (Seine-Maritime) : promenade piétonnière en bord de mer, réalisée en béton désactivé de trois couleurs différentes et rythmée par un large calepinage.

Les sols décoratifs en béton à granulats apparents

La plupart des bétons, qu'ils soient coulés à plat ou coffrés, ne laissent apparaître après durcissement que leur "peau" sous la forme d'une surface uniformément grise et légèrement pommelée : le béton brut de décoffrage. Pourtant, ce béton recèle une richesse intérieure insoupçonnée à travers les granulats qui le composent. Qu'il s'agisse de graviers roulés, extraits de gravières ou de rivières, ou encore de pierres concassées (marbre, quartz ou porphyre), ils mériteraient souvent d'être vus ou encore, pour reprendre le terme anglo-américain, d'être "exposés" (*exposed aggregates concrete*).

Dans cette documentation technique, nous ne traiterons pas des bétons coffrés à granulats apparents pour lesquels de nombreuses techniques de réalisation existent, nous nous limiterons aux sols décoratifs coulés à plat, à partir de béton prêt à l'emploi.

LE MARCHÉ

Grâce à des efforts importants de promotion réalisés, depuis plus de vingt ans, par CIMBETON et le SNBPE, les fournisseurs de Béton Prêt à l'Emploi, associés aux fournisseurs d'adjuvants et aux applicateurs, la technique du sol béton à granulats apparents a été définitivement adoptée par les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage français. La revue *Routes* a relaté, durant toutes ces années, le succès rencontré par ce matériau à travers les innombrables références présentes sur l'ensemble du territoire français et qui ont fait l'objet de nombreux reportages.

Ainsi, chaque année, sont réalisés quelque 6 à 7 millions de mètres carrés de ce type de sol en aménagement urbain, en espaces publics et dans le résidentiel, qu'il soit collectif ou individuel. Il s'agit là d'une spécificité du marché français. Sans doute peut-on y voir une marque de la culture architecturale française qui a toujours mis en avant les matériaux minéraux et naturels d'origine locale.

Les producteurs de béton, la plupart du temps eux-mêmes producteurs de granulats, disposent ainsi d'un véritable outil marketing de valorisation de leurs produits et de leur savoir-faire. Tous les grands groupes, sans exception, sont présents sur ce marché ainsi que la quasi-totalité des producteurs



Aspect du béton brut : uni, plein et plan.

indépendants. Les entreprises adhérentes au Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi (SNBPE), à travers les travaux de leur Commission Promotion, et l'ensemble de l'Industrie Cimentière, ont joué et continuent de jouer un rôle majeur dans le développement de ce marché.

Après la mise en œuvre du béton, la surface du revêtement présente un aspect uni, plein et plan.

On cherche alors à lui conférer à la fois des caractéristiques esthétiques et de bonnes qualités antidérapantes. De telles qualités peuvent résulter d'une mise à nu des granulats. Il existe deux méthodes :

- les traitements mécaniques, qui sont mis en œuvre sur une surface durcie,
- les traitements chimiques, technique appelée aussi "désactivation", qui s'effectuent au contraire sur béton frais et sont suivis d'un lavage après durcissement du béton de masse.

Ces deux axes de mise en œuvre se répartissent aujourd'hui à raison de 10 % pour les bétons traités mécaniquement et de 90 % pour les bétons désactivés. Dans un marché toujours en croissance, cette proportion est relativement stable.

LES TRAITEMENTS MÉCANIQUES

Ils sont au nombre de quatre : le sablage, le bouchardage, le grenailage et le polissage.

Le sablage

Cette technique consiste à attaquer un revêtement béton durci (24 à 48 heures après le bétonnage) avec un jet de sable abrasif à l'aide d'un puissant jet d'air sous pression ou projeté à l'eau haute pression. Le sable (quartz cristal 00) permet de dégarnir, plus ou moins, les granulats qui, selon leur dureté, sont plus ou moins arrondis par cette technique. Les granulats sombres sont éclaircis par ce traitement. C'est une technique bien connue dans le décapage des métaux avant traitement.



Pont du Gard. Exécution du sablage au jet de sable à haute pression.



Pont du Gard. Cheminement piétonnier en béton sablé.

Elle est adaptée à la réalisation d'aménagements urbains piétonniers ou faiblement circulés, mais aussi aux voiries circulées sous réserve de prévoir, dans le béton, des granulats répondant aux spécifications requises en matière de dureté et de résistance au polissage.

Le bouchardage

Cette technique consiste à attaquer la surface du béton durci avec un appareil pneumatique qui porte des bouchardes dont la surface de frappe est hérissée de dents pyramidales "pointes de diamant". Celles-ci, en frappant la surface, font éclater le mortier du béton et fracturent légèrement les granulats.

Cette technique permet, par un choix judicieux des granulats et une formulation adéquate, d'obtenir des aspects de surface imitant les pierres naturelles en granit.



Têtes de bouchardage, avec gros plans de béton bouchardé.

Le grenailage

Le procédé consiste à projeter, à grande vitesse sur du béton durci, des billes d'acier qui sont, au rebond, récupérées par aspiration et recyclées. Le choc des billes avec la surface du béton a trois effets principaux :

- il nettoie la surface de la chaussée, fonction recherchée à l'origine pour le dégommage des pistes d'aérodromes et la préparation des supports pour les travaux de renforcement en béton mince collé,
- il dégage en surface le mortier de scellement des granulats, augmentant ainsi la macro-rugosité,
- il ravive les arêtes des granulats constitutifs du revêtement, améliorant ainsi sa micro-rugosité.

Cette technique est largement utilisée en rénovation de dallages béton, avant application d'un nouveau revêtement.



Machine de grenailage (ou grenailleuse) en action, avec gros plan de béton grenailé.

Le polissage

Il consiste à polir le béton à l'aide d'une meule dure, comme dans le cas du marbre. C'est la technique du "granito", bien connue au siècle dernier pour la réalisation de sols intérieurs.



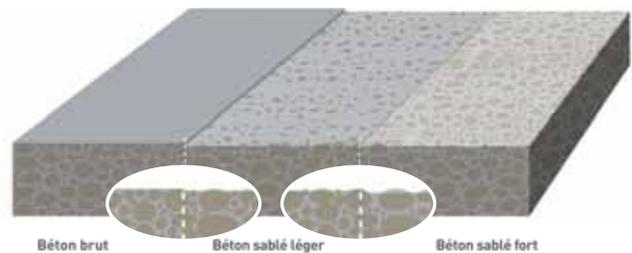
Hall d'accueil d'un immeuble en béton poli.

LES TRAITEMENTS MÉCANIQUES

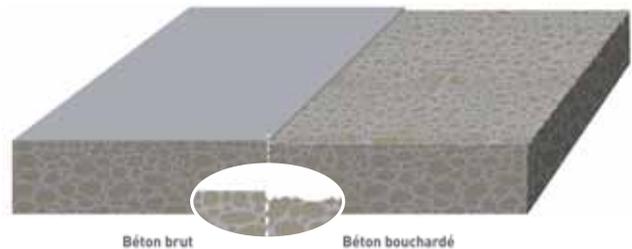
Dans le sablage, le bouchardage, le grenailage et le polissage, l'action mécanique a pour but de détruire ou d'entamer la peau du béton durci pour faire apparaître le granulat qui sera systématiquement affecté par le traitement, quel qu'il soit. Après sablage, il ressortira blanchi et légèrement cotonneux. Le bouchardage l'éclatera, tout comme le grenailage. Quant au polissage, il conduira à des surfaces d'une grande richesse esthétique, mais réservées la plupart du temps à des sols intérieurs.

Les traitements mécaniques sont donc des procédés agressifs pour les granulats. Ils ne permettent que peu de variations sur la profondeur de déchaussement et nécessitent un matériel lourd et coûteux. Autant de raisons qui expliquent leur petite part de marché.

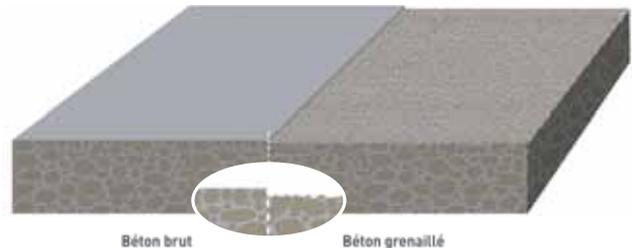
Le sablage



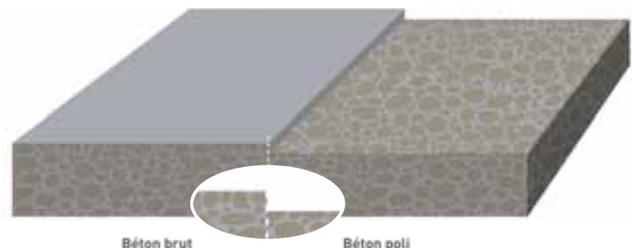
Le bouchardage



Le grenailage



Le polissage



LE TRAITEMENT CHIMIQUE OU DÉSACTIVATION

Le procédé

Son principe est extrêmement simple, mais sa mise en oeuvre comporte un certain nombre de points clés que nous allons analyser afin de bien choisir son "désactivant" : l'idée est de pulvériser, à la surface du béton frais, un produit à effet retard sur la prise et le durcissement du ciment.

Déposée à la surface du béton frais, la matière active hydrosoluble du produit désactivant va se diffuser dans l'eau de gâchage sur une certaine profondeur et retardera, voire empêchera, la prise du ciment dans la zone de diffusion.

La masse de béton non touchée par le produit retardateur fera prise et durcira normalement : il sera ainsi possible, le lendemain du coulage, d'éliminer la matrice cimentaire superficielle par simple lavage à l'eau et donc de mettre à nu le granulat.

Réaliser un béton désactivé peut sembler facile, mais en pratique sa mise en oeuvre peut se heurter à un certain nombre de contraintes ou de difficultés que seuls les "bons" désactivants surmonteront !

Si la qualité et la constance du béton livré constituent un point clé, la préparation et l'organisation du chantier doivent se faire de façon rigoureuse. Avant tout, le client final (celui qui passe commande d'un aménagement et qui va donc le réceptionner) devra approuver un échantillon définissant la nature du granulat, sa granulométrie et la profondeur de désactivation souhaitée.

Durant le chantier, l'aspect après lavage devra être identique en tout point d'une même dalle unitaire et maintenu uniforme tout au long du chantier, qui peut parfois s'étaler sur plusieurs mois. On verra plus loin que la qualité du désactivant est capitale pour surmonter les variations climatiques ou les différés de lavage, dus aux week-ends par exemple.

La régularité de l'aspect du dallage final et la conformité à l'échantillon initialement accepté feront la réussite du chantier et conduiront à la satisfaction du client.



Le lavage du béton désactivé, au jet d'eau haute pression, élimine le désactivant et la laitance, pour faire apparaître les granulats.

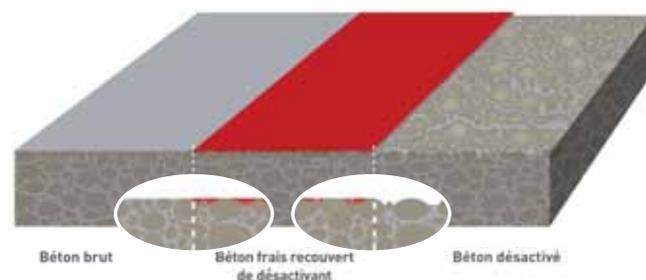


Aspect du béton désactivé.

LE TRAITEMENT CHIMIQUE

À la différence du traitement mécanique, le traitement par désactivation n'affecte pas le granulat : son éclat minéral, sa couleur, sa texture et sa forme sont, au contraire, mis en valeur.

La désactivation



Les grandes familles de désactivants

Elles sont au nombre de quatre : les retardateurs de surface, les désactivants solvantés, les bio-désactivants et les produits mixtes.

Les retardateurs de surface

Historiquement, les premiers développements se sont faits sur des solutions aqueuses. Les "matières actives", substances chimiques retardatrices du ciment Portland (généralement, les sucres et leurs dérivés ou des acides organiques à forte solubilité), étaient simplement dissoutes dans l'eau. Ces solutions, appelées "retardateurs de surface", sont encore aujourd'hui disponibles à la vente.

Bon marché et faciles à pulvériser, elles présentent cependant un certain nombre d'inconvénients majeurs, parmi lesquels :

- Un manque de pouvoir opacifiant ou couvrant, qui conduit inévitablement l'applicateur à des manques ou à des excès. Au lavage, on verra les granulats se déchausser dans les excès ou, au contraire, l'effet désactivant disparaître totalement dans les manques.
- Une absence totale de résistance à la pluie qui redilue le produit en surface, même après plusieurs heures, et annule ses effets.
- Une absence totale d'effet de cure (*curing*) qui favorise

l'évaporation rapide de l'eau de surface en cas de fortes chaleurs ou de vent fort. Le résultat est alors désastreux, tant pour le béton qui va fissurer, que pour les composés organiques retardateurs qui ne trouveront plus d'eau libre pour diffuser, laissant le ciment faire sa prise de façon irréversible.

- Un effet de gamme quasi inexistant quant au choix de la profondeur d'attaque : la puissance retardatrice des produits employés ne permet que des attaques fortes, de type "gravillons lavés".

Les désactivants solvantés

Si le marché des bétons décoratifs a pu se développer dans de telles proportions, c'est bien grâce à l'apparition, dans les années 1990, de désactivants solvantés et à la résolution, de ce fait, d'un bon nombre de problèmes. Leur conception était radicalement différente de celle des retardateurs et leur formulation reste, encore aujourd'hui, couverte par des brevets ou des recettes maison que chaque fabricant protège soigneusement.

La matière active, ici finement micronisée, n'est plus dissoute mais mise en suspension dans une solution organique de résine (liant dissout dans un *white spirit*) donnant au produit l'aspect d'une peinture. L'ajout de pigments et de charges donne un couvrant qui assure un grammage régulier (quantité déposée sur le béton). Les avantages des désactivants solvantés sont nombreux :

- La nature filmogène du produit fait qu'après évaporation du solvant, en une vingtaine de minutes en général, le béton se trouve recouvert d'un film étanche et protecteur. Les matières actives s'extraient de ce film pour diffuser dans le béton, dont la surface se trouve, par ailleurs, protégée de la pluie ou de l'évaporation par temps chaud. C'est l'effet de cure indispensable au béton frais.
- La sélection rigoureuse des matières actives et de leur dosage permet de varier les profondeurs d'attaque recherchées (également appelées "creuses"). On obtient, de façon très reproductible, des aspects allant d'un béton usé microdésactivé à une mise à nu de granulats de 30 à 40 mm de Dmax.
- Chaque grade se différencie par un code couleur qui lui est propre et qui reste parfaitement visible lors de l'application, ce qui évite toute erreur dans la mise en oeuvre, la manipulation ou le stockage. Le pouvoir couvrant est celui d'une peinture assurant tout manque impossible.
- L'effet de cure fortement marqué, et donc le maintien de l'eau au sein du béton, apporte une grande sécurité en élargissant la plage de lavage et en autorisant le différé : le délai de 24 heures devient courant, ce qui permet dès lors de couler le béton le jour J pour le laver à J+1, quelles que soient les conditions météo. Les applicateurs trouvent là un appréciable surcroît de confort !

Quelques inconvénients cependant :

- Avec un point éclair (température à partir de laquelle le produit s'enflamme au contact d'une flamme) voisin de 30°C, le produit devient inflammable et présente un danger au stockage, au transport et à l'application.

- Comme les matières actives décantent vers le fond de l'emballage, l'agitation du produit doit être vigoureuse et permanente pour assurer une concentration constante à chaque soutirage.
- Leur prix, fortement lié au cours des produits pétroliers, est sensiblement plus élevé que celui des retardateurs.
- Dernier point, et non des moindres : l'émission de Carbone Organique Volatil (COV) peut atteindre 400 grammes/litre de désactivant, soit près de 100 grammes par mètre carré réalisé. Dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique et d'une approche développement durable, ces doses sont prohibitives ! Bien que parfaitement au point techniquement, ces désactivants solvantés voient ainsi leur part de marché baisser au fil des ans, au profit de produits intégrant de plus en plus les contraintes environnementales.

Les bio-désactivants

Produits de troisième génération, les bio-désactivants ont ouvert une nouvelle voie dans la classification et s'inscrivent dans la ligne de la "green chemistry" de ce début de XXI^e siècle. Pour s'affranchir des produits dérivés directement du pétrole, cette chimie fait appel à des composés issus de l'agriculture ou du monde animal. Ainsi dans les bio-désactivants, la phase liant / solvant est remplacée par une huile végétale, les principes actifs et le mode d'action restant sensiblement les mêmes.

Le point éclair se trouve substantiellement remonté, classant le produit de nouveau ininflammable et surtout le taux de COV est considérablement réduit. Un bémol cependant : si ce produit, et on le conçoit bien, est biodégradable à long terme, il n'en reste pas moins gras à l'utilisation et nécessite un certain nombre de précautions, notamment dans la protection des matériaux environnants (calepinages, murs enduits, caniveaux,...).

Autre point, la présence d'huile et de matières organiques dans les eaux de lavage du béton peut, dans le court terme, poser problème pour le milieu naturel si le rejet a lieu dans le réseau des eaux pluviales, comme c'est le cas de nombreux chantiers en milieu urbain.



Giratoire de Crouy (Aisne) : une fois le béton coulé, on pulvérise un bio-désactivant puis un produit de cure.

Les produits aqueux

On l'a vu à travers tout ce qui précède, la croissance forte et continue, pendant près de 20 ans, du marché du béton désactivé a développé toute une gamme de spécialités chimiques, notamment chez les grands producteurs de l'adjuvant béton et fait l'objet de nombreux brevets. Un réel effet de gamme existe donc aujourd'hui et chaque produit conserve ses inconditionnels comme ses détracteurs.

Cependant, sous la poussée des nouvelles réglementations environnementales, les chimistes du béton devront s'adapter comme l'ont fait leurs collègues de l'industrie de la peinture où les produits solvantés (les laques glycérophtaliques, par exemple) ont cédé la place aux produits dits "à l'eau". Ce transfert s'est d'abord opéré à travers une démarche volontaire des producteurs, qui s'est rapidement transformée en obligation réglementaire.

Toujours dans ce domaine de la peinture, on note que l'efficacité est aujourd'hui la même dans bon nombre d'applications, avec un impact bien moindre sur l'environnement et sur l'utilisateur. La formation du film ne se fait plus par évaporation du solvant, mais par départ de l'eau et par coalescence, c'est-à-dire par rassemblement, entre elles, des fines gouttelettes de polymères en suspension dans la phase aqueuse pour former un film continu.

Il en sera de même pour les désactivants qui reviendront, dans les années à venir, à des formulations sur base aqueuse qui n'auront plus rien à voir avec celles de leurs lointains cousins qu'étaient les retardateurs. Leur pouvoir de cure devra être suffisant, ainsi que la résistance à la pluie qui, paradoxe pour un produit à l'eau, devra être atteinte après quelques heures au plus.

Protéger l'utilisateur et respecter encore plus l'environnement, c'est de là que viendront, à n'en pas douter, les évolutions majeures dans les années à venir.

Les principaux désordres rencontrés sur les chantiers et leurs causes probables

Réaliser un chantier en béton désactivé nécessite de disposer, comme nous venons de le voir, d'un désactivant performant et, bien sûr, de personnel qualifié et rompu à la technique de mise en œuvre.

Il se peut cependant, souvent par conjugaison de plusieurs facteurs, que des désordres soient constatés après lavage du désactivant. Le tableau ci-après liste les principaux désordres et en établit les causes les plus fréquentes.

Description du désordre	Conditions météo	Causes probables	
1 Le désactivant ne se lave pratiquement pas	 20°C	A	Délai trop important entre le début de la fabrication du béton et la fin de sa mise en œuvre (>3h)
		B	Utilisation d'un ciment trop rapide (CEM I ou CEM II R)
		C	Effet de cure du désactivant insuffisant
		D	Délai (prescrit par le fournisseur) entre la fin de pulvérisation du désactivant et le début du lavage, dépassé.
2 Le désactivant se lave de façon très hétérogène le lendemain du coulage : zones trop creusées alternant avec des zones difficilement lavables		A	Délavage d'un désactivant non ou peu résistant à la pluie
		B	Béton mal mélangé (fabriqué en bétonnière), insuffisamment malaxé ou remouillé sur le chantier. Béton à fort ressuage ou sujet à ségrégation.
	 20°C	C	Désactivant insuffisamment agité avant l'emploi (fond de bidon sur-concentré, dessus trop pauvre)
		D	Application hétérogène d'un retardateur ou appareil de pulvérisation défectueux ou non adapté
		E	Présence d'un accélérateur de prise dans le béton
3 Le désactivant se lave de façon régulière mais creuse trop : déchaussement des granulats intermédiaires		A	Le lavage intervient trop tôt et la masse du béton n'a pas fini sa prise
	 20°C	B	Le ciment utilisé est à prise trop lente (CEM III) ou éventé ou encore accidentellement sous dosé en ciment
		C	Le rapport E/C était anormalement élevé et le béton ne comportait aucun réducteur d'eau
		D	Le béton comportait un retardateur de masse trop dosé ou mal maîtrisé
		E	Le désactivant choisi est trop fort pour ce béton
4 Des microfissures apparaissent avant lavage et/ou dans les jours suivants		A	Effet de cure du désactivant insuffisant conjugué à l'absence de microfibres destinées à lutter contre les microfissures de retrait plastique

Conseils pratiques pour anticiper les désordres

Le tableau qui précède dégage les causes des problèmes parfois rencontrés sur chantier. Identifier l'origine d'un désordre est une chose, mais l'anticiper en est une autre. Outre le choix du désactivant, que nous avons largement détaillé (et qui est crucial pour un résultat parfait), quatre autres paramètres sont à analyser scrupuleusement pour une bonne prévention du risque : les conditions météorologiques, la qualité du béton, l'outillage et la main d'œuvre.



Dijon (Côte-d'Or) : parvis de la gare Foch en béton désactivé.

Les conditions météorologiques

Elles sont déterminantes et doivent conduire à ne pas couler de béton quand on ne peut maîtriser ces conditions.

- **La pluie** : elle ne doit, en aucun cas, tomber entre le moment où le béton est livré sur le chantier et dans un délai de 3 à 4 heures après la fin de la pulvérisation du désactivant. Une averse ou une pluie fine, intervenant après ce délai, seront supportées sans dommage par un désactivant résistant à la pluie. Bien sûr, ce ne sera pas le cas pour un orage violent ! Des bâches de protection devront être disponibles en permanence pour parer à tout imprévu. Attention cependant au fait qu'un béton frais, lissé et revêtu d'un désactivant, ne peut être bâché sans dommages et que le bâchage ne peut donc se faire que sur un dallage ayant acquis un minimum de résistance !
- **La chaleur** : au-delà de 25°C, la prise de béton s'accélère considérablement. Il convient donc de veiller à réduire les temps de transport du béton (qui s'échauffe alors dans le camion malaxeur) et d'organiser le chantier pour des livraisons et une mise en œuvre dès les premières heures de la matinée. Dans ce cas, le béton sera lavé dans la soirée. Il faut éviter, dans la mesure du possible, l'emploi de retardateur de masse, de ciments trop rapides (CEM I ou CEM II R) et, bien sûr, interdire les rajouts d'eau sur chantier. Le fond de forme sera, pour sa part, abondamment arrosé, voire détrempe, avant la mise en place du béton.
- **Le vent** : il va gêner considérablement la pulvérisation du désactivant et peut même conduire à annuler le coulage. En effet, on risque d'endommager des véhicules en stationnement, la végétation ou plus globalement de porter atteinte à l'environnement du chantier, y compris le personnel et les passants. L'effet desséchant du vent sur le béton est tel

qu'il est recommandé de recouvrir, le plus vite possible, avec le désactivant (à effet de cure), le béton fraîchement lissé.

- **Le froid** : un froid trop vif conduira à l'arrêt du chantier, ne serait-ce que pour le béton lui-même. Si les coulages ont cependant eu lieu la veille, on n'hésitera pas à décaler au(x) jour(s) suivant(s) le lavage, afin de s'assurer de la résistance du fond. L'hiver, les ciments rapides sont à préférer aux ciments lents et les accélérateurs de masse sont à proscrire, afin d'éviter toute surprise. Le désactivant, quel qu'il soit, sera toujours stocké à l'abri du gel.

La qualité du béton

Elle aussi est déterminante dans la réussite du chantier et la meilleure solution pour l'applicateur est de faire appel à un fournisseur de Béton Prêt à l'Emploi (BPE) qui saura :

- composer le béton en fonction du résultat recherché,
- choisir le ciment et les adjuvants adaptés, ainsi que leurs dosages,
- garantir un bon maintien de la maniabilité (S3/S4), c'est-à-dire le temps pendant lequel le béton conserve sa plasticité ou son ouvrabilité (il reste maniable),
- assurer une absence totale de ressuage et de ségrégation (ennemis jurés du béton désactivé),
- s'engager sur la constance de la livraison, en termes de plasticité et d'homogénéité du mélange.



Aspects de surface d'un béton désactivé (au sol) et d'un béton bouchardé (marches).

Le matériel

Il devra être adapté à la qualité du travail recherché et, point important, à la sécurité sur chantier.

Règles, brouettes, lisseuses, pelles et truelles devront être en état et en quantité suffisante. Les équipements de protection individuelle (EPI) devront être portés par l'ensemble du personnel, notamment les gants, les lunettes, les chaussures de sécurité et de bons vêtements de pluie.

La qualité des appareils de pulvérisation est primordiale et ne doit pas faire l'objet de mesure d'économies ! Ils devront être agréés pour la pulvérisation de produits solvantés et inflammables si le désactivant l'est. On disposera toujours d'un appareil de secours neuf et de pièces de rechange : buses, lances, filtres, pompes, ... Le nettoyage des pulvérisateurs après usage ne devra pas conduire à des rejets à l'égout, notamment pour les

désactivants solvantés dont les déchets devront être confiés à des sociétés spécialisées. Autre préoccupation : il convient de vérifier le bon état du surpresseur à eau pour lequel toute panne risquera de prendre des allures de catastrophe !

La main d'œuvre

Elle devra impérativement avoir été formée à la mise en oeuvre des sols béton en général, à la sécurité et au respect de l'environnement.

Le personnel sera toujours en nombre suffisant pour assurer la mise en place d'un camion de béton (6 à 7 m³), son lissage et la pulvérisation du désactivant en moins de 1h30 à 2h, suivant les conditions de température.

La commande d'un mixo-pompe, d'un tapis ou d'une pompe à béton s'avèrera, dans bien des cas, indispensable. Il conviendra donc de l'anticiper, suivant la configuration et l'accessibilité des chantiers, ceci pour un plus grand confort du personnel et pour une réduction notable des temps de mise en oeuvre. ■

LES PRINCIPAUX FOURNISSEURS DE DÉSACTIVANTS EN FRANCE

Société	Axim	BASF Construction Chemical France	Chryso SA	Grace Produits de Construction	Sika (SA)	Soceco-Reckli
Adresse	Cimenterie Calcia 78931 Guerville	ZI Petite montagne Sud 10 rue des Cévennes 91017 Evry	19 Place de la résistance 92446 Issy les Moulineaux	ZA Les Foulletons 39140 Larnaud	84 rue Edouard Vaillant 93350 Le Bourget	40 Rue Lauriston 75016 Paris
Site internet	www.axim.fr	www.basf-cc.fr	www.chryso.com	www.fr.gracecon struction.com	www.sika.com	www.reckli.net
Téléphone	+33(0)130983636	+33(0)169475000	+33(0)141171819	+33(0)384484860	+33(0)149928000	+33(0)147274918
Adhérent SYNAD	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non

GAMMES DE DÉSACTIVANTS

Phase solvant	Nom commercial			Chryso Déco Sol	Pieri-VBA Classic		
	Nombre de grades			Deux	Quatre		
	Code couleur (du + faible au + fort)			Rose - Bleu	Bleu - Jaune - Gris - Orange		
Phase aqueuse	Nom commercial	Desacti-cim Aqua	Rhéomac-Deco 50	Chryso Deco Lav P 01 à 08	Pieri-VBA 2002	Sika Rugasol Decor Sika Rugasol Voirie	Reckli CR Type PV 01 à 300
	Nombre de grades	Un	Quatre	Huit	Quatre	Deux	Onze
	Code couleur (du + faible au + fort)	Blanc	Vert - Bleu - Rose - Gris	Rose (01) - Vert - Bleu - Orange - Pêche - Jaune - Violet - Rouge (08)	Vert - Bleu - Jaune - Gris	Bleu - Blanc	Turquoise (micro) - Bleu - Brun - Vert - Jaune - Rouge - Gris - Moutarde - Blanc - Orange - Violet (300)
Phase huile végétale	Nom commercial				Pieri-VBA Bio 2		
	Nombre de grades				Cinq		
	Code couleur (du + faible au + fort)				Vert - Bleu - Jaune - Rose - Gris		

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



Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) : la promenade en béton désactivé s'étire sur un kilomètre de long, avec du granulat roulé pour établir le lien avec l'eau.

Des bétons décoratifs innovants pour aménager les fronts de mer

Tout en tenant compte des fortes contraintes maritimes, les bétons décoratifs souvent innovants sont de plus en plus utilisés pour aménager les fronts de mer. À la fois esthétiques et durables, ils sont particulièrement appréciés. Trois réalisations récentes en témoignent : Veulettes-sur-Mer (Seine-Maritime) avec des bétons imprimés, désactivés, sablés et bouchardés ; Hossegor (Landes) avec du béton désactivé ; Berre-l'Étang (Bouches-du-Rhône) avec du béton sablé et désactivé.

VEULETTES-SUR-MER (SEINE-MARITIME)

Surnommée la "Perle du Pays de Caux", la commune de Veulettes-sur-Mer (330 habitants mais plus de 350 résidences secondaires) est une ancienne station balnéaire réputée pour sa plage en arc de cercle, la plus longue du département

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage :
Mairie de Veulettes-sur-Mer
Maitre d'œuvre : Cabinet Folius Ecopaysage, assisté de Iosis
Entreprise : Mineral Service
Fournisseur du béton :
Lafarge Bétons
Fournisseur du ciment :
Lafarge Ciments

de Seine-Maritime (près de 2 km) et fermée par des falaises comme à Etretat. Exposée aux fortes tempêtes de la Manche et aux projections de galets, la digue promenade en béton de 700 mètres était totalement délabrée. Il fallait donc la refaire.

Un financement de l'Europe et du Conseil général

"En recherchant un financement pour ce gros projet, j'ai appris que le Comité départemental du tourisme (CDT) du Conseil général disposait d'une somme du FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) destinée à développer le tourisme dans le département", explique Christian Legrand, le maire de la petite commune. "Nous avons donc lancé un

concours de conception, remporté par le cabinet Folius Ecopaysage qui avait déjà plusieurs références en bord de mer. Avec ce cabinet, nous avons pu très vite monter un dossier et obtenir 450 000 euros du CDT, ainsi qu'un soutien européen de 600 000 euros". Une somme complétée par 360 000 euros



Veulettes-sur-Mer : béton désactivé sablé et béton imprimé côte à côte.

d'emprunt communal et des fonds propres.

Assisté de Iosis, Folius Ecopaysage a conçu une digue en béton, seul matériau capable de résister aux fortes intempéries. Le garde-corps est constitué d'éléments en bois exotique grisé, des galets étant insérés à sa surface, ce qui permet de voir à travers, tout en protégeant la promenade.

Faire la preuve que le béton peut être beau

"Pour le revêtement, certains élus avaient encore une image négative du béton. Il fallait donc leur prouver que le béton peut être beau", explique Eric Germain, directeur de Folius Ecopaysage. "Nous avons donc voulu innover en proposant deux types de bétons décoratifs qui dialoguent avec la mer : l'un en désactivé, l'autre en imprimé. De couleur gris-bleu, le béton imprimé a un motif imitation bois et se trouve, à la fois, au droit des joints de dilatation et sur une surface de 280 m² en forme de vague. Le béton désactivé sablé de couleur jaune s'étend sur une surface de 1 860 m². Le tout sur une épaisseur de 8 cm"

Pour marquer les joints de dilatation existants, le maître d'œuvre a eu l'idée de faire des "planches" de béton imprimé de 33 cm de large qui sont coulées de part et d'autre des joints. De même couleur que les vagues, elles rythment la promenade tous les cinq mètres.

DU BÉTON BOUCHARDÉ POUR LA DESCENTE À BATEAUX

Pour poursuivre l'aménagement du bord de mer, Mineral Service vient de réaliser en béton bouchardé gris l'espace situé devant la descente à bateaux (1 960 m² sur 15 cm d'épaisseur). Une fois les joints réalisés, le béton a été coulé et lissé. Puis, après une dizaine de jours, il a été bouchardé, c'est-à-dire traité mécaniquement par martelage pour que les granulats apparaissent comme pour un béton désactivé. "Nous croyons beaucoup au développement de cette technique car elle est plus respectueuse de l'environnement", estime Olivier de Poulpiquet.



Veulettes-sur-Mer : les vagues délimitent le périmètre des terrasses.

Egalement en béton imprimé, les vagues, tout en animant la promenade, servent à délimiter le périmètre où les cafés-restaurants peuvent installer leurs terrasses pendant la saison.

Pour le béton désactivé, Folius Ecopaysage a souhaité s'inspirer de la couleur jaune très chaleureuse du sable de la plage et du limon des falaises. Mais, là encore, il a voulu innover en proposant autre chose que du classique béton désactivé : un béton désactivé sablé à l'aspect très légèrement granuleux qui rappelle un chemin stabilisé.

Une faisabilité technique très complexe

En partant du projet de Folius Ecopaysage, l'entreprise Mineral Service, chargée de la mise en œuvre, a alors fait valider par Lafarge la faisabilité technique du projet. Avec une problématique importante : la tenue du béton sur digue. C'est pourquoi, les bétons colorés dans la masse sont réalisés en béton de classe d'exposition XS3 (moins de 200 m du bord de mer) de la norme NF EN 206-1. "Le cahier des charges était très précis et, pour y répondre, on a beaucoup travaillé avec notre laboratoire et fait de nombreux essais pour trouver la teinte demandée et la formulation très spécifique des bétons fibrés", explique Stéphane Poulter, commercial chez Lafarge Bétons. "De plus, la plasticité des bétons était contrôlée au départ de la centrale, située à une trentaine de kilomètres, et à l'arrivée sur chantier car il fallait qu'elle soit identique quelle que soit la météo : le vent assèche et le sel agresse. Enfin, chaque toupie devait être très ponctuelle. D'où la nécessité d'avoir

un très fort partenariat avec Mineral Service".

Pour la très délicate mise en œuvre, l'expérience de Mineral Service a été déterminante. D'autant que cette entreprise, qui a récemment réalisé la magnifique promenade de bord de mer d'Etretat, aime particulièrement ce genre de défi qui impose un énorme travail, notamment au niveau du coffrage.

La première phase a concerné la pose de joints de dilatation sur les joints existants. Ce prolongement a été réalisé à l'aide de planches de bois d'azobés, arbres des forêts équatoriales, de 1,5 cm d'épaisseur sur lesquelles ont été collés des feutres pour reprendre les efforts liés à la dilatation. Puis, le béton a été coulé de chaque côté des joints. Et sur la surface fraîche, recouverte d'un durcisseur minéral coloré à base de quartz, le béton a été imprimé en pressant une planche qui laisse l'empreinte d'un dessin du bois, avec ses veines, ses nœuds...

Une réalisation récompensée par un prix

"Voir nos compagnons faire ce travail très original et minutieux était, en soi, un véritable spectacle", se rappelle Olivier de Poulpiquet, PDG de Mineral Service. Et d'ajouter : "Pour réaliser les arrondis en forme de vague, un coffrage souple en plastique a permis une très grande précision".

Une fois le béton imprimé réalisé et protégé par un film polyane, les espaces restants ont été remplis de béton sablé jaune. Pour obtenir son aspect final presque poudreux, il a été traité avec un désactivant sous phase aqueuse, Mineral Service n'utilisant plus de désactivants solvantés par respect pour l'environnement. Enfin, il a été lavé et protégé par une résine.

Et Olivier de Poulpiquet de conclure : "Cette réalisation était un vrai défi et a d'ailleurs été distinguée par un prix national. Pendant plus de six mois, Folius Ecopaysage, Mineral Service et Lafarge Bétons ont travaillé la main dans la main, avec une écoute réciproque et un grand respect du travail de chacun". Résultat : aucune différence entre la conception et le rendu final. Du beau travail.

HOSSEGOR (LANDES)

À Hossegor, commune de 3600 habitants, l'espace du Point d'Or, du nom de la résidence construite dans les années 1970, a récemment fait l'objet d'un réaménagement. Objectif : donner un coup de jeune à cet espace situé à proximité immédiate de la plage sud d'Hossegor.

De plus, la municipalité voulait profiter de ces travaux pour poursuivre la création d'une promenade (piétons et vélos) de 1 km située en bordure de l'Océan, un type d'aménagement encore rare dans les Landes. En effet, le Point d'Or est une partie importante de cette promenade qui se prolonge au sud sur 300 m et au nord sur 500 m. Sur la partie sud, il existait une piste en béton piéton/vélo de 1,5 m de large qui a été conservée pour les vélos et doublée pour les piétons par un cheminement de 3 m de large.

Un béton désactivé en harmonie avec le sable

Pour effectuer le réaménagement de cette large bande littorale, la mairie a opté pour un béton décoratif.

"Il y a quelques années, un architecte nous a fait découvrir ce type de béton. Et, depuis, la plupart des aménagements urbains comme les parkings ou les trottoirs sont réalisés avec un béton décoratif pour donner une unité à l'ensemble", informe Christophe Araspin, directeur des Services techniques de la municipalité.

Pour cet espace, l'architecte-paysagiste Paul Brichet de l'agence Arpage a donc proposé un béton désactivé de couleur ocre tranchant avec le vert des tamaris.

Pourquoi ce matériau ? Christophe Araspin s'explique : *"Pour cette esplanade d'environ 50 m de large sur 200 de long, il fallait un matériau qui s'intègre au paysage et rappelle la texture et la couleur du sable puisqu'on est en bordure immédiate de la plage. Un béton désactivé coloré, à base de ciment clair, correspondait parfaitement à cette demande"*.



Hossegor : en bordure immédiate de la plage, la promenade du Point d'Or a été réalisée avec un béton désactivé de couleur ocre, en parfaite harmonie avec le sable.

© J.P. Planthey

Un matériau qui répond à de nombreuses contraintes

Sur le plan technique, plusieurs raisons ont convaincu le maître d'ouvrage d'utiliser ce matériau. D'abord, le revêtement devait être "en dur" pour que les promeneurs, qui marchent souvent pieds nus, aient un maximum de confort. De plus, sous le soleil, un béton chauffe moins qu'un enrobé.

Autre raison : la facilité d'entretien et de maintenance du béton désactivé. En effet, de grandes quantités de sable sont déposées sur cet espace, soit par les promeneurs, soit par le vent. Or, avec ce matériau, le sable se confond avec la surface. Ce ne serait pas le cas avec un enrobé et il faudrait souvent faire appel aux balayeuses pour conserver cet espace propre. De plus, si les services techniques doivent refaire certaines parties détériorées, ces nouvelles pièces de béton se fondent dans l'existant, contrairement à un enrobé où toute intervention est visible.

Enfin, les granulats du béton désactivé devaient être apparents mais pas trop, afin de ne pas être glissants, ni gêner le confort de marche des piétons. Donc pas de concassés à grosse granulométrie qui font mal aux pieds, ni de roulés, style "mignonnettes", qui deviennent une véritable patinoire avec la pluie ou l'humidité.

Esthétique, solide, durable, facile d'entretien et de maintenance, agréable pour les promeneurs : toutes ces caractéristiques ont donc plaidé en faveur de ce matériau.

Un ciment clair adapté au bord de mer

Bien qu'ouverte à tous, l'esplanade est constituée en réalité d'une partie publique et d'une autre privée située au pied de la résidence. Depuis l'origine, cette dernière est revêtue de pavés autobloquants rouges en béton, que la copropriété n'a pas souhaité changer (certains trop abîmés sont régulièrement remplacés). Côté sud, un simple joint sépare ces pavés du nouveau béton désactivé tandis que, côté nord, il y a un emmarchement (en raison du dénivelé) pour accéder aux terrasses des commerces.

Tout le reste est en béton désactivé coulé sur une épaisseur de 10 cm (25 cm pour les espaces sur lesquels circulent les lourds engins qui se rendent sur la plage), soit 8000 m², dont près de 4000 pour l'esplanade du Point d'Or. Le granulat apparent, sorte de roulé/concassé avec une veine très spécifique, provient des Billaux, carrière située dans la région bordelaise. Et des planches d'essais d'environ 1 m² ont été réalisées pour trouver la couleur du ciment que la maîtrise d'ouvrage et la

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage :

Mairie d'Hossegor

Maîtrise d'œuvre : Cabinet Arpage

Entreprise : Soubestre SA

Fournisseur du béton :

Cemex Bétons Sud-Ouest

Fournisseur du ciment : Ciments Calcia



© J.P. Planthey

Hossegor : bien qu'ouverte à tous, l'esplanade est constituée d'une partie publique en béton désactivé et d'une autre privée revêtue de pavés autobloquants rouges et située au pied de la résidence du Point d'Or.

maîtrise d'œuvre voulaient entre les granulats.

"Pour arriver au résultat souhaité, on a fait un béton désactivé à base de ciment clair fourni par Calcia, les granulats lui donnant la couleur ocre", précise Paul Brichet. "En effet, en bord de mer, la mise en œuvre du béton désactivé est toujours très délicate, notamment en raison du vent. Même si le béton clair coûte un peu plus cher que le béton gris, ce choix est important pour le résultat final".

Utilisation du bois pour les joints de dilatation

Autre originalité de ce chantier : les joints de dilatation sont en bois sur toute l'épaisseur de la dalle. Outre un aspect esthétique, ce calepinage permet d'avoir un vrai joint de dilatation qui évite aux dalles de bouger. Matériau vivant, le bois épouse les mouvements du béton en fonction des conditions météo : quand il fait froid, il est humide et se gonfle ; quand le temps est sec, il se rétracte.



© J.P. Planthey

Hossegor : pour des raisons à la fois esthétiques et techniques, les joints de dilatation sont en bois sur toute l'épaisseur de la dalle.

Le béton a été réalisé dans la centrale d'Hossegor. Arrivés sur le chantier, les camions-malaxeurs approchaient au plus près du calepinage des planches de bois. Puis le béton était coulé avec des tapis roulants, tiré à la règle, taloché et pulvérisé avec un désactivant aqueux pour retarder la prise en surface. Enfin, après quatre heures en moyenne, il était lavé à haute pression pour faire apparaître les granulats.

"Chaque jour, il fallait terminer la surface située entre les quatre planches des joints de dilatation", se souvient Jean-François Laxague, conducteur de travaux chez Soubestre, l'entreprise qui a effectué la mise en œuvre. "Cet impératif était un peu contraignant. D'autant plus que le soir il fallait soigneusement clôturer la dalle fraîche pour éviter que les animaux, ou même les promeneurs, ne viennent marcher dessus".

Travailler en osmose : le secret de la réussite

Pour ce chantier, le plus délicat a été le phasage entre la réalisation des joints en bois, la livraison du béton et sa mise en œuvre dans les meilleures conditions. Et Stéphane Stévenin, chef des ventes Aquitaine Sud chez Cemex Bétons Sud-Ouest, de préciser : *"Pour le bétonnier, il est important d'avoir un grand savoir-faire : régularité dans la fabrication, très bon suivi du chantier, tant sur le plan commercial que technique. Sans oublier la gestion des caprices de la météo et certaines contraintes comme celles de laisser un passage pour les piétons, des accès pour les pompiers..."*. C'est ce travail en osmose entre les

différents intervenants qui a fait la réussite de ce chantier.

BERRE-L'ÉTANG (BOUCHES-DU-RHÔNE)

Pour qui connaît l'Océan, la Méditerranée et son absence de marée constituent une énigme pour le moins intrigante qui permet de dessiner des quais venant mourir à fleur d'eau.

Il en est ainsi à Berre-l'Étang, ville de 15 000 habitants posée au nord de l'étang qui porte son nom. Berre vivait en ignorant la présence de cette grande masse liquide, comme de nombreuses villes de France qui, au fil de l'urbanisation de l'après-guerre, ont oublié que les éléments naturels faisaient partie intégrante de l'urbain.

La ville retrouve, en ce XXI^e siècle, sa porte ouverte sur l'eau salée et bleue, agitée de courtes vagues sur lesquelles se reflètent les avions qui décollent de l'aéroport de Marignane, juste en face. Pour Serge Andréoni, sénateur-maire de la ville : *"Jusque dans les années 1950, la ville a compté environ 2 000 marins sur la base aéronavale d'hydravions, aujourd'hui disparue, mais qui demeure un élément important du patrimoine de notre ville".*

En rachetant peu à peu les terrains de cette base en bordure d'étang, à mesure que l'État relâchait son emprise sur le foncier, la commune a ainsi pu se rendre propriétaire du front de mer, tout en conservant un des hangars encore en bon état.

Reconquis patiemment, les terrains du bord de mer servaient, depuis plus d'une décennie, à l'organisation d'événements, mais la volonté de la municipalité était de rendre réellement cet espace aux habitants et d'ouvrir la ville sur le large, occulté pendant des décennies par le mur de la base aéronavale qui faisait office d'horizon.

Ouvrir la ville sur la mer

"Nous voulions véritablement rendre aux Berrois cet espace qui leur avait été confisqué par les propriétés de l'État. Lancer ce programme de réhabilitation des berges nous a permis de faire en sorte

que les habitants se réapproprient l'endroit et que la ville soit, de nouveau, ouverte sur la mer", poursuit Serge Andréoni.

Après trois ans de travaux, le front de mer présente aujourd'hui un tout autre aspect. Une vaste esplanade plantée de grands palmiers, agrémentée de mobilier urbain en béton, invite à flâner longuement les yeux perdus dans le bleu de la mer. Puis, de part et d'autre, une longue promenade en béton vient affleurer au ras des flots sur des centaines de mètres de long. Comme un trait élégant que les architectes auraient voulu poser le long de la berge pour en souligner la tension et la fragilité. Effet renforcé par la grande prairie arborée qui sépare la voie de circulation de la ville proprement dite.

Pour l'architecte Jean-Louis Knidel, de Agence APS Paysagistes à Valence (Drôme), responsable de la maîtrise d'œuvre : "À l'exception du petit port, il n'y avait pas de lien entre la ville et l'étang, celle-ci ayant été éloignée du plan d'eau par la construction et l'utilisation de la base aéronavale. Nous avons donc dessiné le projet d'un grand parc naturel urbain littoral de 40 hectares qui, non seulement, ouvrait de nouveau la perspective et reliait la ville et l'étang, mais rendait aussi accessible l'ensemble du parcours longitudinal constitué par la berge. Pour mettre cet espace très important en ordre, nous avons développé un projet très gradué dans ses intentions, qui va du très urbain, la ville, à des espaces plus proches de la nature et donc moins équipés. Tout en nous



Berre-l'Étang : à gauche, du béton désactivé avec des granulats roulés sur le quai-promenade piétons. À droite, du béton balayé pour le parcours cyclable dans le parc.

appuyant sur la structure existante, avec cette promenade qui va de l'esplanade jusqu'au petit port".

Granulats noirs et billes de verre vertes

Plusieurs types de bétons, tous dosés à 330 kg de ciment, ont été mis en œuvre dans cet aménagement : un béton désactivé sur la promenade, avec des granulats 12/20 roulés de la Durance, un béton sablé sur l'esplanade, avec des granulats concassés 6/14 et un béton balayé sur les cheminements piétonniers avec des granulats semi-concassés 12/20. Le béton le plus surprenant est, sans nul doute, le béton des bandes structurantes de l'esplanade, celles qui marquent les ruptures entre les différents matériaux qui la composent. Très sombre, le béton désactivé laisse ainsi apparaître des granulats noirs,

mais offre au regard des billes de verre vertes, créant un semblant d'irisation sous la caresse du soleil.

"Compte tenu de la nature du lieu et de l'environnement, nous avons retenu des granulats calcaires en cohérence avec la géographie et nous avons plutôt joué sur la granulométrie. Nous avons ainsi conçu le béton désactivé de la promenade qui s'étire sur un kilomètre de long, avec du granulat roulé pour établir le lien avec l'eau. Pour nous, le béton est une évidence. Il nous sert parce qu'il élargit la palette à laquelle nous pouvons avoir recours. En premier lieu, nous nous attachons toujours à ce que les matériaux que nous utilisons soient en harmonie avec le site, avec la lumière. Le béton est un matériau assez magique pour l'architecte-paysagiste, grâce à sa facilité de mise en œuvre puisque c'est, au départ, un assemblage de petits matériaux. Et les différences de traitement permettent de développer de grandes surfaces, comme sur l'esplanade par exemple où on l'associe avec d'autres composants", conclut Jean-Louis Knidel. Développés sur 10 000 m² à Berre-l'Étang, les bétons de voirie font, de nouveau, la preuve de leur pertinence entre, notamment, le tout urbain et le tout naturel. ■



Berre-l'Étang : les bandes structurantes du béton sont composées de granulats noirs et de billes de verre vertes.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage :
Mairie de Berre-l'Étang

Maître d'œuvre : Agence APS Paysagistes

Mise en œuvre et fournisseur des bétons : entreprise Sols

Fournisseur du ciment : Lafarge Ciments



Remue-méninges

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

Soirée dansante

50 personnes assistent à une soirée dansante. Combien d'hommes participent à cette soirée, sachant que Martine a dansé avec 15 hommes, Annie avec 16 hommes, Sophie avec 17 hommes, et ainsi de suite jusqu'à Sylvie qui a dansé avec tous les hommes présents à la soirée ?

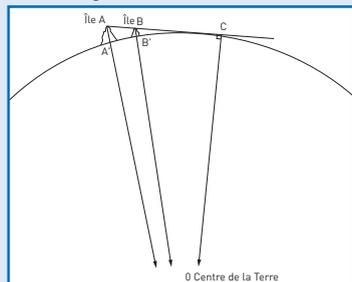


Solution du Remue-méninges de Routes N°113 : évaluation du rayon terrestre

Rappel du problème posé : deux montagnes, culminant à 1200 m et 2000 m d'altitude respectivement, sont situées sur deux îles voisines. La distance séparant leurs sommets est de 36 km. En outre, si du sommet de la plus haute, on vise le sommet de la plus petite, la ligne de visée rencontre exactement la ligne d'horizon.

À partir de ces données, calculer une valeur approchée du rayon de la Terre (planète que l'on suppose sphérique).

Solution : soient O : le centre de la Terre ; R : le rayon de la Terre ; A : le sommet de la grande île ; A' : la projection de A sur la surface de la Terre. Les points A, A' et O sont donc alignés ; B : le sommet de la petite île ; B' : la projection de B sur la surface de la Terre. Les points B, B' et O sont donc alignés.



Rappel des données du problème : AA' = 2000 m - BB' = 1200 m - AB = 36 km, soit 36 000 m. La ligne de visée AB rencontre la ligne d'horizon au point C. On a donc : A, B et C alignés, et la droite

AC tangente au cercle terrestre. D'où : AC perpendiculaire à CO. Pour calculer une valeur approchée du rayon terrestre, on considère les deux triangles ACO et BCO. ACO est un triangle rectangle en C. D'après Pythagore, on a donc :

$$AO^2 = AC^2 + CO^2$$

$$(R + AA')^2 = AC^2 + R^2$$

$$AC^2 = (R + AA')^2 - R^2$$

$$AC^2 = [R(1 + AA'/R)]^2 - R^2$$

$$AC^2 = R^2[1 + AA'/R]^2 - R^2$$

Or, AA' est très petit par rapport à R. Le rapport AA'/R est donc infiniment petit. On peut faire l'approximation suivante :

$$(1 + AA'/R)^2 \approx 1 + 2 \cdot AA'/R \quad \text{D'où :}$$

$$AC^2 = R^2[1 + 2 \cdot AA'/R] - R^2$$

$$AC^2 = R^2 + 2 \cdot AA' \cdot R - R^2$$

$$AC^2 = 2 \cdot AA' \cdot R$$

$$AC = (2 \cdot AA' \cdot R)^{1/2} \quad (1)$$

De la même façon, on peut effectuer les mêmes calculs avec le triangle BCO qui est rectangle en C.

$$BC = (2 \cdot BB' \cdot R)^{1/2} \quad (2)$$

Or, A, B et C sont alignés. On peut donc écrire : AC = AB + BC
Donc AB = AC - BC (3)

Les équations (1), (2) et (3) donnent :

$$AB = (2 \cdot AA' \cdot R)^{1/2} - (2 \cdot BB' \cdot R)^{1/2} \quad (4)$$

On élève au carré les deux membres de l'équation (4) :

$$AB^2 = 2 \cdot AA' \cdot R + 2 \cdot BB' \cdot R - 2 \cdot (2 \cdot AA' \cdot R)^{1/2} \cdot (2 \cdot BB' \cdot R)^{1/2}$$

$$AB^2 = 2 \cdot R[AA' + BB' - 2[AA' \cdot BB']^{1/2}]$$

$$R = AB^2 / 2[AA' + BB' - 2[AA' \cdot BB']^{1/2}] \quad (5)$$

On connaît les valeurs de AB = 36 000 m, AA' = 2000 m et BB' = 1200 m.

L'équation (5) donne par application numérique :

$$R = 6\,384\,103 \text{ m soit } 6\,384 \text{ km}$$



Gros plan

Bordures et caniveaux en béton certifient leur engagement pour le développement durable



Depuis octobre 2010, les bordures et caniveaux préfabriqués en béton disposent d'une certification volontaire NF FDES certifiée, démarche novatrice dans le cadre de la marque NF qui se fonde sur l'analyse de la conformité à la FDES vérifiée et publiée.

Les FDES (Fiches de Données Environnementales et Sanitaires), seuls outils pertinents d'information des caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction, sont réalisées selon le cadre défini par la norme NF P 01-010 "Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction", méthode scientifique d'Analyse du Cycle de Vie (ACV).

Cette certification complémentaire à la marque NF garantit l'aptitude à l'emploi des produits de voirie en béton, en s'assurant que le fabricant maîtrise les impacts environnementaux et sanitaires de ses produits, encourageant une démarche d'amélioration continue des paramètres de fabrication et la réalisation de projets d'aménagement durables.

Pour en savoir plus : www.cerib.com

Vient de paraître

Etude comparative en technique routière

RETRAITEMENT DES CHAUSSEES EN PLACE VS

RENFORCEMENT

Méthode graphique de comparaison économique et environnementale

Référence : T31

Ce document est téléchargeable gratuitement auprès de Cimbéton sur le site www.infociments.fr



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