

# Routes

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



## DOCUMENTATION TECHNIQUE

Le développement  
durable

## LE POINT SUR

L'Indre et le Loir-et-Cher :  
le béton dans  
les lotissements

## CHANTIER

Grand Lyon : tramway  
et béton désactivé

### 2 EDITORIAL

### 3-5 LE POINT SUR



**L'Indre et le Loir-et-Cher**  
Le béton dans les lotissements  
et les zones d'activité

### 6 SCIENCES ET TECHNIQUES



Les cristaux

### 7-14 DOCUMENTATION TECHNIQUE



Le développement durable

### 15-17 CHANTIER



**Pernay-La Membrolle :**  
Une voirie écologique

### 18-19 CHANTIER



**Grand Lyon (Saint-Priest) :**  
Le béton désactivé, signature  
du tramway

### 20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : le tramway de  
Saint-Priest dont la deuxième ligne  
sera terminée en décembre 2003.

# Un numéro placé sous le signe de la durabilité

**F**aut-il invoquer le hasard, la providence ou une facétie de mon inconscient ? Où que vous vous reportiez dans ce numéro de la revue *Routes*, le propos tenu, qui se veut particulièrement pédagogique ce trimestre, vous conduira, par des chemins directs ou de traverse, à considérer notre avenir avec un oeil nouveau.

Suite logique de notre volonté de rapprocher du terrain la rubrique *Le point sur*, nous inaugurons la première monographie thématique, consacrée aux zones d'activités et aux lotissements. Elle illustre la problématique du développement d'un canton particulièrement dynamique qui dispose d'un antidote efficace contre l'exode rural et la difficulté d'attirer les entreprises. On l'apprendra à la lecture de ce dossier, le béton a aussi des arguments pour fixer la population et les acteurs économiques, et concourir, à sa modeste mesure, à l'avenir de la société grâce à des aménagements durables n'obérant pas les ressources de la collectivité.

Mais nul n'est prophète en son pays. Ainsi, même la sacro-sainte économie doit aujourd'hui, comme un convive prié de laisser de la place autour de la table du banquet, concéder une partie de ses prérogatives à deux nouveaux entrants : l'environnement et le social.

À eux trois, ils forment la trilogie du développement durable, concept que nous devons apprendre à manier pour assurer, tant que faire se peut, l'avenir des générations futures. L'importance du sujet a justifié d'y consacrer l'intégralité de la *Documentation technique*.

La sauvegarde de l'environnement allant de pair avec la préservation des ressources, présenter une opération de retraitement de chaussée en place dans nos pages *Chantier* tombait à point nommé. Comme, du reste, l'extension du tramway de Lyon à Saint Priest, pour mettre l'accent sur la nécessité du développement des transports collectifs, en vue de limiter les impacts écologiques et sociaux de la civilisation du tout automobile, à laquelle nous devons résolument tourner le dos.

Enfin, les cristaux, évoqués dans la rubrique *Sciences et Techniques*, sont l'une des multiples richesses offertes par notre planète et qu'il nous appartient de préserver.

Dans ce numéro, vous verrez comment l'Industrie cimentière met tout en œuvre pour contribuer au développement durable.

Bonne lecture à tous !

**Joseph ABDO**

**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](mailto:centrinfo@cimbeton.net)  
Site Internet : [www.infociments.fr](http://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 *Sciences et techniques* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Romualda Holak, Jacques Mandorla, Gilles Nielsen - Documentation technique : Joseph Abdo et Gilles Nielsen - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : [mandorla@club-internet.fr](mailto:mandorla@club-internet.fr) - Conception maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2003 - ISSN 1161 - 2053 1994



La ZA des Vigneaux permet à la municipalité de Chabris d'offrir une infrastructure de qualité aux entreprises.

# Le béton dans les lotissements et les zones d'activité

À la limite de l'Indre et du Loir-et-Cher, le béton réalise une percée remarquable dans les lotissements et les zones d'activités. Ce matériau, qui s'impose grâce à sa résistance et sa pérennité, bouscule aussi les idées reçues en termes de coûts. Témoignages.

Ces dernières années, l'accélération des fermetures et des délocalisations de sites de production a semé l'inquiétude dans plusieurs bassins d'emplois : Moulinex, Lu, Alsthom, Valeo, Bull, Alcatel, Toyota... Et, tout récemment, l'annonce de l'arrêt de l'activité de l'usine Matra à Romorantin, où Renault fabrique l'Avantime, compromet l'avenir de 900 salariés. Pour les villes de province dont l'économie repose quasi-exclusivement sur un ou deux industriels, ces événements sont dramatiques. Dans un contexte de lutte contre l'exode rural et le vieillissement de la population, l'aptitude des communes à attirer de nouvelles entreprises est donc capitale. Mais encore

faut-il tout mettre en œuvre pour les accueillir.

L'exemple de la municipalité de Chabris dans l'Indre, située en bordure du Cher, entre Romorantin au nord (15 km) et Châteauroux au sud (50 km) est révélateur d'une vraie stratégie. Cette petite ville de 2 500 habitants a su attirer une bonne quinzaine d'entreprises en l'espace de dix années, dont quelques leaders français dans le domaine du packaging agroalimentaire, de l'aéronautique et du traitement de surface. Au total, plus de 700 emplois ont été ainsi créés, profitant à l'ensemble de la région. "Nous sommes un des rares cantons ruraux du département à maintenir notre population, alors que partout

ailleurs, elle a chuté de 10 % depuis le dernier recensement" se félicite le maire Serge Pinault, également conseiller général, président de la communauté de communes du pays de Bazelle et du Pays de Boischaud Nord.

## ■ A l'écoute des entreprises

Les raisons de ce succès : une capacité d'écoute et un pragmatisme alliés à une grande souplesse et à une réactivité hors norme : "Un industriel était venu nous trouver un 20 novembre à 18 heures : quatre heures plus tard, il avait pris sa décision et, le 15 février, le bâtiment était achevé et la production commençait" aime



**Serge Pinault**

Conseiller général, président de la communauté de communes du pays de Bazelle et du Pays de Boischaud Nord.

« Grâce à sa durabilité, le béton nous épargne de nombreuses réparations ! »

à raconter Serge Pinault, évoquant le dossier monté très rapidement. En outre, la ville met à la disposition des acteurs économiques des infrastructures de qualité. *“Les besoins sont très variables d’une entreprise à l’autre, ajoute Jacques Reeb, géomètre et gérant du bureau d’études BIA, évoquant la conception des zones d’activités. Préparer des lots à l’avance n’est pas très judicieux : mieux vaut organiser les parcelles et la voirie au fur et à mesure des implantations, et même se laisser la possibilité d’en modifier le tracé”.* Serge Pinault reconnaît volontiers qu’il a *“la chance de travailler avec des concepteurs qui savent facilement s’adapter”.*

Une faculté qui se traduit aussi par une attirance pour les solutions en dehors des sentiers battus, *“plus valorisantes pour le maître d’œuvre car elles sortent du cadre des habitudes et des automatismes”.* Ainsi, au milieu des années 80, Jacques Reeb commence à s’intéresser aux atouts des chaussées en béton sur les structures souples dans le domaine des zones d’activités, ainsi que des lotissements dont les problématiques se recourent. *“Nous avons fait un premier essai sur le lotissement des Moulins à Chabris, qui donne encore entière satisfaction 17 ans plus tard, assure le concepteur. Nous avons ensuite réalisé, avec la même technique, la première tranche de la zone d’activité Les Vigneaux, jusqu’à la dernière en date, en décembre 2001”.*

## ■ Résistance et pérennité

Les raisons ? La résistance du béton, qui lui permet de cumuler les fonctions de voirie provisoire, supportant sans bron-



Lotissement des Moulins (Chabris) : la clarté de la voirie béton limite les coûts d’éclairage.

cher le trafic d’engins et de poids lourds pendant la phase de construction des bâtiments (manœuvres, poinçonnement et efforts de giration) et de la voirie définitive. Sans compter des cas extrêmes comme celui de la ZA Les Vigneaux où, sans le béton, la production du dernier industriel installé n’aurait pas pu commencer à temps : les terres argileuses, gorgées d’eau en hiver, n’auraient pas pu supporter les allées et venues des poids lourds. *“Si l’on avait opté pour la solution traditionnelle, il aurait fallu financer deux voiries successives, sans compter les nécessaires campagnes d’entretien tous les dix ans, précise le géomètre. Aujourd’hui, les élus adoptent une vision à plus long terme en prenant en considération les dépenses à l’échelle de plusieurs mandats”.* Conséquence : en matière de lotissements et de zones industrielles, le concepteur est convaincu que le béton s’impose comme la solution la plus conforme à l’intérêt public.

## ■ Une solution qui convainc

*“La voirie est le poste qui pèse le plus sur les dépenses publiques, poursuit Jacques Reeb. Quand on annonce une durée de vie de 20 ou 30 ans, les élus sont extrêmement intéressés et sont de plus en plus nombreux à essayer la solution du béton”.* D’ailleurs, la typologie des communes qui font ce pari est révélatrice : exceptée la communauté de communes du



Lotissement Les Turlus (La Vernelle) : le béton, sobre et résistant, donne entière satisfaction aux habitants depuis 1986.

pays de Bazelle qui profite des retombées de la taxe professionnelle de Chabris, les villes qui choisissent le béton disposent de peu de ressources. Comme en témoigne l’exemple du lotissement Les Turlus réalisé à la Vernelle, commune de seulement 600 habitants. Après une première tranche en 1986, la municipalité a poursuivi avec la technique béton pour une seconde tranche en 2002.

Bilan : sur le canton de Saint Christophe-en-Bazelle, Jacques Reeb constate une pénétration du béton sur les 2/3 des opérations de ce type. *“Il suffit qu’une équipe municipale observe le comportement de la chaussée béton dans l’année qui suit, pour opter systématiquement pour ce type de structure”.* Exemple le plus significatif : la ZA Port Marseille à Varennes-sous-Fouzon, qui supporte depuis 8 années le trafic de grumiers, n’a demandé aucun entretien malgré le niveau de sollicitation et l’accu-



Lotissement Les Erables (Gièvres) : un aménagement qualitatif à base de béton balayé et de pavés béton au niveau des réseaux.

mulation des débris de bois et d'écorces sur la chaussée. *“Dans tous les cas, nous optons pour une dalle en béton balayé de 18 cm, associée à une assise de 40 cm de grave isolée par un géotextile pour bien se prémunir des remontées d'eau”* précise Jacques Reeb.

### ■ Lotissements : le béton, argument de vente

Pour les lotissements, en revanche, l'épaisseur de la dalle béton est abaissée à 16 cm, du fait du niveau de sollicitation moindre. Si la résistance et la pérennité sont des critères décisifs, la clarté du matériau est également un atout : *“La réverbération de la lumière nous a permis de supprimer un luminaire sur quatre, ce qui génère des économies”* souligne Jacques Reeb, citant l'exemple du lotissement des Moulins à Chabris et celui de l'Erable à Gièvres, dans le département voisin du Loir-et-Cher. De plus, la clarté du matériau est un élément appréciable en hiver, par temps gris. *“Sur la présentation des lotissements diffusée par l'agence des notaires à Chabris, la présence de la chaussée béton est mentionnée au même titre que d'autres arguments de vente”*, ajoute le concepteur. *“Les résidents sont attachés à la durabilité et à la sécurité, précise Serge Pinault. Les quelques fissures visibles n'ont aucune conséquence, contrairement aux nids-de-poule qui, en s'agrandissant progressivement, risquent de causer la chute d'un enfant à vélo”*.

### ■ Doublement compétitive

Economique sur le long terme, à cause de l'absence de réparations, la chaussée béton l'est aussi en coût immédiat. *“Par le passé, nous constatons un écart de 10 % en défaveur du béton, reprend Jacques Reeb. Mais ces dernières années, du fait de l'effort des entreprises, le coût de la solution, à structure équivalente, est devenu identique, voire même inférieur. Qui plus est, la technique est aujourd'hui maîtrisée par les intervenants, même si je préfère faire appel à des spécialistes du dallage industriel qui ont une grande exigence dans la finition et le traitement des points de détail. Ce type de chaussée ne peut donc que se développer dans la région”*. ●



Varennes-sous-Fouzon (ZA Port Marseille) : la résistance du béton est un atout pour les zones d'activités très sollicitées, comme cette aire de transformation des grumes.

### ■ QUELQUES RÉFÉRENCES

- CHABRIS : Lotissement des Moulins, 1986, béton balayé (2 000 m<sup>2</sup>)
- CHABRIS : ZA les Vigneaux, 1986-2001, béton balayé (6 000 m<sup>2</sup>)
- FONTGUENAND : ZA Chamberlain, béton balayé (1 500 m<sup>2</sup>)
- GIÈVRES : Lotissement de l'Erable, 2003, béton balayé et pavés béton (2 500 m<sup>2</sup>)
- LA VERNELLE : Lotissement les Turlus, 1986 et 2002, béton balayé (1 500 m<sup>2</sup>)
- LEVROUX : Lotissement Le Bois Maussant, béton balayé (1 200 m<sup>2</sup>)
- LYE : lotissement Le Peu, 2003 (1 700 m<sup>2</sup>)
- VALENCAY : ZA de la Grange, 2002, béton balayé (1 100 m<sup>2</sup>)
- VARENNES SOUS FOUZON : ZA Port Marseille, béton balayé (1 000 m<sup>2</sup>)



Jacques Reeb  
Géomètre et gérant du bureau d'études BIA.

“ Les municipalités sont de plus en plus sensibles aux atouts du béton. ”

## Les cristaux (1<sup>ère</sup> partie)

Il est courant de penser que les cristaux sont ces jolies pierres de différentes couleurs, généralement transparentes et de belle forme régulière, que l'on rencontre rarement dans la nature. En réalité, les cristaux abondent : on les trouve littéralement partout. Presque tous les matériaux, dont nous nous servons pour construire nos maisons et nos machines ainsi que les produits que nous employons couramment, sont des cristaux.

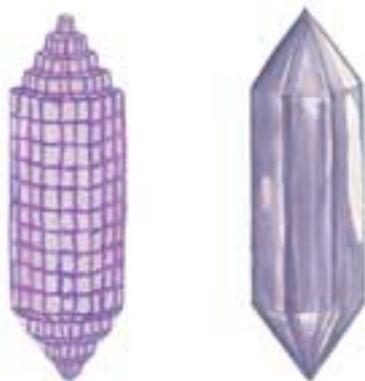
### ■ Qu'est ce qu'un cristal ?

Nous reconnaissons immédiatement un cristal à sa forme régulière : faces planes et arêtes droites en sont les principales caractéristiques. Il s'agit le plus souvent de polyèdres aux faces parfaitement planes et aux arêtes bien droites. Rien de plus beau que les mille jeux de la lumière sur leurs facettes ou l'étonnante régularité de leur structure. Mais, il y a aussi de modestes cristaux de sel gemme (du chlorure de sodium naturel), c'est-à-dire du sel de cuisine ordinaire. On les trouve sous forme de parallélépipèdes droits ou de cubes. Quant aux cristaux de calcite (carbonate de calcium), ils se présentent sous la forme simple de parallélépipèdes obliques transparents. Ceux du quartz sont beaucoup plus complexes : chaque petit cristal présente de multiples facettes aux formes différentes, se coupant suivant des arêtes de différentes longueurs.

### ■ Pourquoi on ne le voit pas

Parce que la nature nous offre rarement des corps présentés sous la forme de cristaux distincts (ou monocristaux). Le plus souvent, les différentes substances se présentent sous la forme de grains cristallins solidement amalgamés et de très petites dimensions, inférieurs à un millièème de millimètre. Le microscope seul permet de voir une telle structure. Les corps ainsi composés de grains cristallins sont appelés polycristallins. Il est évident que ceux-ci doivent aussi être considérés comme des cristaux. Nous voyons alors que presque tous les solides qui nous entourent sont des cristaux. Le sable, le granit, le cuivre, le fer, la peinture et la pâte du ciment durcie sont des cristaux.

Bien entendu, il y a des exceptions : ni le verre ni les matières plastiques ne se composent de cristaux. Des solides de ce genre sont dits amorphes. Étudier les cristaux revient donc à étudier presque tous les



corps qui nous entourent. C'est dire combien une telle étude est importante.

### ■ La structure d'un cristal

Pourquoi la forme d'un cristal est-elle si parfaite, si régulière ? Ses faces brillantes, unies, paraissent avoir été travaillées par quelque habile polisseur et ses différentes parties se répètent en donnant une belle figure symétrique. L'exceptionnelle régularité des cristaux était déjà connue dans l'Antiquité. Mais, à l'époque, ce qu'on en savait différait peu des légendes imaginées par les poètes fascinés par la beauté de ces formations. On croyait, par exemple, que le cristal de glace se formait effectivement à partir de la glace, et le diamant à partir du cristal. Les cristaux se voyaient attribués une multitude de propriétés mystérieuses : remèdes contre les maladies, antidotes des poisons, influences sur les destinées humaines, etc. C'est aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles qu'apparaissent les premières approches scientifiques sur la nature des cristaux. Les savants de cette époque considéraient le cristal comme étant formé de minuscules briquettes étroitement solidaires les unes des autres. Ce point de vue est assez naturel. En effet, si l'on assène un fort coup de marteau sur un cristal de calcite, il se brise en menus morceaux de différentes tailles. En les examinant attentivement, on constate que ces morceaux gardent une

forme régulière, tout à fait semblable à celle du grand cristal qui les a produits. Et l'on est tenté de déduire que toute réduction ultérieure du cristal doit probablement se faire de la même manière, jusqu'à parvenir à l'ultime briquette, invisible à l'œil nu, qui représente le cristal de la matière en question. Ces briquettes sont si petites que les gradins qu'elles constituent et qui forment la face du cristal, nous paraissent parfaitement lisses. Mais si nous voulons aller encore plus loin, que pouvons-nous dire de cette ultime briquette ? Voici une question à laquelle le savant de cette époque n'avait pas de réponse.

En tout état de cause, la théorie des briquettes s'est montrée très fructueuse pour la science. Elle a expliqué notamment l'origine des arêtes et des faces rectilignes du cristal : lorsque le cristal croît, de nouvelles briquettes viennent flanquer les autres, la face pousse à la manière du mur de parpaings posé par le maçon. Donc, la réponse à l'origine de la perfection et de la beauté de la forme des cristaux était connue depuis longtemps. Elle tient à la régularité interne, laquelle tient à la répétition multiple de parties élémentaires identiques.

De nos jours, les fameuses briquettes sont devenues des atomes. Le cristal, à l'instar de tous les corps, se compose donc d'atomes. Supposons que nous soyons à même d'examiner à l'aide d'un microscope de puissance exceptionnelle la surface d'un cristal de sel de cuisine et de discerner les centres des atomes. Nous nous apercevrons alors que ces atomes sont disposés le long de la face du cristal, à la façon du motif d'un papier peint. Nous comprenons aisément que la structure du cristal est identique à celle d'un papier peint à trois dimensions. Un cristal se compose donc d'un groupe d'atomes se répétant dans l'espace. Voilà pourquoi nous disons que les atomes d'un cristal forment un réseau spatial (ou cristallin). ●

Suite dans le prochain numéro.

## Le développement durable

Dégradation de l'environnement, surexploitation des ressources, accentuation des inégalités, tensions sociales... les conséquences du "tout économique" aggravées par la mondialisation interpellent les nations industrialisées dans leur mode de pensée et de fonctionnement.

Le développement durable permet de répondre aux multiples défis auxquels nous devons faire face en intégrant, dans le processus de décision, les composantes environnementales et sociales. À leur niveau, les filières du ciment et du béton peuvent accompagner cette nécessaire révolution.



La Terre est-elle la seule planète habitable dans notre galaxie ? Mais jusqu'à quand ? L'homme doit donc agir pour cesser de mettre en péril ses équilibres naturels.

Longtemps cantonné à un cercle de spécialistes, le concept de développement durable est aujourd'hui manié par une population de plus en plus large : citoyens, salariés, chefs d'entreprise, élus... À tel point que le président Jacques Chirac lui-même a affiché son intérêt pour cette nouvelle approche, qui greffe au développement économique des impératifs environnementaux et sociaux. En témoignent le nouvel intitulé du Ministère de l'environnement (rebaptisé Ministère de l'écologie et du développement durable), un discours remarqué du chef de l'Etat au Sommet de Johannesburg en août 2002, et l'organisation par le gouvernement de la Semaine du développement durable du 2 au 8 juin dernier. Avec, comme point d'orgue, l'adoption de la stratégie nationale en ce domaine, pour les cinq années à venir, par le pre-

mier Comité interministériel pour le développement durable. Pourtant, cette notion est bien antérieure à la campagne de médiatisation dont elle fait l'objet en France depuis l'an dernier. Propagé par le rapport "Notre avenir à tous", rédigé en 1987 par Gro Harlem Brundtland, de la Commission des Nations unies sur l'environnement et le développement, ce concept a vu le jour à partir de 1970, décennie pendant laquelle s'est affirmée la préoccupation écologique, avec la création du Programme des Nations unies pour l'Environnement, suite au sommet de Stockholm en 1972. Mais ce n'est qu'en 1980 que l'expression *sustainable development* a été proposée pour la première fois par l'Union internationale pour la conservation de la nature. Aujourd'hui, la définition que l'on en retient principalement reste celle du rapport Brundtland : "Le développe-

*ment durable est un mode de développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.*"

Bref : loin d'être un effet de mode, le développement durable est un concept aujourd'hui perçu par les acteurs et les nations responsables comme une nécessité, même si l'ensemble des outils et des méthodes pour le mettre en œuvre est loin d'être finalisé et appliqué. Si la période Rio-Kyoto a été marquée par la naissance d'une prise de conscience partagée au niveau mondial, il est probable qu'une décennie soit à présent nécessaire pour que nos sociétés commencent à intégrer dans leurs rouages cette nouvelle approche et en tirent les premiers bénéfices en terme de préservation de l'environnement et des ressources naturelles ainsi que d'amélioration du climat social (apaisement des tensions et réduction des inégalités).

## ■ Pas d'avenir sans développement durable

Pour les entreprises respectueuses de ces valeurs, la conséquence tangible sera l'assurance de revenus sur le long terme. Car celles qui refusent cette orientation seront condamnées à disparaître à plus ou moins longue échéance sous la pression de réglementations de plus en plus contraignantes, des différentes parties prenantes que sont les syndicats, associations, collectivités locales, mais aussi des marchés. Peu à peu, en effet, des critères environnementaux

### ■ UN AUTRE MODE DE PENSÉE

Le développement durable est un nouveau mode de pensée qui implique l'ensemble de la société. Il s'appuie sur différents principes :

- **solidarité dans le temps** : les politiques conçues et mises en œuvre aujourd'hui doivent préserver les capacités des générations futures à assurer leur propre développement
- **solidarité dans l'espace** : la lutte contre la pauvreté et l'exclusion, au Sud comme au Nord, et l'instauration d'échanges internationaux équitables sont deux composantes essentielles du développement durable.
- **responsabilité** : être solidaire des générations futures, de ses concitoyens, des populations du monde, c'est engager sa responsabilité dans toute prise de décision. Ce qui conduit à concevoir les modes de production et de consommation et à analyser les investissements pour réduire les impacts économiques, environnementaux et sociaux
- **gouvernance** : le développement durable introduit la nécessité d'une concertation avec les citoyens, les groupes sociaux, les entreprises.
- **ancrage territorial** : à l'image du précepte *Think global, act local*, le développement durable doit aussi être mis en œuvre à l'échelle locale. Les Agendas 21 locaux et les écosites répondent à cet objectif.

et sociaux s'ajoutent aux indicateurs purement économiques, et guident les investisseurs dans le choix de leurs placements financiers. Le développement des fonds éthiques témoigne de cette évolution : il sera de plus en plus rentable d'investir dans un groupe pratiquant avec ses fournisseurs un commerce équitable que dans une multinationale exploitant une main d'œuvre d'enfants dans ses usines.

Si la sanction des marchés préoccupe les groupes internationaux et peut suffire à elle seule à motiver la mise en œuvre d'une stratégie de développement durable, limiter les bienfaits d'une telle politique à ses retombées purement économiques serait réducteur. Aujourd'hui les nations responsables n'envisagent pas d'autre approche que celle du développement durable pour tenter de remédier aux grands maux qui altèrent les équilibres écologiques de la planète au point de risquer de la rendre inhabitable pour de nombreuses espèces, à commencer par l'être humain. Il en est de même pour l'aggravation des écarts de niveau de vie entre les pays du Nord et les pays du Sud, et des tensions sociales qui en découlent.

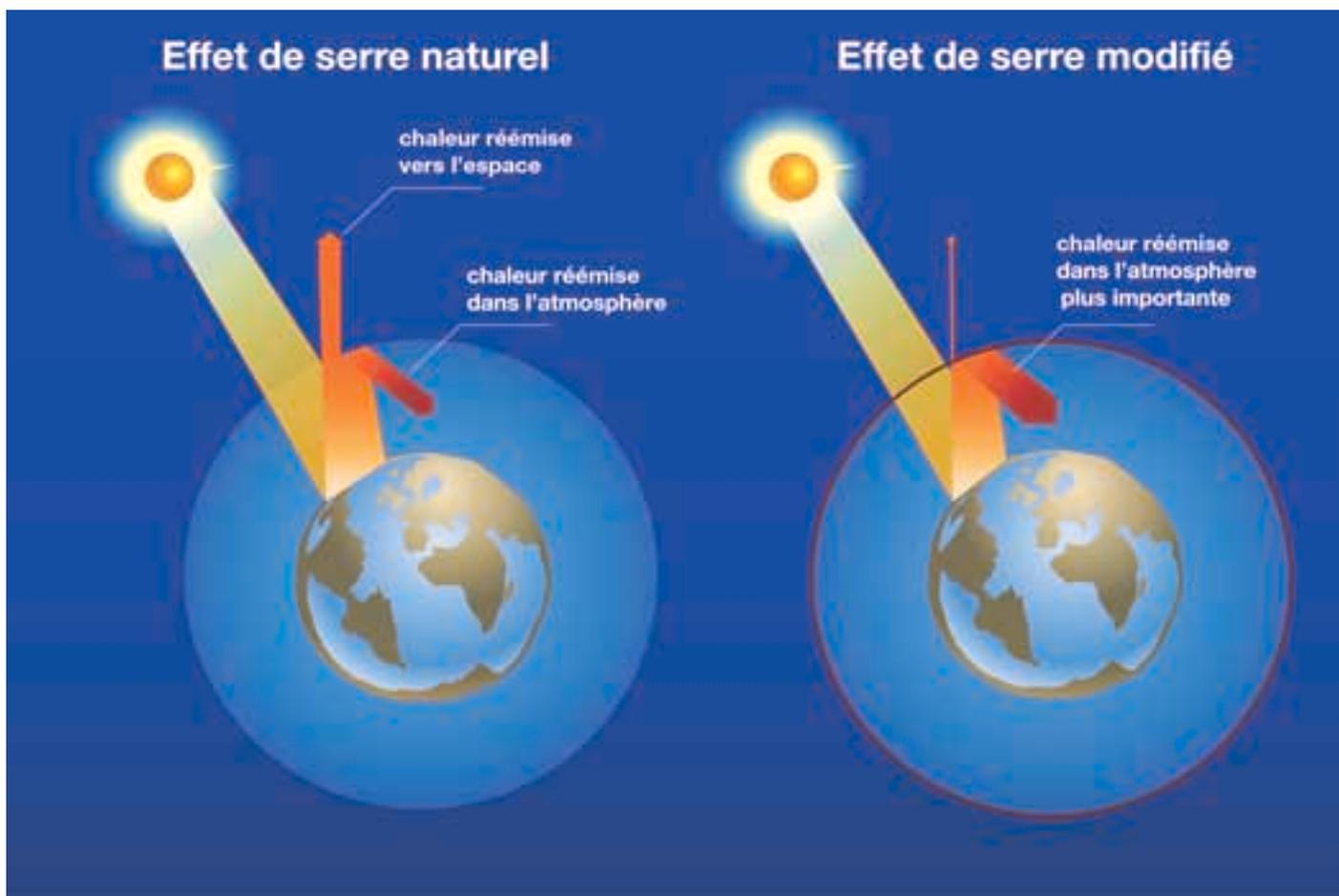
## ■ Atteinte à la vie et à notre environnement

Schématiquement, on peut retenir que les inégalités économiques entre les nations développées et les plus pauvres sont à l'origine plus ou moins directement de famines, de conflits et de guerres, et contribuent à chasser de leur terres de nombreux ruraux venant grossir des agglomérations déjà surchargées et leurs bidonvilles, phénomène source d'insécurité, de vandalisme ou de trafics en tout genre. Combiné à l'explosion de la démographie, ce mécanisme, alimenté par la frustration et le désespoir des populations concernées, ne peut que conduire au chaos. Ce qu'aucune politique sécuritaire – avec son contrôle de l'immigration et sa lutte contre le terrorisme – ne pourra maîtriser sans remonter à la source des problèmes.

“ La pauvreté est la plus grande source de pollution. ”

Indira Gandhi (1917-1984)

Sur le plan de l'environnement, la situation est tout aussi alarmante. On cite volontiers la déforestation des forêts primaires ainsi que la pollution de l'air et des eaux (nappes phréatiques, océans). Mais qui sait que, chaque année, suite à de mauvaises pratiques d'irrigation, 10 millions d'hectares sont perdus à cause de la salinisation ? Quant à l'atteinte à la biodiversité, on estime entre 50 et 200 le nombre d'espèces qui disparaissent, chaque jour, sur un total de 10 à 100 millions, dont seulement 1,75 million sont identifiées. Autre menace, la disparition de l'indispensable couche d'ozone qui nous protège du rayonnement UV. Elle semble aujourd'hui stabilisée depuis l'interdiction de certains aérosols et fluides frigorigènes... À présent, le problème majeur qui mobilise les nations depuis l'adoption du protocole de Kyoto en décembre 1997 est le réchauffement climatique.



Les rejets causés par les activités humaines ont augmenté très sensiblement la concentration des gaz à effet de serre.

### ■ Une priorité : maîtriser l'effet de serre

La température moyenne sur Terre résulte de l'équilibre entre le rayonnement venant du soleil et le rayonnement infrarouge réfléchi vers l'espace, dont une partie est piégée par les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Sans eux, la température serait de - 18 °C au lieu de + 15 °C.

Or, depuis l'ère préindustrielle, les rejets causés par les activités humaines (combustion du charbon, du pétrole, du gaz...) ont augmenté très sensiblement leur concentration : les effets combinés de tous les gaz à effet de serre équivalent aujourd'hui à une augmentation de 50 % de gaz carbonique depuis cette période <sup>(1)</sup>.

Selon les estimations et les scénarios de poursuite des émissions, le réchauffement pourrait être de 1,4 à 5,8 °C et le niveau de la mer monter de 9 à 90 cm (plus sûrement du fait d'une dilatation thermique de l'eau que de la fonte des glaces), provoquant l'immersion de certaines zones côtières (la Camargue et les rivages à lagunes du Languedoc en France), les deltas étant les plus exposés.

(1) Les gaz responsables de l'effet de serre sont le gaz carbonique, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone troposphérique, les CFC et HCFC également responsables de l'attaque de la couche d'ozone, ainsi que leurs substituts : HFC, PFC et SF6.

### ■ Multiplication des accidents météorologiques

Certains scientifiques évoquent même des chiffres plus alarmistes (+10 à +14 °C) si le méthane gelé, présent sous forme d'hydrates en très grande quantité au fond des océans (3000 fois la quantité présente dans l'atmosphère), venait à être libéré du fait d'une modification de la température des mers de seulement 1 à 2 °C, un chiffre compatible avec les simulations actuelles. Une telle déstabilisation pourrait causer également d'immenses glissements sous-marins entraînant des tsunamis très importants qui affecteraient les populations riveraines.

Quelle que soit son amplitude, le réchauffement climatique devrait accroître la fréquence et la violence des accidents météorologiques (tempêtes, cyclones, orages, crues, inondations) dont certains observateurs affirment déjà ressentir les effets, à l'image notamment de la tempête de 1999. L'allongement des périodes de chaleur aurait aussi pour conséquence l'extension des maladies infectieuses transmises par les insectes et l'augmentation dans les villes de la mortalité et des affections cardiorespiratoires. La carte de la production agricole serait également bouleversée du fait de la modification du climat. Avec des perdants, mais aussi des gagnants : si elle exploitait convenablement les sols libérés des rigueurs climatiques, la Sibérie pourrait devenir un producteur de céréales de premier plan, devançant même les États-Unis.

## ■ Une population en expansion sur un espace fini

Comment l'homme en est-il arrivé, par son développement au cours des siècles, à mettre en péril son propre avenir et celui des autres espèces ? La domestication de la nature, l'artificialisation des milieux naturels et le prélèvement des ressources naturelles ont atteint une telle intensité que la planète ne peut tout simplement plus se régénérer et le supporter - même le pétrole est une ressource renouvelable, mais à l'échelle de plusieurs millions d'années - car la Terre est un espace fini <sup>[2]</sup>.

Cette prise de conscience est relativement récente, avec l'explosion de la démographie, même si les famines, les guerres et les épidémies régulent un tant soit peu la croissance de la population. Aujourd'hui estimée à 6,3 milliards d'habitants (contre 3 milliards en 1960), elle devrait atteindre 9 à 13 milliards en 2050 selon les différentes projections des Nations unies.

“ Le développement économique et social est le meilleur contraceptif. ”

Délégation algérienne à la première Conférence mondiale sur la population (Bucarest, 1974).

Il est donc plus qu'urgent de modifier nos comportements et nos modes de pensée, y compris en matière de natalité, si nous voulons que nos descendants puissent espérer disposer d'un environnement favorable à leur survie.

[2] Se reporter à l'ouvrage "Voici le temps du monde fini" d'Albert Jacquard (Editions du Seuil)

## ■ Relativiser la liberté

La clé de voûte du nécessaire revirement du mode de vie des nations industrialisées, qui bien que ne représentant que 20 % de la population consomment 80 % des ressources mondiales, est la remise en cause du principe de liberté absolu qui régit le comportement de l'homme. C'est au nom de ce principe que notre civilisation s'est développée en construisant plus d'infrastructures et en défrichant pour développer des exploitations agricoles et des pâturages pour l'élevage, mais au prix d'une pression croissante sur les milieux naturels et les autres espèces. L'homme qui, jusqu'à présent, a cherché à maîtriser - et parfois même asservir - ses semblables et la nature, doit aujourd'hui apprendre à relativiser sa liberté, en comprenant qu'elle est limitée par celle des autres. Le respect de cette limite permettrait, par exemple, de maîtriser les tensions sociales, notamment en milieu urbain où la densité de population est plus élevée.

Ce principe de liberté régit aussi les échanges économiques. Au nom du libre-échange mondialisé, bénéfique car il stimule la compétition et l'innovation, les acteurs économiques induisent aussi des situations de concurrence insupportable dans les régions qui ne peuvent rivaliser : que pèsent les pratiques de culture vivrière de certains pays d'Afrique face aux productions subventionnées des géants nord-américains de l'agroalimentaire et des biotechnologies ?

Pour autant, le développement durable ne nie pas le progrès, bien au contraire. L'humanité a besoin de développement, mais celui-ci doit être accompagné d'une conscience

## ■ LUTTE CONTRE L'IMPERMÉABILISATION DES SOLS

L'urbanisation et l'édification de grands équipements soustraient, chaque année dans le monde, des dizaines de milliers d'hectares de sols à leurs fonctions drainantes. De plus, le surpâturage, la mécanisation de l'agriculture comme l'abus de la monoculture provoquent le tassement des sols, pratiques qui favorisent le ruissellement de l'eau en surface, au détriment de l'infiltration. La conséquence de ces différentes causes d'imperméabilisation est une



aggravation des risques d'inondation, mais aussi d'érosion. Pour faire face à ces risques, l'industrie du béton, en réponse aux préconisations de la loi sur l'eau, a développé des bétons drainants, utilisés soit en couche de roulement ou, concept novateur, en chaussée réservoir (utilisable en voirie ou parking). Cette solution de stockage temporaire des eaux pluviales réduit les risques d'inondations. De plus, elle évite la saturation du réseau et des équipements d'assainissement, et donc les pics de pollution des cours d'eau en aval. La forte porosité de ces bétons (20 % minimum) permet d'absorber de forts débits instantanés, souvent très fortement chargés en métaux lourds. Au lieu de

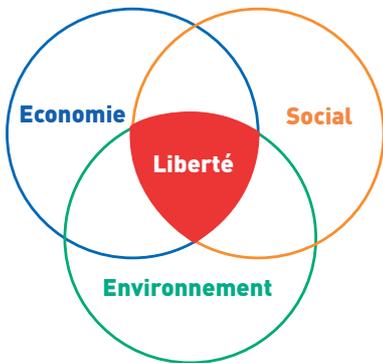


dispenser de façon incontrôlée les pollutions, les chaussées réservoir en béton poreux les recueillent et les canalisent vers des ouvrages adaptés, à un débit maîtrisé, pour un traitement ultérieur.

collective quant aux impacts sur l'environnement et la sphère sociale qu'ils engendrent, afin de les minimiser.

### ■ Trois composantes interdépendantes

Au stade actuel, la mise en œuvre d'une politique de développe-



ment durable se limite souvent à traiter, de façon isolée, les trois composantes économie-social-environnement. Mais quand on joue sur un paramètre en ignorant les autres, on peut arriver à des effets contraires aux objectifs recherchés.

Par exemple, les efforts réalisés par l'industrie automobile pour abaisser les émissions et la consommation des moteurs se sont soldés... par une augmentation de la pollution ! Les raisons ? Un recours de plus en plus systématique à la voiture, encouragé par un prix de revient kilométrique inférieur du fait des économies de carburant. La solution aurait été d'accompagner ces progrès technologiques par une sensibilisation et une information des usagers pour contribuer eux aussi à l'objectif commun en utilisant moins leurs véhicules. Les effets auraient alors été cumulés.

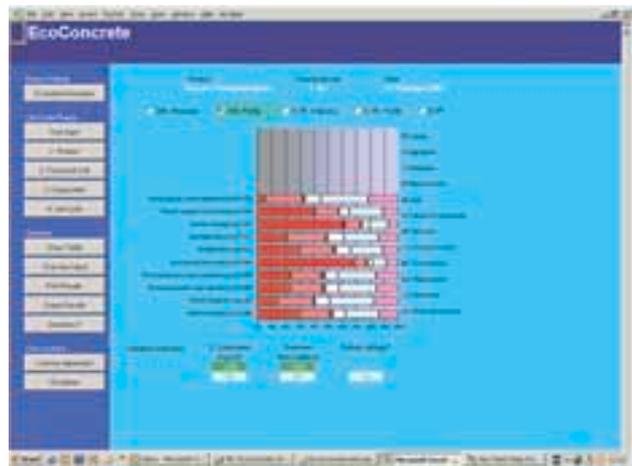
Un parallèle avec la théorie de la relativité d'Albert Einstein met en perspective cette approche. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, Newton a défini un espace de coordonnées absolues (x, y, z et t pour le temps), absolument dissociées. La révolution introduite par Einstein a été de montrer que ce postulat n'était pas général car le temps et l'espace, étant non pas absolus mais relatifs, sont en outre liés par c la vitesse de la lumière dans l'équation  $x = ct$ . Conséquence, à chaque fois que l'on influe sur le temps, on influe aussi sur l'espace. C'est un peu la même chose avec les trois composantes du développement durable, excepté qu'elles ne sont pas liées par la vitesse de la lumière, mais par la liberté de la personne.

C'est pourquoi, il ne peut y avoir de développement durable sans une éducation qui relativise la liberté individuelle. L'objectif est que l'individu devienne collectivement responsable, en apprenant à tenir compte de l'intérêt collectif dans ses choix individuels. L'avènement d'une société responsable, ayant pris conscience des limites de sa liberté est un enjeu de taille. Mais ses effets seraient plus que significatifs puisque irriguant tous les champs d'activité, à travers les comportements et les choix de consommation notamment.

### ■ Les infrastructures routières

La route est un moyen de communication nécessaire au développement, dont les projets de construction font l'objet d'une enquête publique pour que les riverains et associations puissent intervenir sur la définition. Ce mécanisme est à rapprocher du principe de gouvernance souvent évoqué en matière de

### ■ ANALYSE DU CYCLE DE VIE



Grâce aux logiciels d'analyse du cycle de vie, il est aujourd'hui possible d'optimiser la conception d'un produit ou d'un ouvrage en fonction d'indicateurs environnementaux. Pour disposer de données fiables sur les impacts du matériau béton, les fédérations européennes des industries concernées (ciment, béton, granulats, adjuvants...) se sont regroupées autour du projet *EcoConcrete*, afin de constituer une base de données et de mettre à la disposition des industriels un logiciel d'analyse du cycle de vie offrant un "arbre de décision" permettant d'intervenir à différents niveaux : exploitation minière, transport, production, site de construction, maintenance, recyclage et mise au rebut. Cet outil simule les impacts de différents types d'ouvrages (dalle, poutre, revêtement routier...), depuis leur fabrication jusqu'à leur fin de vie (recyclage ou élimination) : raréfaction des matières premières, consommation d'eau, effet de serre, attaque de la couche d'ozone, acidification du milieu, pollution de l'air...



Piste cyclable : le béton accompagne le développement des modes de transports alternatifs.



Tramway de Strasbourg : la technique béton facilite l'intégration des moyens de transport collectif.



Des aménagements de qualité contribuent au bien-être des usagers et sont un facteur d'apaisement des tensions en milieu urbain.

développement durable, afin que le citoyen soit davantage impliqué dans les processus de décision, ce qui suppose l'adoption d'une culture de la transparence à tous les échelons de la société. Par ailleurs, une route nécessite des matériaux. Pour faire face à l'augmentation du trafic, les ingénieurs dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle ont diminué la granulométrie et utilisé des liants, soit du bitume pour faire des graves-bitume, soit du ciment pour faire des graves-ciment ou du béton. Cette évolution technologique a permis, en liant les agrégats, d'augmenter la résistance aux charges tout en améliorant le confort de la chaussée, par comparaison aux voies pavées, utilisées depuis l'époque gallo-romaine.

Mais construire une route suppose de mobiliser sur des kilomètres, et sur une épaisseur pouvant atteindre un mètre, un volume considérable de granulats. Ainsi, en France, pour entretenir et étendre le réseau routier, 200 millions de tonnes de granulats sont puisées dans les ressources naturelles, soit un volume de 100 millions de m<sup>3</sup> par an. Rapporté à une période de 10 ans, le volume prélevé totalise un cube d'un kilomètre de côté, avec des impacts importants sur le milieu naturel : perturbation ou disparition des écosystèmes des rivières dans lesquelles sont dragués les matériaux (ballastières), extension des carrières à ciel ouvert... Qui plus est, beaucoup de maîtres d'œuvre et d'entreprises sont confrontés à des pénuries de granulats consécutives à la surexploitation des ressources.

## ■ Mettre à profit les matériaux en place

La réponse de l'industrie cimentière à cette problématique relève du bon sens. Au lieu d'exploiter des matériaux, au prix de nombreux impacts environnementaux et des nuisances générées par leur transport (pollutions, bruit, risque d'accidents, dégradation du réseau routier...), l'approche proposée est d'exploiter le gisement constitué par les matériaux présents naturellement sur le site. Grâce à la technique du traitement à la chaux et au ciment, il est possible de stabiliser argiles, limons, sables, marnes, chailles... Cette technique est de plus en plus utilisée pour les terrassements, mais aussi pour la réalisation des chaussées elle-mêmes, moyennant en complément la mise en œuvre d'une couche de roulement assurant l'étanchéité de la structure.



La technique du traitement à la chaux et au ciment est de plus en plus utilisée pour les terrassements, mais aussi pour la réalisation des chaussées elle-mêmes.

L'approche du développement durable peut aussi s'appliquer à l'entretien de chaussées existantes. Plutôt que de fraiser et d'évacuer les matériaux en décharge, pour introduire des matériaux neufs, mieux vaut mettre à profit le gisement propre de la route. Là aussi, la technique du retraitement au ciment est parfaitement valable. Le seul matériau apporté est le liant, d'où un impact bien moindre sur l'environnement.



Le retraitement du sol en place au moyen de liants hydrauliques routiers épargne les ressources en granulats et supprime les nuisances dues à leur transport.

## ■ Le béton : économe en matériaux

Quand l'option du traitement en place n'est pas envisageable, le choix de la technique béton apporte, lui aussi, une réponse en accord avec le principe de préservation des ressources : contrairement à une chaussée classique, le béton permet de réaliser, à résistance équivalente, une structure généralement moins épaisse, économisant les granulats, et avec une consommation moindre d'énergie (coulage à froid, absence de compactage). Mais surtout, grâce à sa pérennité, une chaussée en béton ne nécessitera pas d'entretien pendant plusieurs dizaines d'années si elle a été correctement dimensionnée et réalisée. Là aussi, l'absence de prélèvement supplémentaire de ressources, pendant la vie de l'ouvrage, s'inscrit pleinement dans une logique de développement durable.

Il n'en demeure pas moins que la route, en traversant des paysages, exerce une pression énorme sur la faune et la flore, de par la barrière parfois infranchissable qu'elle constitue, mais aussi des rejets de métaux lourds, des débris en tout genre (pneus, plastiques...) et autres polluants engendrés par le trafic des automobiles et des poids lourds. Grâce aux ouvrages en béton sur autoroute, on assure la circulation des animaux au moyen de buses ou de passages adaptés et grâce aux ouvrages hydrauliques en béton, les concepteurs peuvent protéger l'environnement en canalisant les eaux de ruissellement polluées (caniveaux, cunettes...), puis en les filtrant (bassins de décantation) avant de les rejeter, en accord avec les exigences de la loi sur l'eau.

## ■ Un matériau inerte

À ce titre, l'utilisation de glissières en béton armé est également préférable à celle de glissières métalliques dont le traitement de protection par galvanisation est à l'origine de rejets importants de zinc dans les cours d'eau. Cela met en lumière une qualité essentielle du béton : sa stabilité chimique. Ce matériau inerte, ne dégageant aucun gaz à effet de serre ou composé toxique, y compris en cas d'incendie, ne peut être à l'origine d'aucune pollution. Et en fin de vie, le



Le béton peut même être formulé à partir du sable présent localement, comme sur cette route expérimentale en béton de sable, à la dune du Pyla (Landes).



Les ouvrages hydrauliques en béton permettent de respecter la loi sur l'eau et son obligation de recueillir puis de filtrer les eaux de ruissellement avant de les rejeter dans l'environnement.

béton peut être recyclé en agrégats qui entreront dans la composition de sous-couches routières, voire de nouveaux bétons. Au final, l'usage de la route se révèle plus impactant que sa construction elle-même, malgré les protections déployées le long du tracé (équipements hydrauliques et murs anti-bruit qui font souvent appel au béton). Cela réaffirme la nécessité d'un développement de la conscience individuelle pour "raisonner" les déplacements.

## ■ Cimenterie : des impacts minimisés

Produit industriellement à partir de ressources naturelles abondantes, l'argile (80 %) et le calcaire (20 %) cuits dans un four à très haute température (1 450 °C), le ciment nécessite beaucoup d'énergie pour sa fabrication. Pour minimiser les émissions de gaz à effet de serre, les cimentiers ont été parmi les premiers à mettre en œuvre, au niveau national, un engagement volontaire de réductions d'émissions, et poursuivent leur action à travers l'AERES (Association d'Entreprises pour la Réduction de l'Effet de Serre) fondée en octobre 2002. <sup>(3)</sup>

Pour y parvenir, les gestionnaires de sites recourent de plus en plus massivement à des combustibles de substitution, déchets d'autres industries qui auraient été éliminés de toute façon sans être valorisés : pneus, huiles usagées, solvants, matières plastiques, cartons, boues d'épuration, farines animales... Moyennant des adaptations très coûteuses, comme les filtres disposés sur les cheminées retenant les poussières et les polluants résiduels qui n'auraient pas été éliminés par la chaleur du four. L'efficacité énergétique des installations a également été améliorée (dispositif d'injection des combustibles plus performants, systèmes de régulation améliorant le rendement de la cuisson, préchauffage des matières premières avec les gaz de combustion).

Une autre contribution à un développement durable, et en particulier son volet social, est la mise en place au niveau des

(3) Pour la période 1990-2000, les cimentiers se sont engagés à réduire de 10 % les émissions de CO<sub>2</sub> à la tonne de ciment et de 25 % les émissions totales de CO<sub>2</sub> liées à la consommation de combustibles fossiles. Cet objectif a été largement dépassé : plus de 20 % pour le premier objectif et environ 40 % pour le second.

© Photothèque Holcim



Les sociétés cimentières mettent tout en œuvre pour limiter les nuisances liées à l'extraction des matières premières.

cimenteries de commissions de concertation avec les riverains, les élus, les associations, pour répondre aux interrogations, recueillir les requêtes et trouver des solutions pour y remédier. L'exemple de l'abandon d'un mode d'extraction à l'aide d'explosifs au profit d'un procédé mécanique moins bruyant est significatif. Ces structures de concertation sont devenues indispensables pour accompagner, le mieux possible et dans la transparence vis-à-vis des populations, les projets d'extension ainsi que de réhabilitation paysagère d'anciennes carrières. Ces dossiers gagnent en pertinence avec l'intervention d'associations spécialistes de la faune et de la flore. L'information du public et la concertation avec les riverains sur les choix industriels illustrent la politique de transparence des cimentiers.

## ■ Des centrales BPE au diapason

Moins étendues que les cimenteries, les centrales de Béton Prêt à l'Emploi n'en sont pas moins soumises aux mêmes contraintes. Ces installations sont de plus en plus souvent installées dans des hangars afin de limiter les nuisances sonores pour le voisinage et améliorer l'insertion dans le paysage, objectif qui motive parfois la plantation d'arbres. Sur le plan de la maîtrise des rejets, les centrales BPE s'inscrivent pleinement dans une logique "zéro déchet". Les excédents de béton frais sont récupérés pour extraire les granulats qui, après lavage, pourront resservir ultérieurement, comme les eaux chargées en laitance, recueillies et réinjectées dans le process comme apport de fines.



Insonorisation, traitement paysager, maîtrise des rejets et recyclage des matériaux sont une réalité pour les centrales BPE.

Sur le plan énergétique, l'atout du béton est son mode de fabrication à froid, par simple mélange des constituants de base. Cela se traduit par une consommation électrique limitée et l'absence d'émissions directes de gaz à effet de serre et de tout autre composé non sans impact sur la santé et l'environnement.

Ce tableau serait incomplet si l'on omettait de souligner l'excellente couverture du territoire français par les centrales BPE. Grâce à la densité de ce maillage, l'impact du transport est limité. Le ciment est acheminé en priorité par voie fluviale ou ferroviaire, et le béton prêt à l'emploi est disponible en tout point à moins d'une heure de route. Cette présence au plus près des besoins se double d'un recours privilégié à une main d'œuvre locale et constitue l'une des composantes de la contribution sociale de l'industrie du béton.

## ■ L'amorce d'une révolution ?

Ce rapide tour d'horizon des enjeux du développement durable et des contributions de l'industrie cimentière à sa mise en œuvre ne saurait être exhaustif, et nous ne manquerons pas de revenir plus en détail sur certains des aspects présentés, avec l'avancement des réflexions et des outils d'analyse. Pour l'heure, il faut retenir que ce concept doit être approprié par le plus grand nombre afin d'en obtenir le maximum d'effets bénéfiques, en relativisant notre liberté individuelle face à l'intérêt immédiat de la communauté et dans le futur : est-il exagéré de parler d'une révolution des modes de pensée ? ●

**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](mailto:centrinfo@cimbeton.net) Site Internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)



Pernay-La Membrolle : malaxeur en action sur ce chantier novateur de retraitement d'une chaussée en place.

# Une voirie écologique

Pour échapper au cercle vicieux des reprises ponctuelles sur une voirie rurale instable, plusieurs municipalités ont opté pour le retraitement en place. Une solution d'avenir qui épargne les ressources et de nombreuses nuisances aux collectivités.

Les petites municipalités dont les ressources sont limitées parviennent difficilement à entretenir convenablement leurs voiries communales. Nids de poules, effondrements, fissurations, déformations... les pathologies sont nombreuses, surtout en zone rurale où le réseau supporte le trafic d'engins agricoles. "Nous sommes pris dans un cercle vicieux, explique Claude Cormery, maire de Pernay, petite ville de près de 900 habitants d'Indre-et-Loire, près de Tours. Comme nous ne pouvons pas mobiliser des crédits suffisants pour réaliser des travaux de fond, nous nous limitons à des interventions ponctuelles de purge".

## Des travaux sans fin

Mais ce remède n'est que provisoire, surtout dans cette région : l'instabilité des sols, due à leur nature argileuse et combinée à une humidité relativement forte, oblige la municipalité à revenir année après année.

"Cela n'est pas satisfaisant, reprend l' élu. Cet entretien du réseau par petites touches accroît l'hétérogénéité des chaussées et finit par nous coûter bien plus cher".

Moralité : l'appui de la région ou du département est nécessaire pour pouvoir envisager et financer des solutions plus radicales, comme la réfection totale des structures. Ainsi, pour réhabiliter les 10 km d'une route reliant Pernay à la Membrolle-sur-Choisille, les communes se sont tournées vers le Conseil Général. Fédérées par la communauté de communes de Gâtine et Choisses, maître d'ouvrage, les cinq collectivités concernées par le projet (la Membrolle-sur-Choisille, Fondettes, Saint-Roch, Charentilly et Pernay) ont lancé un appel d'offres. Mais la solution proposée, une reprise totale par l'apport de 40 cm de diorite complétée par un enduit bicouche, atteignait un million d'euros. Un montant trop important pour le département qui a refusé en 2001 de subventionner l'opération.

## Une alternative avantageuse

"L'entreprise nous a alors proposé une alternative : le retraitement de la chaussée et du sol en place. Une première dans la région, reprend Claude Cormery. Le retraitement est plus avantageux car il évite l'achat et le transport des granulats acheminés sur chantier ainsi que la mise en

### LE CHANTIER EN BREF

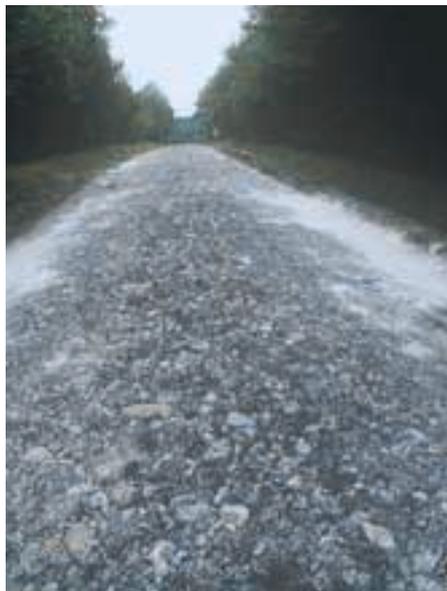
- **Lieu** : voirie communale entre Pernay et la Membrolle-sur-Choisille (Indre-et-Loire)
- **Projet** : réhabiliter une voirie très endommagée
- **Contraintes** : réaliser un ouvrage pérenne
- **Solution** : retraitement de la chaussée en place à la chaux et au ciment
- **Linéaire de voirie réalisé** : 4,2 km, soit 16 700 m<sup>2</sup> (première tranche)

décharge des matériaux extraits du site” résume Laurent Kopp, directeur du laboratoire de l’entreprise BSTP (Beauce Sologne Travaux Publics).

Autre avantage, et non des moindres, à l’heure de la raréfaction des ressources naturelles et de la nécessité de promouvoir un développement durable : la valorisation des matériaux de chaussée en place préserve les carrières et les gravières. De plus, elle permet de limiter l’impact des transports routiers : bruit, pollution, usure du réseau routier, risques d’accidents de la route...

## ■ Valoriser les matériaux de chaussée en place

Le principe de cette technique consiste à apporter, aux matériaux présents sur le site, la résistance qui leur manque par l’ajout de liants routiers. Objectif : constituer une assise pérenne et homogène, les matériaux étant “brassés” par un pulvi-mixeur ou malaxeur, qui recevra une couche de roulement (enduit bicouche). Couramment employée pour le terrassement des chantiers routiers, autoroutiers ou des plateformes industrielles, cette solution n’est que trop rarement utilisée sur ce type de voirie secondaire, très peu structurée, résultat d’apports successifs de graves au cours des années et recouverte d’un tapis d’enrobés. “Nous avons profité de l’opération pour élargir la chaussée à 4 m ou 4,30 m, avec des zones de 6 m de large sur des longueurs de 10 m pour permettre le croisement d’engins agricoles” souligne Laurent Kopp.



Certaines zones très argileuses ont dû être corrigées avec des granulats.



À de nombreux endroits, l’ancienne chaussée était particulièrement endommagée.



La chaussée existante est déroctée par ripage avec un bulldozer.

Engagés à la mi-septembre 2002, les travaux de la première tranche (4,2 km) ont nécessité des études préalables et des sondages réalisés par le LRPC de Blois. “Leur nombre était insuffisant, analyse Roland Rouziès, responsable de la subdivision de

## ■ PROTECTION À L’EAU INDISPENSABLE

L’eau est l’ennemie de toutes les chaussées. Les structures traitées à la chaux et au ciment n’échappent pas à la règle. “La couche de roulement, qui assure l’étanchéité, joue un rôle capital dans la pérennité de l’ouvrage, souligne Claude Cormery. Elle doit donc adhérer parfaitement à l’assise et présenter une résistance suffisante pour éviter toute infiltration, qui se solderait par des désordres structurels. Un autre point à ne pas négliger est la mise hors d’eau : des fossés suffisamment profonds sont nécessaires pour écarter les risques de remontées par capillarité dans la structure”.

## ■ PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maîtrise d’ouvrage :** Communauté de communes de Gâtine et Choisilles
- **Maîtrise d’œuvre :** DDE d’Indre-et-Loire, subdivision de Neuillé Pont-Pierre
- **Entreprise :** BSTP
- **Etudes et sondages :** LRPC de Blois
- **Fournisseurs des liants :** Calcia (liant routier hydraulique) et Lhoist (chaux)

l’équipement de Neuillé Pont-Pierre, maître d’œuvre. Nous avons découvert la présence de deux zones riches en silex lors des travaux”. Des purges ont donc été nécessaires pour que l’engin, un malaxeur Caterpillar SM-350 développant près de 500 chevaux, puisse opérer sans être bloqué ni endommagé. “Le rotor de la machine ne supporte pas les agrégats de granulométrie supérieure à 200 mm” précise Laurent Kopp, évoquant la nécessité d’une fragmentation préalable des matériaux durs lors du déroctage de l’ancienne chaussée.

## ■ Traitement à la chaux et au ciment

La portance de l’ancienne structure de chaussée avant traitement était si faible (EV2 compris entre 10 et 40 MPa) qu’un porteur de liant venu effectuer une livraison y a laissé des ornières de 3 à 10 cm. Après traitement, cette valeur a été portée à plus de 80 MPa en moyenne (50 MPa au minimum) lors de la pré-réception par essais à la plaque à 7 jours. Le mode opé-



Passage du malaxeur et de la niveleuse après épandage de la chaux et du liant routier à base de ciment.

ratoire, défini par le laboratoire de l'entreprise, comprend une phase d'épandage de chaux (Pouzzocal S2 de Lhoist) puis une autre de liant hydraulique routier (Ligex 111 M10 de Calcia) suivies chacune d'un malaxage. "Un traitement uniquement à la chaux ne permet pas d'obtenir les résistances nécessaires à la structure, qui plus est pour des sols humides, souligne Laurent Kopp. L'association avec le ciment est indispensable pour permettre aux matériaux retraités d'atteindre les performances souhaitées".

Le dosage initialement prévu dans l'étude de faisabilité était de 1 % de chaux et 7 % de liant routier, ce dernier étant ensuite abaissé à 4 %. "Une faible teneur en liants limite le retrait et donc les risques de remontées de fissuration", commente le responsable.

### ■ Un temps d'intervention divisé par trois

Séduits par la technique, les élus et les riverains ont également apprécié la rapidité de l'intervention: la durée du chantier a, en

effet, été divisée par trois (7 semaines seulement au total) par rapport aux solutions classiques, 2 000 m<sup>2</sup> étant réalisés par jour au lieu de 600. "Cette technique est surtout beaucoup moins lourde pour les riverains, qui n'ont pas à supporter les rotations de camions pour apporter et évacuer des matériaux, souligne Claude Cormery. De plus, l'absence de remblaiement et de déblaiement évite de salir le chantier, ses abords et ses accès".

Malgré tous ses atouts, la technique reste pénalisée par son seuil de rentabilité. "Il faut un minimum de 3 000 m<sup>2</sup> pour amortir le coût de déplacement des engins hautement spécialisés" souligne Roland Rouziès. D'où des difficultés pour l'entreprise dans sa stratégie de promotion du retraitement dans la région, les chantiers étant souvent de petite taille. "L'idéal serait que les communes puissent s'associer pour traiter des linéaires suffisants et ne plus être tributaires de leur faible capacité financière, conclut Claude Cormery. Il serait judicieux que les DDE, qui programment la majorité de nos petits travaux, coordonnent ces opérations". ●



La structure est arrosée pour corriger la teneur en eau avant le malaxage final.



Profil définitif de la chaussée en double pente après nivelage et compactage.

### ■ UN MODE OPÉRATOIRE D'UNE GRANDE COMPLEXITÉ

La réalisation de la chaussée a nécessité une quinzaine d'opérations distinctes :

- déroctage au bulldozer par ripage de la chaussée existante en plusieurs passes, afin d'écraser les morceaux d'enrobés avec les chenilles de l'engin ;
- tri des gros éléments au tracto-pelle et à la main, et correction de la teneur en eau par arrosage (arroseuse munie d'une queue de carpe) ;
- épandage de la chaux vive avec un épandeur en deux passes de 2,5 m pour couvrir les 4 m, à raison de 6 kg/m<sup>2</sup> ;
- premier malaxage du sol et de la chaux sur 30 cm ;
- épandage du liant Ligex 111 M10 (22,5 kg/m<sup>2</sup> en moyenne) ;
- deuxième malaxage du sol sur 30 cm ;
- arrosage (5 l/m<sup>2</sup> par passe) si nécessaire et selon les zones ;
- troisième malaxage ;
- pré-réglage à la niveleuse ;
- compactage (8 passes à 2,5 km/h) ;
- réglage fin à la niveleuse ;
- passage du compacteur sans vibration pour lisser ;
- application d'un enduit de cure à l'émulsion et de gravillons 2/4 ;
- nouveau passage du compacteur sans vibration ;
- séchage de 7 jours, avant réouverture au trafic de poids lourds ;
- essais de plaque de pré-réception à 7 jours
- essais de déflexions de réception ( $\delta < 80$  centièmes de mm à 28 jours)
- réalisation de l'enduit bicouche final



Un enduit gravillonné est ensuite appliqué sur la chaussée.



Saint-Priest, nouveau théâtre des opérations d'extension, sur 5 km, du tramway de Lyon.

# Grand Lyon : le béton désactivé, signature du tramway

Depuis son ouverture en 2001, le tramway poursuit son extension. En décembre, neuf stations compléteront la deuxième ligne pour desservir Saint-Priest. L'utilisation de bétons désactivés assure la cohérence des espaces sur l'ensemble du projet.

Attendue avec impatience par les habitants de Saint-Priest et obtenue grâce à l'engagement de son maire Bruno Polga, cette extension qui traverse la ville d'Est en Ouest permettra de relier la gare Perrache en moins de 40 minutes. Ce tronçon, actuellement en chantier, totalise 5 km dont 3,5 en ville. Il sera achevé en décembre 2003 et portera à 15 km la lon-

gueur de la ligne T2 (29 stations au total). Ce projet s'inscrit dans la durée. Depuis 1998, année du lancement des travaux de la première ligne, 40 000 m<sup>2</sup> de revêtements en béton ont été mis en œuvre sur la plateforme du tramway de Lyon. Avec cette nouvelle tranche, c'est 32 500 m<sup>2</sup> supplémentaires qui viennent s'y ajouter. Sans revenir sur les grands principes de conception du programme, détaillés dans le n° 75 de la revue *Routes* (mars 2001), il faut rappeler les raisons du choix de ce matériau.

Eurovia-SCR-Entreprise Industrielle ont opté pour la solution du béton désactivé, proposée par l'entreprise Sols, sous-traitant, et acceptée sur un lot, puis généralisée à l'ensemble du tracé. Points forts : des capacités esthétiques étendues et une grande souplesse d'application, avec un prix de revient identique, voire inférieur, à la solution initialement envisagée.

Ainsi, à Saint-Priest comme à Vénissieux,

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maîtrise d'ouvrage :** Sytral
- **Maîtrise d'œuvre :** Semaly – AABD
- **Mise en œuvre des bétons :** entreprise Sols
- **Fournisseurs BPE :** Béton Chantiers Rhône-Auvergne (Groupe Lafarge) et Béton Rhône-Alpes (Groupe Vicat)
- **Fournisseur des adjuvants :** Chryso

### Esthétique et souplesse de mise en œuvre

Confrontés à la difficulté de mécaniser la mise en œuvre d'enrobés et à l'impossibilité de le compacter convenablement sur les zones entre rails, ce qui aurait compromis la durabilité du matériau, les concepteurs et le groupement d'entreprises



Le béton, acheminé sur chantier par camion toupie, est répandu et réparti au râteau.



Pulvérisation du désactivant pour inhiber la prise du béton en surface.

Bron ou encore Villeurbanne, l'entreprise a décliné l'association de trois bétons désactivés, formulés en fonction des sollicitations: deux bétons à base de granulats calcaire et basalte pour les trottoirs et la plateforme (épaisseurs respectives de 10 et 17 cm), et une formulation exclusivement à base de basalte pour les carrefours, très sollicités (17 cm d'épaisseur). "Quelques modifications ont été demandées par l'architecte Bruno Dumétier" explique Sébastien Boyron, conducteur de travaux, évoquant l'abaissement de la granulométrie des bétons de trottoirs pour accroître le confort de marche et l'utilisation d'un sable gris roulé 0/2 à la place d'un blanc concassé 0/4. "C'est notre rôle que de nous adapter aux exigences des donneurs d'ordre sur ces chantiers à la fois techniques et de grande ampleur, en étant constamment à leur écoute" ajoute Gérard Pélissier, PDG de l'entreprise Sols.

## ■ Formulation ajustée à la demande de l'architecte

"C'est tout l'intérêt du béton désactivé, souligne Lionel Cardot, responsable qua-

### ■ LE CHANTIER EN BREF

- **Lieu :** Saint-Priest (banlieue de Lyon)
- **Projet :** extension de la ligne 2 du tramway sur 5 km
- **Contraintes :** des revêtements à la fois esthétiques, pérennes, résistants aux sollicitations des rames et des poids lourds
- **Solution :** trois déclinaisons de la technique du béton désactivé
- **Surface de béton :** 32 500 m<sup>2</sup>
- **Durée des travaux :** 17 mois (août 2002 à décembre 2003) dont 7 mois pour les bétons



Engin à rampe déportée et orientable approvisionnant le béton entre les rails.

lité de Béton Chantiers Rhône-Auvergne. *Les formulations peuvent être finement ajustées, en fonction des attentes des concepteurs*". Une mission de routine pour la centrale de Serezin, apte à produire tous les bétons non standard grâce à son stock de 17 variétés de granulats de toute origine (France et étranger). "Nous avons en référence 350 bétons désactivés" précise le responsable.

Livrés sur chantier par camion toupie, 32 500 m<sup>2</sup> de BPE auront été appliqués entre avril 2002 et décembre 2003 : 15 000 m<sup>2</sup> de trottoirs, autant en plateforme, et 2 500 m<sup>2</sup> pour les carrefours. "Pour ces derniers, délicats à réaliser, le rendement de nos équipes est de 60 m<sup>2</sup> par jour, explique Sébastien Boyron. En revanche, pour les autres ouvrages, il atteint la moyenne de 300 m<sup>2</sup> par jour". Les raisons ? Outre l'expérience des opérateurs, l'entreprise a conçu et réalisé une machine automotrice roulant sur les rails, muni d'une rampe déportée et orientable permettant d'approvisionner facilement le béton entre les voies. "Les toupies sont souvent obligées de rester en rive de la plateforme, reprend le conducteur de travaux. Grâce à cet équipement, nous avons acheminé et réparti le béton avec beaucoup plus de rapidité et de souplesse".

## ■ Qualité au rendez-vous

Mais productivité n'est pas antinomique de qualité. En témoigne le soin apporté au traitement des points singuliers (jonction avec les regards, positionnement des joints...), marque d'un grand professionnalisme. De même, on ne peut que constater la bonne homogénéité des différentes sections, réalisées malgré les variations de plus en plus imprévisibles des conditions météorologiques. Bref: si le tramway de Lyon est une réussite, le béton désactivé y est pour quelque chose. Grâce à l'éventail

## ■ RHÉOLOGIE CONTRÔLÉE PAR UN SUPERPLASTIFIANT

Pour faciliter la tâche de l'entreprise en été, Béton Chantiers Rhône-Auvergne a fait appel, pour les bétons armés des carrefours, plus longs à mettre en œuvre, au superplastifiant Chrysofluid Optima 100. Comparé à un plastifiant classique, ce produit multiplie par 3 ou 4 le temps "d'ouvrabilité" (temps avant que le béton ne commence à faire sa prise). Cela diminue sa viscosité et lui confère une plus grande maniabilité (le béton ne "colle" pas). Cette qualité a deux conséquences : d'une part le béton est plus facile à appliquer et à régler. D'autre part, cela évite de le vibrer et donc que les granulats, en particulier les plus gros, ne retombent, d'où la garantie d'un meilleur aspect des bétons après dénudage (meilleure répartition des granulats en surface). Enfin, ce superplastifiant limite les besoins en eau dans la formulation (un rapport E/C abaissé diminue la porosité et augmente les performances) et le ressuage (remontée d'eau en surface). Il en résulte un bon accrochage du désactivant, ce qui diminue les risques de délavage lors de fortes pluies. Ainsi, l'entreprise dispose d'une formulation pour l'été et d'une autre pour l'hiver...

proposé en termes de textures et de coloris, il a permis aux concepteurs de différencier clairement l'emprise du tramway de la voirie classique, et participe pleinement à la requalification paysagère du milieu urbain. Sans compromis sur les performances, bien au contraire ! ●



Les zones piétonnes sont réalisées avec des granulats basalte et un colorant ocre.

## Remue-méninges

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

### ■ Trains en circulation

Alors que je me promène le long d'une voie de chemin de fer, j'observe deux faits :

- un train me dépasse toutes les 12 minutes
- un train me croise toutes les 4 minutes

Les trains roulent à une vitesse uniforme, égale dans les deux sens. Quant à moi, je me déplace à une vitesse constante.

**Question :** à quel rythme les trains quittent-ils leurs gares de départ ?

#### Solution du Remue-méninges de *Routes* n°83 : Vitesse moyenne d'une automobile

**Rappel du problème posé :** une voiture parcourt, sur une belle route en béton, la distance qui sépare deux villes à la vitesse de 60 km/h puis revient au point de départ à la vitesse de 40 km/h. **Question :** quelle est sa vitesse moyenne ?

#### Solution

La simplicité apparente du problème induit facilement en erreur. Le calcul de la moyenne arithmétique de 60 et de 40 c'est-à-dire  $(60 + 40)/2 = 50$  est une mauvaise réponse. Elle serait juste si l'aller et le retour duraient le même temps. Or le retour a demandé plus de temps que l'aller. Pour résoudre ce problème, il faut poser la bonne équation. On sait que  $t = t_1 + t_2$  (1) Avec  $t$  : le temps mis par l'automobiliste pour effectuer l'aller/retour,  $t_1$  : le temps de l'aller et  $t_2$  : le temps du retour.

Désignons par "L" la distance entre les deux

villes et par "V" la vitesse moyenne recherchée. L'équation (1) peut alors s'écrire :

$$\frac{2L}{V} = \frac{L}{60} + \frac{L}{40} \quad (2)$$

Comme la distance "L" n'est pas nulle, on peut diviser l'équation par "L", on obtient alors :

$$\frac{2}{V} = \frac{1}{60} + \frac{1}{40} \quad \text{d'où : } V = 48 \text{ km/h.}$$

D'une façon générale, l'équation (2) s'écrit :

$$\frac{2L}{V} = \frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_2}$$

Ce qui donne :

$$V = \frac{2}{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}}$$

V est appelée "moyenne harmonique" de  $V_1$  et  $V_2$ . Ainsi, la vitesse moyenne s'exprime non par la

moyenne arithmétique, mais par la moyenne harmonique des vitesses. Pour des vitesses  $V_1$  et  $V_2$  positives, il est facile de démontrer que la moyenne harmonique V est toujours inférieure à leur moyenne arithmétique  $(V_1 + V_2)/2$ .

## VIENT DE PARAÎTRE



### Carrefours giratoires en béton

#### Tome 1 - Guide de dimensionnement

Ce document met à la disposition du maître d'œuvre tous les renseignements dont il a besoin pour concevoir et dimensionner un projet de carrefour giratoire en béton.

Édition 2003. Référence : T63

Ce document est disponible gratuitement auprès de Cimbéton, soit par fax au 01 55 23 01 10, soit par Email : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net)

## GENDA

17-19 septembre 2003

### Salon de l'Équipement Territorial (Limoges)

Cimbéton sera présent (stand n°84) à la 34e édition du Salon de l'Équipement Territorial, organisé par l'Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF) et qui se tiendra au Parc des Expositions de Limoges.

Ce Salon est associé à Energie (le Salon de la distribution et des utilisations industrielles et domestiques, de l'électricité, du gaz et du pétrole) et à Réseaux Expo (le Salon de la Construction de lignes et réseaux, de la pose de canalisations et de l'aménagement des voies).

Ce Salon de l'Équipement Territorial rassemble, sur trois journées, les ingénieurs et techniciens des services techniques des villes, les Services de l'État (DDE, DDA, Eaux et Forêts...), les élus et leurs adjoints, les urbanistes, les hygiénistes, les architectes, les bureaux d'études, les responsables de l'environnement, les Offices d'HLM, les Sociétés d'économie mixte, les entreprises de bâtiment et de travaux publics, les installateurs...

**Pour en savoir plus :**

[www.idexpo.com](http://www.idexpo.com)

Email : [info@idexpo.com](mailto:info@idexpo.com)

## GROS PLAN

### ● Gailledrat devient Appia

La société Appia Équipement de la Route vient d'absorber les trois sociétés Gailledrat, Elaf et Star. La nouvelle entité est maintenant divisée en 8 agences régionales : Paris-Couronne (Ivry-sur-Seine), Ile-de-France (Brie-Comte Robert), Ouest (Rennes), Centre (Senneceles-Mâcon), Nord (Arras), Sud-Ouest (Saint-Alban), Sud-Est et Béton (ces deux dernières à Tarascon).

**Pour en savoir plus :**

Téléphone : 01 46 72 95 05

Fax : 01 46 70 31 03

**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](mailto:centrinfo@cimbeton.net) - Site Internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)