

Travaux

n° 789

RECYCLAGE

- Gestion des excédents de chantiers de TP
- Fabrication *in situ* d'un remblai auto-compactant non essorable
- Utilisation de matériaux recyclés à Lévis-Saint-Nom
- Collecteur général d'eaux usées de Bourg-de-Péage
- Novacol et Thermocol
- Envimat au service du recyclage et de l'environnement

EAU ET ASSAINISSEMENT

- Gestion des eaux pluviales à l'aéroport de Strasbourg
- Assainissement novateur à Hautes Rivières
- Renforcement en eau potable en Dordogne
- Centrale nucléaire Bugey 1. Vidange et assainissement de la piscine de désactivation
- Bassin Dussouich à Lievin
- Emissaire de rejet en mer de Courseulles-sur-Mer

MANAGEMENT

- Les chantiers au cœur du développement durable
- Management environnemental. Travaux d'infrastructures linéaires

DIVERS

- Le pont du Gard
- ORGAGEC'02

Environnement

Travaux

numéro 789

septembre 2002

Environnement

sommaire



Notre couverture

Conduite d'eau potable
à la Réunion

© Groupe SAUR

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 0144 13 31 44

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 0241 18 11 41
Fax : (33) 0241 18 11 51
Francoise.Godart@wanadoo.fr

VENTES ET ABONNEMENTS

Olivier Schaffer
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 0140 73 80 05
revuetravaux@wanadoo.fr

France : 155 € TTC

Etranger : 190 €

Prix du numéro : 19 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 0144 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
Isabelle Duflos
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 0144 74 86 36

Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (copyright by Travaux).
Ouvrage protégé; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 0106 T 80259



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

12

PRÉFACE

Roselyne Bachelot

15

RECYCLAGE

◆ La gestion des excédents de chantiers de travaux publics
- *Management of excess from public works sites*

J.-P. Lemesle

◆ Même la terre est recyclable... Fabrication *in situ*
d'un remblai auto-compactant non essorable à partir
des déblais de tranchées
- *Even the earth is recyclable... In-situ production of a non-*
centrifuging self-compacting backfill from trench earth cuts

G. Zygomalas, St. Bakowski

◆ Utilisation de matériaux recyclés en remblayage
de tranchée gaz. Expérience de Lévis-Saint-Nom
- *Use of recycled materials as backfill for gas trenches.*
Lévis-Saint-Nom experiment

Cl. Mangin

◆ Collecteur général d'eaux usées de Bourg-de-Péage
- *Bourg-de-Péage (Drôme region). The main sewage drain*

G. Boudet

◆ Novacol et Thermocol. Deux techniques Colas
de recyclage en place des chaussées
- *Novacol & Thermocol. Two Colas techniques for in-situ*
recycling of pavements

M. Ballié, P. Pringuet, D. Thouret

◆ Envimat au service du recyclage et de l'environnement
- *Envimat to serve recycling and the environment*

Y. Meunier

17

21

26

30

36

43

EAU ET ASSAINISSEMENT

◆ Une gestion technique centralisée des eaux pluviales
à l'aéroport international de Strasbourg
- *Building Management System for rainwater*
at Strasbourg international airport

Fr. Lingenheld, Fr. Gérard

◆ Un chantier d'assainissement novateur
sur la commune de Hautes Rivières (Ardennes)
- *Innovative sanitation project in the commune*
of Hautes Rivières in the Ardennes hills

A. Charlet, Fr. Denizou, F. Bordas

◆ Chantier de renforcement en eau potable en Dordogne
- *Project to reinforce potable water supplies in Dordogne*

J.-P. Deluermoz, M. Denys

50

54

58

Sommaire

septembre 2002

Environnement

Dans les prochains numéros

- Travaux urbains
- Réhabilitation d'ouvrages
- International
- Ponts
- Travaux souterrains
- Routes
- Eau
- Terrassements
- Sols et fondations



◆ EDF - Centrale nucléaire de Bugey 1. Vidange et assainissement de la piscine de désactivation
- EDF - Bugey 1 Nuclear Power Plant. Drainage and clean-up of the cooling pond
G. Comte, X. Verdier

60



◆ Conception et construction du bassin Dussouich à Lievin
- Lievin : design and construction of the Dussouich basin
P. Schmitt, E. Ollier, J. Landrot

64



◆ Emissaire de rejet en mer de Courseulles-sur-Mer
- Sea discharge outlet at Courseulles-sur-Mer
P. Nyffenegger, N. Marie, E. Gravot, P. Belgeulle, B. Dussart, R. Manirakiza

67



MANAGEMENT

◆ Retours d'expérience sur 8 ans de SME et 3 ans de certifications ISO 14001
- Feedback over eight years of environmental management and three years of ISO 14001 certification
Ch. Buhot

71



◆ Le management environnemental dans l'aménagement du territoire. Les travaux d'infrastructures linéaires
- Environmental management in national development. Linear infrastructure work
Ph. Thievent

77



DIVERS

◆ Un ruban de béton pour le pont du Gard
- A band of concrete for the Gard bridge
J. Abdo

83

◆ ORGAGEC'02. Matériaux organiques, génie civil, environnement et santé. Un mélange hétérogène, un avenir commun ?
- ORGAGEC'02. Organic materials, civil engineering, environment and health. A heterogeneous mixture, a common future ?
Y. Mouton, Th. Tsakyrellis

87

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

répertoire des fournisseurs

95

Le secteur des travaux publics, porte de nouvelles préoccupations environnementales, économiques et sociales dans un souci de développement durable. En effet, les choix des entreprises de travaux publics dans la mise en œuvre et la qualité des ouvrages évoluent et intègrent de plus en plus les exigences de notre ministère concernant le respect de l'environnement.

Par ailleurs, l'activité des travaux publics est amenée plus directement à répondre aux demandes de nos concitoyens en terme d'amélioration de leur cadre de vie. Elles s'expriment en termes d'information et de concertation et en termes de qualité des réalisations, répondant aux soucis de sécurité et de gestion optimale des ressources (eau, matériaux, espace, énergie...).

L'engagement de ces entreprises doit donc s'effectuer avec un grand sens de la responsabilité de leurs actions. Leurs impacts sur notre patrimoine commun et sur les conditions de vie des espèces et des hommes, sont en effet loin d'être négligeables.

Les travaux publics doivent donc jouer un rôle positif dans la mise en place d'infrastructures s'inscrivant dans un esprit de développement durable, en participant à la protection de l'environnement (gestion des déchets de chantier et réduction des nuisances) mais aussi en réalisant des ouvrages permettant le traitement des déchets, la prévention des inondations, la limitation des nuisances sonores...

La gestion écologique de nos territoires est notre devenir et j'encourage les entreprises de travaux publics à appréhender les préoccupations environnementales comme une opportunité permettant de créer de nouveaux métiers et de nouveaux emplois. Développer des démarches de management environnemental est devenu un facteur de compétitivité y compris à l'étranger.

Dans cet esprit, un partenariat fructueux s'est établi entre le ministère de l'Ecologie et du Développement durable et la FNTP depuis quatre ans, afin d'aider les entreprises à développer le "management environnemental".

Je souhaite que cet effort soit poursuivi et que les initiatives innovantes et de qualité soient valorisées. Il s'agit de favoriser une généralisation des démarches volontaires d'entreprises et de mesurer les performances sociales, économiques et environnementales d'un nombre croissant d'entreprises de travaux publics.

Ce partenariat a déjà connu des évolutions importantes, les groupes de travail conjoints ont remis leurs propositions sur des thèmes d'intérêt commun. Je développerai quelques points :

- le *Guide de bonnes pratiques environnementales*, édité en avril 2002, aidera les entreprises dans leur démarche grâce à une meilleure connaissance des enjeux et de la réglementation, une clarification des rôles de chacun des acteurs et par l'adoption de démarches de management environnemental ;
 - nous avons veillé à associer localement des représentants de la FNTP au travail de cartographie des nuisances sonores, lors de la mise en œuvre de la circulaire "bruit" émise le 21 juin 2001 ;
 - concernant le traitement des déchets de chantiers, suite à la publication de plaquettes d'information, nous aiderons à maintenir le suivi des plans de gestion et recommanderons des mesures concrètes et réalistes.
- Enfin, de nouvelles impulsions doivent être données et je souhaite que le ministère soit plus à

l'écoute des entreprises, pour que la politique que nous développons se fonde sur une connaissance fine de leurs potentialités et de leurs contraintes. Par ailleurs, nous invitons la FNTP à définir comment le secteur des travaux publics peut contribuer au renforcement de la prévention des risques naturels et des inondations, orientation majeure de notre ministère.

Je compte aussi sur le secteur des travaux publics pour inciter les collectivités locales à mieux intégrer les priorités environnementales dans les choix techniques et financiers des ouvrages qu'elles engagent dans un souci de "durabilité" des équipements de notre territoire.



■ **ROSELYNE
BACHELOT-NARQUIN**
**Ministre de l'Ecologie
et du Développement
durable**

La gestion des excédents de chantiers des travaux publics

L'application de la loi de juillet 1975 et sa modification par la loi de juillet 1992 ont obligé les entreprises de travaux publics à mettre en place les moyens de valoriser l'ensemble de leurs excédents de chantier.

La circulaire des ministères de l'Environnement et de l'Équipement de février 2000 est venue valider la mise en place concrète de ces moyens de valorisation dans les départements à la date fatidique, devenue aléatoire, du 1^{er} juillet 2002.

Quelles sont ces démarches et comment sont-elles mises en place par les professionnels ?

■ L'HISTOIRE D'UNE IMAGE TERNIE DE LA PROFESSION DES TP

Les excédents de chantiers des TP, composés à 95 % de matériaux inertes et de matériaux de démolition d'ouvrages routiers et de génie civil, ont très longtemps fait l'objet d'une démolition sans souci de tri et d'une mise en stockage définitif anarchique, peu ou pas contrôlée. Les comblements sauvages d'excavation, les rehaussements de terrains et les rechargements de chemins divers ont été les principaux débouchés.

Cette façon d'éliminer ces excédents n'aurait pas eu d'impact significatif sur l'environnement si elle n'avait pas été accompagnée d'une dérive incontrôlable et incontrôlée. En effet, de nombreuses entreprises et artisans du bâtiment, sans oublier des particuliers, ont profité de ces décharges sauvages pour déposer leurs déchets, pas toujours inertes, à coût nul. La conséquence fut un ancrage dans l'esprit populaire d'un mélange B (bâtiment) et TP, dans la mauvaise gestion des déchets.

■ UNE REMISE EN CAUSE DANS LES ANNÉES 1980

Les grandes agglomérations, et la région parisienne en particulier, sont en pleine restructuration urbanistique. Les volumes croissants de déchets générés par les démolitions, associés aux problèmes d'éloignement des lieux de stockage et aux conditions de transport, font apparaître la mise en place inévitable de filières de valorisation.

Ces déchets sont transportés vers des plates-formes de regroupement proches des lieux de production, y sont concassés, criblés et transformés en matériaux de remblais voire d'assise pour chaussées. Pendant cette décennie, l'évolution de la technique de valorisation se fera par l'adaptation des matériels à la qualité des matériaux entrants et par cel-

le des méthodes de démolition à la qualité des matériaux entrants et à l'exigence de la qualité des produits fabriqués : c'est la déconstruction.

En dehors des grands centres urbains, des démarches similaires se mettront en place sur les grands chantiers. On verra se développer la réutilisation des déblais rocheux après concassage et criblage en matériaux de remblais et d'assise de chaussées, ainsi que le traitement en place des matériaux afin d'améliorer les portances des plates-formes : c'est l'apparition des couches de forme.



Déchets issus de la démolition

Wastes resulting from demolition

■ UNE ACCÉLÉRATION À PARTIR DE 1990

Les contraintes de plus en plus fortes pour créer de nouveaux gisements de matériaux ou pour étendre des exploitations existantes nécessitent la mise en place d'actions diverses.

Réduire la consommation de granulats "vierges" paraît être la démarche la plus logique, mais la demande reste constante et cette action n'est pas maîtrisable par les carriers.

Adapter la qualité des matériaux aux besoins des maîtres d'ouvrage et à la nature des constructions apparaît comme une solution alternative : c'est l'uti-

► lisation des matériaux locaux. Des tentatives isolées doivent être pérennisées. Valoriser les déchets de chantier par la mise en place de la déconstruction et du recyclage au détriment de la réutilisation semble être la voie qui s'intègre le mieux à la notion de développement durable. La prise en compte de la dimension environnementale, dans leurs activités, par les professionnels des TP, associée à la mise en place de la loi de juillet 1992 et à la raréfaction des sites de stockage, a impulsé de nouveaux comportements.

Déchets issus de la déconstruction de matériaux
Wastes resulting from deconstruction of materials



Installation fixe de concassage-criblage avec traitement secondaire
Fixed crushing-screening plant with secondary processing



Développement du tri sur chantier : déconstruction

La technique de déconstruction déjà présente dans les travaux neufs s'est développée dans les travaux d'entretien grâce à la conjugaison de plusieurs phénomènes.

L'évolution vers des matériels spécifiques (fraises) de plus en plus puissants, modulables, multifonctions (chargement), adaptés à tous les types de chantier et à toutes les natures de matériaux, a permis de faire avancer la qualité des matériaux produits.

La mise en place de guides d'utilisation régionaux et nationaux des produits valorisés, qui déboucheront à court terme sur une réglementation spécifique (labels écoproduits, normes,...) doit permettre de sécuriser les utilisateurs.

La mise en place en aval de filières pour la valorisation des produits issus de la déconstruction doit favoriser cette approche.

Cette technique de déconstruction peut être plus ou moins poussée suivant les types de chantier et selon les matériaux à trier. De cela ressort la mise en place de différentes filières de traitement.

Si le matériau peut être directement valorisé : il est alors dirigé vers le lieu d'utilisation avec stockage intermédiaire ou non et vérification éventuelle de son impact environnemental. C'est le cas des agrégats d'enrobés qui sont recyclés dans la fabrication d'enrobés neufs ou réutilisés dans la confection de couches de fondation ou de base, traitées ou non.

Si le matériau traité doit passer par un centre de transformation : c'est le cas des "croûtes d'enrobés", des blocs de béton armé ou non. Ils subissent une série de criblage-concassage avant d'être utilisables. Ces centres sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui nécessitent des autorisations administratives adaptées (volume traité annuellement, puissance de matériel, mobilité...). Les matériaux issus de ces centres peuvent avoir une forte valeur ajoutée (granulats de béton, agrégats d'enrobés), une moindre valeur ajoutée (graves de béton, graves d'enrobés) voire une faible valeur ajoutée (grave de béton-enrobé).

Le tri sur chantier est impossible : les centres de tri

Le tri sur chantier étant impossible, seule la technique de démolition est utilisée. Les matériaux sont alors envoyés vers des centres de valorisation où ils peuvent éventuellement subir un tri grossier.

Selon l'origine et la qualité des mélanges, on distingue plusieurs organisations.

Les matériaux qui ne sont issus que de la démolition des corps de chaussées : ils subissent une série de concassage-criblage et sont transformés en grave 0/31.5 ou 0/60 destinée aux couches de forme et de fondation.

Certains matériaux présentent des mélanges terreux avec une forte proportion de démolition de corps de chaussées : un scalpage préalable permet d'éliminer les éléments terreux et de les diriger vers des stockages définitifs (CET classe III, remblais de carrières...) et de ne traiter que les autres éléments comme dans la filière précédente.

D'autres matériaux présentent des mélanges terreux avec une faible proportion de démolition de corps de chaussées : les éléments terreux obtenus après criblage sont alors traités avec des liants (en général de la chaux) et réutilisés en remblais de tranchées. Les autres éléments sont traités comme dans les filières précédentes.

Les centres de transformation sont organisés de



Installation mobile de concassage
Mobile crushing plant

deux manières en fonction des volumes annuels à traiter. Si les tonnages dépassent 100 kt/an la tendance est d'avoir des installations fixes alors que pour les tonnages inférieurs il paraît plus logique de créer un réseau de plates-formes de stockages sur lesquelles vient périodiquement une installation mobile de traitement.

■ LE XXI^E SIÈCLE : CE QU'IL RESTE À FAIRE ?

La poursuite de l'amélioration de la gestion des excédents de chantier des TP passe par la levée d'un certain nombre de freins encore en place :

- ◆ Supprimer les décharges sauvages encore existantes.
 - ◆ Définir avec précision la notion de déchets ultimes à l'échelon territorial adapté.
 - ◆ Contrôler les CET de classe III afin que les coûts d'accès soient en adéquation avec les coûts de recyclage.
 - ◆ Prise en compte par le maître d'ouvrage, au lancement de la consultation, de la quantification, de la qualification et du devenir des déchets produits par la construction, associée à l'ouverture de variantes pour l'utilisation des matériaux de seconde vie.
 - ◆ Intégrer la gestion des déchets d'un ouvrage dans le cadre d'une démarche macro-économique d'une agglomération ou d'un département. C'est la mise en place effective des plans départementaux de gestion des déchets du BTP et de leur suivi qui concrétisera cette évolution.
 - ◆ Promouvoir un réseau d'implantations d'unités de valorisation limitant les distances de transport, accepté par la population et les collectivités.
- Peut-on alors se fixer l'objectif d'une valorisation de 80 % des déchets des TP à l'horizon 2010 ?

ABSTRACT

Management of excess from public works sites

J.-P. Lemesle

The negative image surrounding the public works industry as regards site waste management has long hindered the use of recycled materials. The efforts made since the 1990s, related to changing regulations and the increasing scarcity of "virgin" materials, have made it possible to develop this management into a fully-fledged processing industry. The outlets for these new products are increasingly numerous, but potential customers still have to be convinced...

RESUMEN ESPAÑOL

La gestión de los excedentes de los trabajos de obras públicas

J.-P. Lemesle

La imagen negativa soportada por los profesionales de las Obras Públicas en cuanto a la gestión de los residuos de las obras ha perjudicado durante largo tiempo el empleo de materiales de segunda vida. Los esfuerzos emprendidos desde los años 90, vinculados con la evolución de la reglamentación y la escasez de materiales "vírgenes", han permitido la evolución de esta gestión hacia una industria de transformación con un concepto propio. Las salidas para estos nuevos productos se multiplican, pero aún queda mucho por convencer...

Même la terre est recyclable ...

Fabrication *in situ* d'un remblai auto-compactant non essorable à partir des déblais de tranchées

Sur un chantier d'assainissement classique le poste déblai/remblai (évacuation des déblais, frais de décharge, amenée et mise en œuvre des remblais d'apport) représente environ 30 % du coût d'un chantier. Depuis quelques années, l'apparition des remblais auto-compactants a permis une très nette amélioration de la qualité des remblais, de la réduction des évacuations en décharge et de la sécurité du personnel.

La fabrication de produits auto-compactants nécessite des moyens industriels lourds à proximité des chantiers associés à un transport par toupie engendrant un coût élevé de ce type de produit.

De ce constat est né le Recycan : un remblai auto-compactant fabriqué *in situ* à partir des déblais du chantier. Un nouveau concept alliant écologie (réduction de plus de 70 % des trafics poids lourds, des mises en décharges et des nuisances sonores et vibratoires), développement durable (conservation des matériaux nobles) et économie...

Un chantier expérimental a été réalisé en partenariat avec la Communauté urbaine de Lille, rue de la petite Alma, quartier des Dondaines à Lille.

■ DANS LA CONTINUITÉ DES REMBLAIS AUTO-COMPACTANTS

Le traitement des déblais de chantier et leur recyclage en remblai d'assainissement sont connus depuis plusieurs années, il présente trois problèmes :

- ◆ la traçabilité des produits ;
- ◆ la lourdeur des installations de recyclage ;
- ◆ la mise en œuvre sur chantier (moyens de compactage classiques).

De plus leur emploi demande des largeurs de tranchées conformes au fascicule 70, et génère au final environ 30 % de déblais supplémentaires et donc de transports par rapport à des solutions en remblai auto-compactant. Constat pour le moins peu satisfaisant pour des remblais qui se veulent écologiques.

La solution idéale paraît alors évidente : il s'agit de réaliser *in situ* un remblai auto-compactant fabriqué à partir des déblais de chantier.

La société Leduc (filiale du groupe Eurovia) a entrepris le développement de ce type de remblai, en collaboration avec le laboratoire Eurovia Management de Lille, depuis octobre 2000.

■ LE RECYCAN¹

Au mois de mars 2002, un partenariat avec la Communauté urbaine de Lille a permis la réalisation d'un chantier expérimental à partir d'un cahier des

charges visant à définir les critères techniques satisfaisants. Ils se définissent comme suit :

- ◆ densification répondant aux objectifs définis par le guide du Setra ;
- ◆ caractères intrinsèques aux remblais auto-compactants (résistance en compression et durée de prise) caractérisant le temps de remise en trafic et le niveau de réexcavabilité ;
- ◆ qualités physiques notamment de pH, sulfates, résistivité et métaux lourds ;
- ◆ aspects environnementaux liés aux fortes diminutions des mises en décharges, à la réduction des trafics poids lourds, à la conservation des ressources naturelles et à la réduction des nuisances pour les riverains (encombrement, bruits et vibrations) ;
- ◆ enfin, un critère d'importance, l'assurance d'une traçabilité des produits recyclés.

Un plan d'assurance qualité a été rédigé dans ce sens et un suivi a été mis en place par la Communauté urbaine de Lille, le LRPC de Lille et l'entreprise Leduc.

■ LE PROCÉDÉ

Les étapes suivantes jalonnent le procédé Recycan :

- ◆ alimentation de la station de recyclage directement par la pelle effectuant la tranchée d'assainissement ;

1. Le Recycan a fait l'objet d'un dépôt de brevet Eurovia Management.

Gérard Zygomalas



DIRECTEUR
Entreprise Leduc

Stéphane Bakowski



DIRECTEUR TECHNIQUE
DÉLÉGUÉ
Délégation technique nord
Eurovia Management

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Type du chantier

Remblaiement de 50 ml de canalisations Ø 400 PVC CR8

Maître d'ouvrage

Lille Métropole Communauté Urbaine

Maître d'œuvre

Lille Métropole Communauté Urbaine

Entreprise

Leduc

Matériel utilisé

Micro centrale à béton Inter Con

Figure 1
Un chantier type Recycan
A typical Recycan project

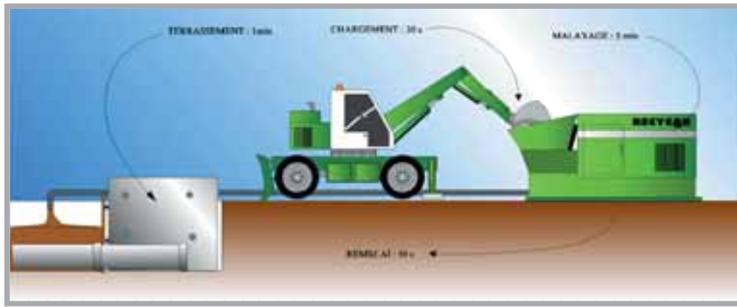
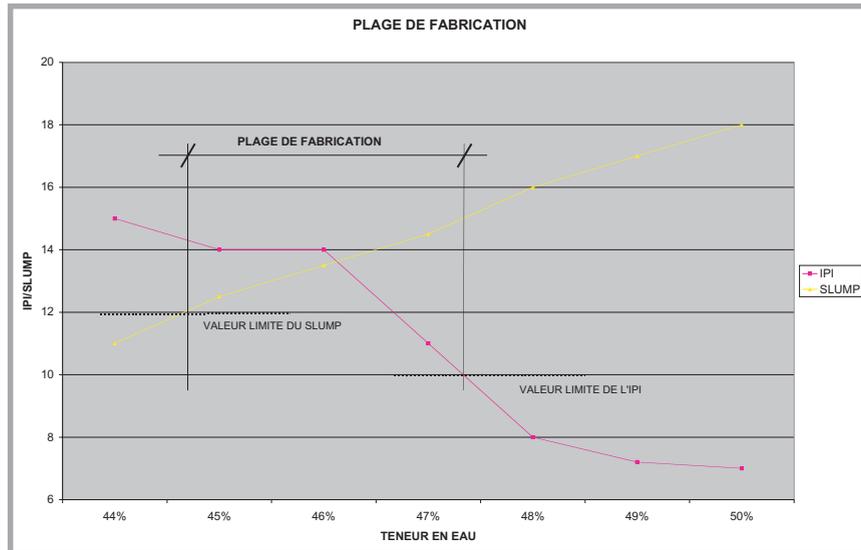


Figure 2
Evolution du slump et de l'IPI en fonction de la teneur en eau
Evolution of slump and IPI as a function of the water content



◆ l'affaissement au cône d'Abrahams (slump) caractérisant la pompabilité et l'enrobage de la canalisation :

Slump > 12 cm

◆ l'IPI (Indice de portance immédiate) à 24 heures caractérisant le délai de remise en circulation :

IPI 24 heures > 10

◆ les résistances en compression à 28 et 90 jours caractérisant la piochabilité du produit :

RC 28 j < 1,3 MPa

RC 90 j < 2 MPa

◆ la résistance en compression immersion RCI caractérisant la tenue du produit en présence d'eau :

RCI 60 jours/RC 60 j > 0,6.

NB : les valeurs maximales des résistances en compression sont issues des dossiers Certu " Remblayage des tranchées - Utilisation de matériaux auto-compactants " édités en avril 1998.

■ UN CHANTIER EXPÉRIMENTAL : RUE DE LA PETITE ALMA À LILLE

Des sondages ont été réalisés afin de déterminer la nature des sols rencontrés sur le chantier de la Petite Alma, quartier des Dondaines à Lille.

Les échantillons ont été identifiés par le laboratoire Eurovia Management de Lille où sont effectués :

◆ classification GTR :

- teneur en eau,

- granulométrie,

- valeur au bleu (VBS) ;

◆ IPI à 24 heures ;

◆ slump fonction de la teneur en eau.

Les résultats obtenus sont les suivants :

◆ limon de classe A2 th ;

◆ VBS = 2,88 ;

◆ teneur en eau naturelle = 22,10 %.

Ces paramètres permettent de déterminer la formulation du Recycan et conduisent pour un slump de 13 cm et un IPI à 24 heures de 10 aux valeurs suivantes :

- liant hydraulique : 9 % du poids sec des matériaux ;

- fibres : 0,15 % ;

- teneur en eau du mélange : 46 %.

■ PRINCIPE DE FABRICATION

Le chantier a été réalisé grâce à une microcentrale à béton de type Inter-Con B15/6 1200 (photo 1).

Le matériau est émotté par un godet cribleur monté sur pelle, mélangé au liant hydraulique à l'eau et aux fibres dans un malaxeur et renvoyé dans la tranchée à l'aide d'une pompe à béton traditionnelle (photo 2).

Il est important de respecter les phases de fabri-



- ◆ criblage et concassage du déblai ;
 - ◆ malaxage avec un apport de liant hydraulique, d'eau et de fibres permettant d'obtenir un remblai auto-compactant ;
 - ◆ pompage du produit directement dans la tranchée.
- Le remblai devient circulaire environ 3 heures après sa mise en place et ne présente ni retrait ni fissuration. Les matériaux d'assise de chaussée sont triés et envoyés sur des plates-formes de recyclage pour retraitement ultérieur (figure 1).

■ LE CAHIER DES CHARGES

Le remblai doit être suffisamment fluide pour enrober la canalisation et être pompable, il doit être circulaire rapidement et ne présenter ni fissuration ni retrait, sa résistance doit être suffisante pour assurer sa tenue à terme sous trafic (vérification au pénétromètre) et suffisamment faible pour rester piochable. Ces critères sont souvent contradictoires.

En effet, une augmentation de la teneur en eau, si elle favorise la fluidité du produit, fait chuter très rapidement les performances mécaniques (figure 2) et un surdosage du liant qui pourrait permettre de les rétablir rendrait le matériau non réexcavable. On s'aperçoit rapidement que la teneur en eau sera la valeur déterminante pour la fabrication du Recycan et que la plage d'utilisation est très restreinte (de l'ordre de 2 %). Les critères retenus lors de la fabrication sont choisis de manière à caractériser au mieux les paramètres de fabrication :



Photo 1
Aperçu d'un chantier Recycan
View of a Recycan project

cation : le matériau alimente en premier le malaxeur en marche, de manière à l'homogénéiser, le liant est ensuite incorporé, suivi de l'eau introduite graduellement (une arrivée d'eau trop importante en début de malaxage conduit à la création d'un film d'argile sur les parois du malaxeur rendant impossible tout mélange homogène).

Une solution consiste au mouillage par jets haute pression et faible débit en début de mélange.

Une sortie informatique permet de vérifier le dosage de chaque constituant avant envoi dans la tranchée et donc la conformité du produit.

En cas de non conformité une intervention manuelle permet de rectifier le dosage par ajout de matériau, de liant hydraulique ou d'eau.

■ CONTRÔLES ET ESSAIS

Le contrôle du slump et les contrôles de dosage permettent de juger de la qualité de la fabrication. Les essais au pénétromètre et de compression permettent de vérifier si les objectifs de compactage et de réexcavabilité sont atteints. Le produit présente une prise et ne peut donc satisfaire aux exigences de densification qu'à partir d'un certain délai (en général au-delà de 28 j, les résultats des essais s'améliorant avec le temps) (figure 3).

Les essais en compression et des essais *in situ* confirment le caractère piochable du produit :

- ◆ RC 28 j = 1,04 MPa < 1,30 MPa;
- ◆ RC 60 j = 1,13 MPa;
- ◆ RC 90 j = 1,21 MPa < 2,00 MPa;
- ◆ RCI à 60 j = 0,74 MPa;
- ◆ PH à 28 j = 12,1;
- ◆ PH à 60 j = 12;

Essais chimiques sur Recycan d'âge 28 j.

Teneur en sulfates 13,17 mg/kg.

Teneur en chlorures 8,82 mg/kg.

Résistivité 728 ohms/cm.

Les essais chimiques en particulier le couple pH/résistivité conduisent à prendre des dispositions particulières pour l'enrobage de tuyau métallique (enrobage en sable ou manchette polyéthylène).

■ AVANTAGES TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

Les avantages d'un tel produit sont évidemment les mêmes que ceux de tout remblai auto-compactant classique : réduction des largeurs de tranchées (non négligeable surtout en milieu urbain), sécurité du personnel (pas de personnel en fond de fouille lors du compactage du remblai), pas de stock sur chantier et qualité du remblai.

Il présente aussi quelques avantages supplémentaires. Le Recycan est un remblai écologique permettant la conservation des matériaux nobles et une réduction du trafic poids lourds et des mises



Photo 2
Mise en place du Recycan dans la tranchée

Laying Recycan in the trench

en décharge de 70 %. Le recyclage est quasi total, en effet la fabrication du remblai n'utilise que les déblais limoneux extraits, le tri des matériaux de chaussée et des déblais devient ainsi obligatoire (contrairement aux chantiers classiques d'assainissement où il est rarement économique). La fabrication *in situ* assure une traçabilité parfaite des matériaux.

C'est aussi un remblai économique, sans compter les gains de temps engendrés par la fabrication *in situ* rendant le chantier autonome et non plus tributaire des conditions de circulation et des attentes de livraisons du matériau de remblai.

Il devient très compétitif à partir d'une production de 10 m³ par jour et peut permettre des réductions de coût important sur le poste déblai/remblai.

■ ENJEUX ÉCONOMIQUES

Il est impossible, contrairement à un remblai auto-compactant classique de donner un prix au mètre cube, la dépense imputée au chantier est composée d'une part fixe (installation de recyclage) et d'une part variable (la consommation de liant hydraulique, les fibres etc.). Le prix du Recycan est ainsi directement lié à la production réalisée sur le chantier. Néanmoins on peut donner en fonction d'un rendement prévisionnel quelques estimations (les tarifs indiqués sont ceux pratiqués sur la métropole lilloise).

Exemple d'un Ø 800 béton, profondeur moyenne au radier 2,2 m

Hypothèses chantier avec remblai classique

Épaisseur constitution de chaussée : 0,40 m.

Application du fascicule 70 largeur de tranchée = 2,10 m.

Remblai en sable 0/4 calcaire de type B1.

Atelier de compactage :

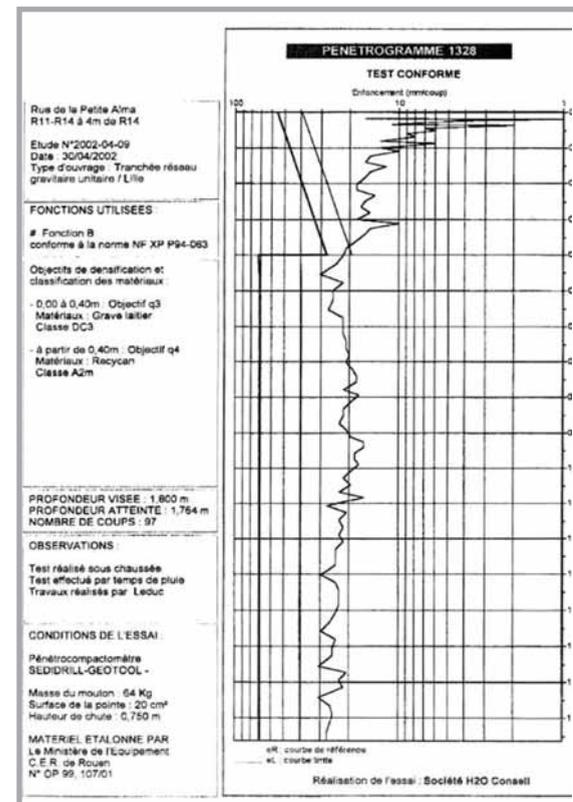


Figure 3
Pénétromètre type à 28 jours

Typical penetrometer test results at 28 days

poste déblai/remblai fonction du rendement

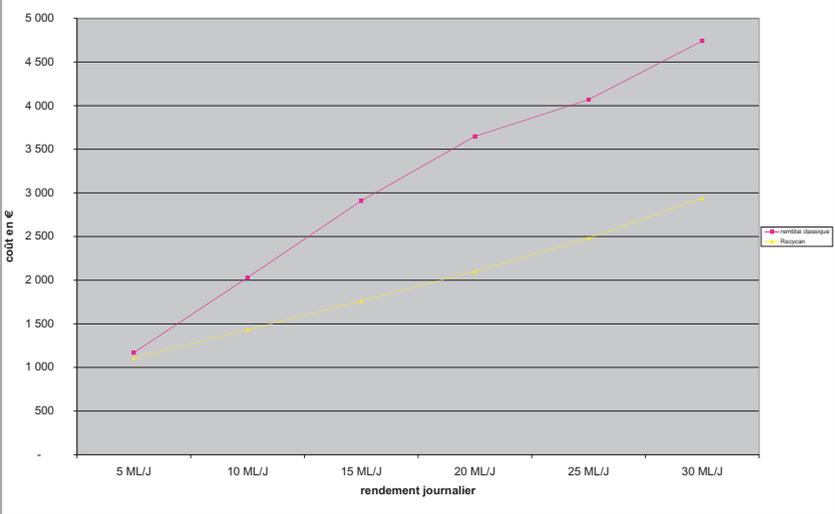


Figure 4
Comparatif déboursés solution traditionnelle/solution Recycan

Cost comparison between traditional solution and Recycan solution



- ◆ personnel : trois ouvriers au-delà de 30 m³/j;
- ◆ chargeuse;
- ◆ matériel de compactage.

Cas d'un chantier Recycan (figure 4)

Largeur de tranchée = 1,70 m.

Atelier de fabrication :

- ◆ machine Recycan;
- ◆ Recycan :
 - fibres,
 - liant,
 - eau.

PERSPECTIVES

Le Recycan permet d'allier une démarche globale de type développement durable et de modifier les pratiques d'organisation de chantier, en profondeur. La nouvelle réglementation issue de la loi du 13 juillet 1992 avec application obligatoire à partir de juillet 2002 aura un impact important sur la gestion des déchets de chantier.

Le Recycan apporte une réponse appropriée à la prise en compte des déchets et de nouvelles perspectives de valorisation, tout en préservant nos ressources naturelles issues de carrières.

Il associe les avantages des produits auto-compactants classiques à la prise en compte des problèmes environnementaux et permet une réduction sensible des coûts de chantier, en réduisant fortement les dépenses du poste déblai remblai.

ABSTRACT

Even the earth is recyclable... In-situ production of a non-centrifuging self-compacting backfill from trench earth cuts

G. Zygomalas, S. Bakowski

On a conventional drainage project the earth cuts/backfills item (removal of earth cuts, costs of dumping, transport and application of make-up backfills) represents about 30 % of the cost of the project. For some years now, the advent of self-compacting backfills has permitted a very sharp improvement in the quality of backfills, a reduction in earth removal for dumping and improved safety for personnel.

The production of self-compacting products requires heavy industrial facilities near the work sites together with transport by revolving drum which generates a high cost for this type of product.

This observation gave rise to Recycan : A self-compacting backfill produced in situ from site earth cuts. A new concept combining ecology (reduction of more than 70 % in heavy vehicle traffic, dumping and sound and vibration nuisances), sustainable development (conservation of valuable materials) and savings...

An experimental project was performed in partnership with the Urban Community of Lille, rue de la petite Alma, Dondaines district in Lille.

RESUMEN ESPAÑOL

Incluso la tierra es reciclable... Fabricación in situ de un terraplen autocompactante no secable por medio de materiales extraídos de zanjas

G. Zygomalas y S. Bakowski

En las obras de saneamiento convencional, el capítulo extracción/relleno (evacuación de los materiales extraídos, gastos de descarga, traslado e implementación de los materiales de relleno de aportación) representa aproximadamente un 30 % del coste de algunas obras. Desde hace pocos años, la aparición de los terraplenados auto-compactados ha permitido una muy importante mejora de la calidad de los

terraplenados, de la reducción de las evacuaciones en vertederos y de la seguridad del personal.

La fabricación de productos autocompactantes precisa disponer de medios industriales pesados en las cercanías de las obras, en comunicación con un transporte por camión dotado de un recipiente de volteo, que habrán de generar un coste elevado para este tipo de producto.

De esta constatación ha tenido origen del Recycan : un terraplenado auto-compactante fabricado in situ por medio de los materiales extraídos en obra. Nuevo concepto que combina la ecología (reducción de más de un 70 % del tráfico por camiones pesados, del transporte hasta los vertederos y molestias sonoras y vibratorias), desarrollo sostenible (conservación de los materiales nobles) y economía, etc.

Se han llevado a cabo unas obras experimentales, en asociación con la Comunidad urbana de Lille, calle de la Petite Alma, barrio de Les Dondaines de Lille.

Utilisation de matériaux de tranchée gaz

Expérience de Lévis-Saint-Nom

Gaz de France en collaboration avec la mairie de Lévis-Saint-Nom, ETDE, filiale de Bouygues et Gravi-France, entreprise recyclant les déblais, a réalisé un chantier expérimental utilisant des matériaux recyclés en remblayage de tranchée sur le territoire du centre EDF GDF Services de Versailles.

400 tonnes de déblais ont été recyclées (scalpées, criblées et chaulées) pour pouvoir être remises en Partie inférieure de Remblai. Cette expérimentation est suivie dans le temps (par un contrôle périodique de la qualité du compactage) et ne présente pas d'anomalie majeure au bout d'un an.

Elle permet de tester une technologie innovante assurant un développement durable et à terme une réduction des coûts de pose notamment en proposant une évolution des prescriptions techniques et de la réglementation.

■ LE CHANTIER EXPÉRIMENTAL

Lévis-Saint-Nom, au cœur de la vallée de Chevreuse dans les Yvelines, n'était pas jusqu'alors relié au réseau Gaz de France. A l'occasion de l'extension de son réseau pour alimenter en gaz naturel cette commune durant l'été 2001, Gaz de France a lancé l'un de ses premiers chantiers mettant en œuvre les techniques de recyclage des matériaux excavés.

Le chantier occasionné par cette installation s'étendait sur environ 7 km et a été réalisé en trois tranches. Sur les 2,5 km de la première tranche, un tronçon de 700 m a été circonscrit pour servir de laboratoire à l'expérimentation du processus "déblayage recyclage remblayage". Il présente l'intérêt d'offrir une palette assez complète des situations rencontrées par un terrassier : tranchée sous trottoir, sous chaussée, traversée de routes, zones de pente. Quatre cents tonnes de matériaux recyclés ont été remises en place en PIR (partie inférieure de remblai).

■ POURQUOI RECYCLER LES DÉBLAIS ?

La filière traditionnelle de pose de canalisation consiste à mettre en décharge les matériaux extraits de la tranchée (les déblais) et à les remplacer par des matériaux issus de carrière (les remblais). Le contexte réglementaire est en train de changer en France, avec la loi Barnier du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement. Elle a pour objet :

- ◆ d'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume ;
- ◆ de valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie.

Surtout, elle stipule qu'à compter du 1^{er} juillet 2002, les installations d'élimination des déchets par stockage ne seront autorisées à accueillir que des déchets ultimes. Est ultime au sens de la présente loi un déchet, résultant ou non du traitement d'un déchet, qui n'est susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment. Les coûts de mise en décharge devraient donc probablement augmenter très fortement. De plus, l'offre de matériaux de carrière semble se restreindre en raison d'abord de la limitation de l'extraction alluvionnaire par l'arrêté du 24 janvier 2001 mais aussi des difficultés croissantes à l'ouverture de carrière massive, devant entraîner là encore une augmentation des coûts des matériaux de carrière.

Creuser une tranchée et la remblayer avec les matériaux extraits ne permet pas, dans la plupart des cas, de répondre aux spécifications de remblayage. La filière matériaux recyclés est une technologie d'avenir qui est déjà rentable et le deviendra de plus en plus à l'avenir compte tenu de l'évolution du contexte réglementaire. Cependant, l'offre de matériaux recyclés n'est pas assez dense actuellement pour que cette solution soit toujours compétitive.

■ COMMENT RECYCLER LES DÉBLAIS ?

Le recyclage consiste à traiter les terres pour les rendre réutilisables en leur faisant subir : un scalpage, un criblage, un chaulage et un concassage. Le scalpage écarte les plus gros éléments qui ne doivent pas entrer dans la trémie qui alimente l'uni-



Benne d'apport des matériaux recyclés

Bin carrying recycled materials

© Médiathèque Gaz de France / Xavier Renaud

recyclés en remblayage

té de retraitement. Les matériaux sont ensuite criblés, c'est-à-dire que les vibrations d'un tamis à double étage affinent le tri permettant de fixer la granulométrie maximale. Les éléments rebutés sont soit mis en décharge soit concassés et réintroduits dans le cycle de traitement des déblais. Un chaulage, c'est-à-dire un ajout de chaux vive, neutralise les argiles et permet de réduire le degré hydrique des matériaux. La quantité de chaux vive à incorporer au mélange est asservie à la quantité des matériaux traités (et à la teneur initiale en argiles). Certaines unités de retraitement n'effectuent pas de concassage rebutant ainsi des éléments trop gros, ou de chaulage, refusant alors les terres ou seulement les terres argileuses. Dans ce dernier cas, les unités s'occupent alors uniquement des déchets du BTP tels que les bétons et les enrobés.

■ LES ACTEURS DU CHANTIER

Ce chantier expérimental est le fruit d'une collaboration entre les autorités locales, une entreprise de travaux publics, une entreprise de recyclage des terres et le groupe Gaz de France. Cette collaboration s'est révélée fructueuse pour le développement durable et pour une réduction des coûts de pose au moyen d'une technique innovante.

Le chantier a nécessité 12 personnes et deux camions de 15 tonnes. La mairie de Lévis-Saint-Nom a mis à disposition le parking de l'école. Les deux camions de l'entreprise prestataire ETDE, y déversent les déblais dont Gravi-France, l'entreprise de retraitement, vient prendre livraison par semi-remorques avant de les y rapporter une fois traités. Il est à noter que Lévis-Saint-Nom est tout de même situé à 50 km de Gravi-France et que l'offre de matériaux recyclés est trop faible pour l'instant pour disposer d'un site plus proche du chantier expérimental.

Le centre EDF GDF Services de Versailles, notamment Frédéric Boutaud, interlocuteur privilégié des communes, a permis le montage de ce projet, en le présentant au maire et à la Direction Départementale de l'Équipement, en partenariat avec l'entreprise de travaux sous-traitante, ETDE.

Yves Vandewalle, maire de Lévis-Saint-Nom et président du Parc Naturel Régional de la Haute-Vallée de Chevreuse a donné son accord; le parc naturel a vocation à œuvrer pour l'aménagement du territoire dans la perspective du développement durable. Le recyclage des matériaux de remblayage induit, à terme, moins de décharges, moins de car-

rières, moins de mouvements de camions donc moins de poussières et de nuisances sonores. De plus, le Parc Naturel vient de conclure avec EDF GDF Services Versailles une convention de partenariat global, comportant un volet énergie et un volet environnement.



Remblayage avec des matériaux recyclés

Backfilling with recycled materials

© Médiathèque Gaz de France / Xavier Renaud

Gravi-France, la société d'Alain Tauszik, à Bondy en Seine-Saint-Denis, recycle des matériaux d'excavation depuis une dizaine d'années. L'implantation stratégique du site à quelques minutes de la porte de Bagnolet permet un accès facile. Les matériaux sont recyclés au moyen d'une unité "Terre-Neuve" fabriquée par EDS, capable, grâce à la trémie d'alimentation de 7 m³, de produire 200 tonnes de matériaux recyclés à l'heure. Un stock tampon de matériaux recyclés existe. Les déblais d'un chantier deviennent, en général, après traitement les remblais d'un autre chantier.

Selon le type de tranchée à combler (sous chaussée, sous trottoir...), le règlement départemental ou communal de voirie fixe les spécifications en s'appuyant sur le guide technique "Remblayage des tranchées et réfection des chaussées" édité en 1994 par le SETRA et le LCPC et enrichi en 2001. Gaz de France a également des exigences particulières en zone d'enrobage de la canalisation. Les

matériaux recyclés par Gravi-France sont qualifiés pour un emploi en PIR. L'organisation du remblayage a donc été la suivante : sable en zone d'enrobage, terres retraitées en PIR et graves calcaires en PSR (Partie Supérieure de Remblai).

ETDE Ile-de-France/Normandie avec son centre de travaux d'Elancourt dans les Yvelines, a réalisé les travaux. La conduite du chantier n'est pas vraiment modifiée par l'emploi de matériaux recyclés. Le remblayage est simplement plus stratifié en raison des différentes couches de matériaux à mettre en œuvre. La Direction de la Recherche de Gaz de France, avec Pierre Blouet, chef d'un projet de recherche pour promouvoir et développer des solutions performantes de pose de canalisations sur la voirie, s'est engagée auprès de la mairie de Lévis-Saint-Nom à suivre l'évolution de la qualité du compactage de la tranchée remblayée en matériaux recyclés durant deux ans au moyen d'un pénétromètre Panda. Au bout d'un an, aucun risque majeur de tassement n'a été révélé. De son côté, EDF GDF Services Versailles s'engage pour la même période à remettre la chaussée en état en cas d'affaissement dans le cadre de ce chantier expérimental.

Gaz de France a reçu le 9 octobre 2001 une mention spéciale aux Trophées franciliens de l'Environnement pour cette démarche de recyclage des déblais. Il s'agit d'un concours organisé par la région Ile-de-France qui récompense chaque année des opérations innovantes initiées par des collectivités locales, des entreprises et des associations. Le recyclage des déblais de tranchée ou des autres déchets du BTP (matériaux inertes,...) est une technologie innovante et à terme plus économique que la filière traditionnelle. Cependant, l'offre de recyclage est encore insuffisante actuellement. Pour la développer, au niveau départemental, des plans de gestion des déchets du bâtiment et des travaux publics sont en cours de rédaction suite à la circulaire interministérielle du 15 février 2000.

**Compactage final
de la tranchée**

**Final compacting
of the trench**



© Médiathèque Gaz de France / Xavier Renaud

ABSTRACT

Use of recycled materials as backfill for gas trenches Lévis-Saint-Nom experiment

Cl. Mangin

French gas utility Gaz de France in conjunction with the mayor's office of Lévis-Saint-Nom, Bouygues subsidiary ETDE, and Gravi-France, the company recycling the earth cuts, carried out an experimental project using recycled materials as trench backfill on the territory of the EDF GDF Service Centre at Versailles.

400 tonnes of earth cuts were recycled (scalped, screened and limed) to be able to be used in the lower part of the backfill. This experiment is monitored over time (by routine inspection of compacting quality) and shows no major anomaly after one year.

It enables testing of an innovative technology ensuring sustainable development and ultimately a reduction in laying costs in particular by proposing a change in the technical specifications and regulations.

RESUMEN ESPAÑOL

Empleo de materiales reciclados para el relleno de zanjas de transporte de gas Experimentación en Lévis-Saint-Nom

Cl. Mangin

Gaz de France, operando en colaboración con la municipalidad de Lévis-Saint-Nom, ETDE, filial de Bouygues y Gravi-France, empresa de reciclado de productos extraídos de excavaciones, ha ejecutado unas obras experimentales utilizando materiales reciclados para el relleno de zanjas, en el territorio del Centro de EDF-GDF Services de Versailles (Francia).

Se han reciclado 400 toneladas de materiales de extracción (escalpados, cribados y encalados) para su introducción en la parte inferior del terraplenado. Esta experimentación ha sido seguida en el tiempo (mediante un control periódico de la calidad de la compactación), que no ha presentado ninguna anomalía importante al cabo de un año. Estas obras han permitido someter a prueba una tecnología innovadora que permite un desarrollo sostenible y, con el paso del tiempo, una reducción de los costes de tendido, y fundamentalmente, al proponer una evolución de las prescripciones técnicas y de la normativa.

Bourg-de-Péage (Drôme) Le collecteur général

La ville de Bourg-de-Péage s'est engagée depuis la genèse du projet en 1998 à recueillir l'ensemble des eaux usées de la ville et de les traiter en station d'épuration, soit un débit de 1,6 m³/s.

La complexité des travaux, d'une enveloppe financière initiale de 5,5 millions d'€ HT, touchant l'ensemble des grands axes de circulation y compris le cœur même de la cité, faisait craindre des perturbations importantes pour les riverains.

L'organisation du groupement, la contribution des services techniques associés au maître d'œuvre et le panel des techniques utilisées ont infirmé ces craintes en générant toutefois, comme de coutume, quelques désagréments mineurs, sans lesquels de tels projets ne pourraient aboutir.



Photo 1
Collecteur Ø 600 - Blindage jointif et coulissant
600 mm dia. main drain - Close-joined, sliding shielding

Tableau I
Géologie au bord de l'Isère
Geology on the edge of the Isère River

Rive gauche	0 à - 1,60 m	Remblais, sable, gravier, argile sableux et divers matériaux de remblais
	1,60 à 4,0 m	Galets sableux
	4 m à 8 m	Sables et gravier
	< - 10 m	Sable molassique
	Niveau nappe à TN - 1,80 m maxi	
Rive droite	0 à - 2,50 m	Argile sableuse
	- 2,50 à - 10,00 m	Sable molassique
	Niveau de nappe à TN - 1,50 m maxi	

La ville de Bourg-de-Péage possède un réseau d'assainissement des eaux usées dont les 20 rejets se font directement dans l'Isère.

Dans le cadre des dispositions européennes du 21 mai 1991 et de sa transposition en droit français se référant à la loi sur l'eau de janvier 1992, la ville de Bourg-de-Péage a lancé un concours d'ingénierie en avril 1999. Ce concours proposait l'étude de réalisation d'un collecteur général d'eaux usées avec trois objectifs :

- ◆ recueil de l'ensemble des eaux usées de la ville de Bourg-de-Péage avec la zone Industrielle de Bourg-de-Péage, de la commune de Chatuzange-Le Goubet et la zone industrielle de Châteauneuf-sur-Isère ;
- ◆ recueil des eaux pluviales du réseau unitaire sans débordement à l'Isère jusqu'à la pluie mensuelle ;
- ◆ amenée de la totalité de ces eaux jusqu'à la station d'épuration existante de la ville de Romans.

Le concours a mis en évidence une solution technique définissant :

- ◆ un tracé entièrement gravitaire sur l'ensemble du linéaire jusqu'à l'Isère, soit 2400 m ;
- ◆ la suppression des stations de pompage, de relèvement ou de refoulement sur réseau ;
- ◆ la suppression des réseaux effluents parallèles aux refoulements ;
- ◆ une optimisation du diamètre du collecteur général par rétention des volumes des effluents avant refoulement vers la station d'épuration.

Sous l'impulsion de M. Guillaume, maire et conseiller général de la Drôme, et de MM. Rasclard et Heyraud, adjoints, le projet s'est concrétisé par un début de travaux en juillet 2000.

DESCRIPTION DU PROJET

Par sa pluridisciplinarité, le projet a généré l'utilisation de nombreuses techniques pour pouvoir réaliser les travaux suivants :

- ◆ collecteur général DN 600 mm = 1500 m et DN 900 mm = 950 m ;
- ◆ collecteur zone industrielle : DN 315 mm = 1800 m ;
- ◆ collecteur secondaire : DN 250 mm = 550 m ;
- ◆ collecteur de refoulement général : DN 350 mm = 2500 m ;
- ◆ collecteur de refoulement secondaire : DN 250 mm = 150 m ;
- ◆ traversée de la rivière Isère : DN 350 mm = 170 m ;
- ◆ déversoirs d'orage : 16 u ;
- ◆ traversée en encorbellement sur pont : DN 315 mm = 50 m ;
- ◆ branchements et raccordement particulier : 100 ;
- ◆ station de refoulement "Pont Vieux" = 80 l/s à 13 m ;
- ◆ bassin tampon et station de refoulement de 2500 m³ de capacité hydraulique :
 - diamètre = 24 m,
 - profondeur radier = 10 m,
 - profondeur paroi moulée = 14 m,
 - profondeur micropieux = 23 m,
 - épaisseur paroi moulée = 60 cm,
 - hauteur d'eau utile = 5,50 m,
 - débit de refoulement = 200 l/s à 50 m.

L'ensemble du collecteur général a été réalisé au centre-ville, le collecteur de refoulement général a été posé en rive droite de l'Isère en zone inondable.

Les terrains traversés

Le site peut se diviser en deux zones, celle du plateau où sont posés le DN 600 mm et le collecteur ZI, et celle située en bordure de l'Isère, pour le collecteur DN 900 mm et le refoulement général DN 350 mm.

Géologie du plateau (0 à TN - 8 m)

Alternance de sable, gravier et galets très compacts avec passage cimenté, type poudingue et de sable, gravier avec peu de matrice, comportement bouillant.

Absence de nappe.

Le collecteur DN 600 - sous la route nationale, 2532 rue A. Vallon au cœur même de la ville - est posé à une profondeur moyenne de 6,00 m dans les graviers et sables.

Géologie au bord de l'Isère (tableau I)

En rive gauche, le DN 900 est posé entre 3 et 7 m de profondeur dans les sables et graviers.

En rive droite, le collecteur de refoulement se situe entre TN - 1 et 2 m dans les argiles sableuses.

d'eaux usées

La traversée de l'Isère, en DN 350 mm PEHD est posée en souille moyenne à 1,50 m de profondeur dans des graviers et des marnes en rive droite.

■ COLLECTEUR DN 600 MM

Dès l'ordre de service, les études d'exécution ont fait l'objet d'une étude approfondie pour pallier les contraintes de circulation sur la nationale, l'accès à deux collèges et à la clinique La Parisière et pour résoudre la traversée du carrefour de l'Europe, le tout associé à une profondeur de pose de 5,50 m et à proximité des immeubles centre-ville (rue D' Eynard et rue du 27 août).

L'analyse de ces contraintes a conduit le groupement de l'ensemble des interlocuteurs à retenir pour solutions principales :

- ◆ circulation à sens unique et travail en plusieurs équipes postées ;
- ◆ pose de tuyau béton HP DN 600, pour sa courte longueur d'élément (2,95 m) ;
- ◆ blindage jointif et coulissant (photo 1) ;

Photo 2
Collecteur Ø 600 - Compactage par vibro-flottation
600 mm dia. main drain - Compacting
by vibro-floating



◆ compactage par vibro-flottation au centre-ville (photo 2) ;

◆ traversée du carrefour de l'Europe par fonçage d'un tube acier DN 800 au poussetube avec hydrocurage hydraulique et busage en DN 600 béton HP (photo 3).

L'un des objectifs de cet atelier était d'atteindre un excellent compactage au centre ville malgré la complexité liée à la profondeur de 5,5 m en moyenne et l'étroitesse du site. Le groupement a proposé le système de vibro-flottation qui permet de compacter dans la masse après remblaiement total.

Un maillage régulier sur deux lignes avec un pas d'espacement de deux mètres a permis l'obtention du niveau de compactage q3 demandé, jusqu'à la génératrice supérieure du collecteur.

L'utilisation des blindages à panneaux coulissants posés par havage était une solution *sine qua non* pour ne pas trop décompresser les sols à l'extérieur des fouilles. L'instabilité des sols a tout de même généré un peu ce phénomène ; le système de compactage par vibro-flottation a assuré le compactage de l'ensemble des terrains.

■ COLLECTEUR DN 900 MM

L'adéquation entre le souci de minimiser les perturbations de chantier pour les riverains sur 900 ml de quais, l'objectif de résultat de pose du DN 900 mm en fonte sous nappe et le respect de l'enveloppe financière des travaux, s'est concrétisée par l'utilisation des blindages jointifs et coulissants et d'un rabattement par puits pouvant atteindre 1000 m³/h par unité, l'ensemble de cette technique étant uti-



Photo 3
Collecteur Ø 600 -
Fonçage d'un tube
acier Ø 800
par hydrocurage
600 mm dia. main drain
- Sinking an 800 mm
dia. steel tube by jet-
ting



Photo 4
Collecteur Ø 900 - Blindage palplanches (vibro-fonçage)
900 mm dia. main drain - Shielding by sheet piling (pile driving by vibration)



Photo 5
Collecteur Ø 900 - Blindage palplanches et puits de rabattement
900 mm dia. main drain - Shielding by sheet piling and pumping well



Photo 6
Bassin tampon 2500 m³, vue extérieure
Stilling basin - 2500 cu m, exterior view



lisée en alternative d'une solution palplanches sur l'ensemble du linéaire.

Sur 550 m, ce choix technique s'est avéré satisfaisant. La géologie rencontrée lors des sondages s'est révélée exacte et le groupement a posé le collecteur DN 900, avec un résultat très positif malgré des conditions techniques difficiles dues à la présence de la nappe.

En cours de travaux, la découverte de silts très fins, jusqu'alors non reconnus, miscibles dans l'eau, et créant des cheminées d'effondrement latérales est venue interdire la poursuite de cet atelier.

Une campagne géotechnique complémentaire et une étude spécifique du maître d'œuvre sur ce tron-

çon ont conduit à déterminer deux nouvelles techniques de pose sur un tronçon de 400 m. Cet aléa a engendré un nouvel appel d'offres de blindage et la gestion d'un nouveau marché de travaux en concomitance avec le marché initial. Coût du marché complémentaire : 950 000 € HT.

Sur l'aspect économique, il faut noter qu'une utilisation de blindage palplanche sur l'ensemble du linéaire du DN 900 et sur une partie du collecteur de refoulement général aurait coûté 2 450 000 € HT.

Malgré cet aléa de chantier, l'optimisation des solutions techniques démontre une fois encore son efficacité et sa nécessité. Une économie de 1,5 M € HT a été réalisée sur le budget global du projet.

Sur la partie amont, sur 125 ml (photo 4) :

- ◆ blindage palplanches en vibrofonçage sur 10 m de profondeur ancré dans les galets pour créer un futur caisson étanche ;
- ◆ terrassement sous eau et évacuation fluviale des matériaux ;
- ◆ bétonnage sous eau d'un radier armé de 60 cm pour la reprise des sous-pressions (Intervention de deux plongeurs pendant 8 jours).

Solution adoptée du fait de la remontée du toit des galets et d'une perméabilité supérieure à 10⁻⁴ m/s ;

- ◆ assèchement du caisson et maintien d'un pompage des débits de fuite ;

- ◆ mise en place du collecteur DN 900 sur lit de pose, remblaiement traditionnel et arrachage des palplanches en fin de travaux.

Sur la partie aval, 275 ml (photo 5) :

- ◆ blindage palplanches en vibrofonçage sur 10 m de profondeur ancré dans les galets ;
- ◆ mise en place de puits de rabattement de nappe entre enceinte palplanches, espacement 15 ml, débit 200 m³/h pour une perméabilité des sables et graviers de 10⁻⁴ m/s ;
- ◆ pose du collecteur de façon traditionnelle sur fond de fouille sec.

■ BASSIN TAMPON ET STATION DE REFOULEMENT

Le bassin tampon comprend essentiellement :

- ◆ une paroi moulée circulaire soutenant les terres et faisant écran vis-à-vis des eaux de nappe ;
- ◆ un radier ancré résistant aux sous-pressions ;
- ◆ l'ensemble de la structure génie civil et de la dalle supérieure, support du local technique.

La paroi moulée est constituée de 11 panneaux de 7 m de longueur et de 14 m de profondeur, épaisseur 0,60 m, ancrée dans les sables molassiques. Le radier, calculé pour reprendre des sous-pressions de 70 t, a été construit sur un système de 49 micropieux, diamètre de forage : 140 mm, descendu jusqu'à une profondeur de 12 m par rapport au radier de l'ouvrage (TN = 22 m).

Les 453 m² de la dalle de couverture ont été réa-

lisés en élément précontraint, poutres et prédalles reposant sur six poteaux préfabriqués de 60 x 60 cm, hauteur : 10 m (photos 6 et 7).

■ COLLECTEUR DE REFOULEMENT GÉNÉRAL

Il ne suffit pas de conduire les effluents jusqu'au bassin tampon rive gauche de l'Isère mais il s'agit de les acheminer jusqu'à la station d'épuration de Romans en rive droite à 2800 m.

Le collecteur de refoulement devant franchir l'Isère, dès la sortie du bassin, la solution en souille a été choisie par le groupement pour cette traversée. L'équipement de travaux était constitué d'une pelle pouvant réaliser une profondeur maxi de terrassement de 12 m, sur ponton flottant de 23 m x 10,00 équipé de deux pieux de stabilisation pour réaliser la souille. Un brise-roche a été adapté en extrémité du bras pour pénétrer dans les sables molassiques.

Les matériaux ainsi terrassés ont été ensuite chargés sur une barge type "clapets" et clapés en aval sur la rivière dans une fosse.

La conduite PEHD, DN 350 mm a été soudée par polyfusion en rive droite sur la totalité de la longueur utile. Elle a été acheminée préalablement lestée par flottaison à la verticale de la souille, puis immergée.

La mise en place du collecteur, des cavaliers bé-

Photo 7
Bassin tampon - Poteaux préfabriqués 60 x 60 cm, hauteur : 10 m

Stilling basin - Prefabricated columns, 60 x 60 cm, height : 10 m



ton de maintien et le positionnement des enrochements de couverture ont été supervisés en continu par des plongeurs (photo 8).

En rive droite, le collecteur de refoulement DN 350 en fonte a été posé entre des blindages jointifs et des rabattements locaux par puits sur l'ensemble du linéaire qui ont été mis en place pour maîtriser l'influence de la nappe.

■ AUTRES ATELIERS DE TRAVAUX

Station de refoulement "Pont Vieux"

Un petit bassin versant urbain ne pouvant pas être raccordé gravitairement a nécessité la réalisation d'une station de refoulement.

La proximité de l'Isère et de la nappe, de quai et de voie de circulation a insufflé l'idée au groupement de réaliser le puits par havage en utilisant un tuyau âme tôle DN 2400 mm pour une profondeur de 7 m, le bouchon béton du radier étant coulé sous eau.

La chambre des vannes béton 4,80 m x 1,80 m, profondeur 2,00 m a fait l'objet d'une préfabrication.



Photo 8
Collecteur de refoulement général - Franchissement de l'Isère

Main discharge sewer - Crossing of the Isère River

Collecteur secondaire zone industrielle de Bourg-de-Péage

Le collecteur DN 315 PVC descendant du plateau sur une longueur de 1800 m, posé à une profondeur comprise entre 1,50 m et 5 m devait franchir le pont du ruisseau de la Maladière de la RN 532. L'importante circulation et le maintien des deux voies de circulation interdisaient l'utilisation d'une nacelle déportée pour poser le collecteur.

La solution retenue a été l'utilisation d'une entreprise de travaux acrobatiques pour poser en encorbellement sur le tablier du pont les 50 ml de collecteur. L'équipe de trois personnes, suspen-

► due par harnais a pu réaliser ces travaux en toute sécurité et efficacité.

■ CONCLUSION

La mise en service du collecteur général est programmée pour l'été 2002, dès lors que les travaux d'extension de la station d'épuration de Romans seront terminés.

L'ensemble des travaux aura duré 23 mois pour un montant global de 6,7 millions d'euros dont 0,95 million d'euros de marché complémentaire.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Ville de Bourg-de-Péage (Drôme) et ses services techniques

Maitre d'œuvre

Sogreah Consultant (Grenoble)

Entreprises

• Groupement d'entreprises :

- Rampa (mandataire) : travaux de canalisation
- Petavit : travaux de canalisation et station de pompage
- Cheval : prestations diverses concernant travaux de : canalisation
- Bauland : traversée sous-fluviale
- Soletanche Bachy : réalisation du bassin tampon
- Pompage Rhône-Alpes : station de pompage

• Groupement d'entreprises pour marché de travaux complémentaires :

- Bauland : palplanches
- Rampa : terrassements
- Petavit : terrassements
- Delta Services : pompages

Coordination sécurité et protection de la santé

Ecoplan

Bureau de contrôle

Socotec

Mise au point architecturale du bassin

M. Abeille - Architecte

Contrôle extérieur d'étanchéité des collecteurs

Tedeco

Contrôle de compacité des remblais

Fondasol

ABSTRACT

Bourg-de-Péage (Drôme region). The main sewage drain

G. Boudet

The town of Bourg-de-Péage has undertaken since the start of this project in 1998 to collect all the town's sewage and treat it in a treatment plant, with a throughput of 1.6 cu m/s.

The complexity of the works, with an estimated initial budget of 5.5 million euros excluding VAT, affecting all the major traffic arteries including the very heart of the inner town, aroused fear of major disturbances for the frontage residents.

The organisation of the consortium, the contribution of the engineering departments associated with the project manager, and the panel of techniques used proved these fears unfounded, even though, as is customary, a few minor nuisances were generated, without which such projects could not be completed.

RESUMEN ESPAÑOL

Bourg-de-Péage (Drôme). El colector general de aguas residuales

G. Boudet

La ciudad de Bourg-de-Péage se ha comprometido, desde la génesis del proyecto de 1998, a recibir el conjunto de las aguas residuales de la ciudad y proceder a su tratamiento en estación depuradora, o sea, un caudal de 1,6 m³/segundo.

La complejidad de las obras, de una transferencia de fondos de los presupuestos generales del Estado de 5,5 millones de euros (no incluido el IVA), que se inserta en el conjunto de los grandes

ejes de tráfico rodado e inclusive el propio centro urbano de la ciudad, hacía de temer importantes perturbaciones para el vecindario.

La organización de la agrupación de empresas, la contribución de los servicios técnicos asociados al responsable técnico de las obras y la variedad de técnicas aplicadas han invalidado estos temores pero generando, no obstante, y como de costumbre, algunas molestias menores, sin las cuales semejantes proyectos no podrían ser llevados a buen término.

Novacol et Thermocol

Deux techniques performantes en place des chaussées

Aujourd'hui plus que jamais, il est important de disposer de techniques permettant de valoriser les matériaux en place et de trouver ainsi des solutions alternatives d'entretien des chaussées.

La loi sur l'interdiction de mises en décharge des produits valorisables de la construction applicable au 1^{er} juillet 2002, l'épuisement des ressources naturelles et l'augmentation des coûts de transport militent en faveur de procédés de recyclage économes en granulats d'apport et en énergie.

Dans cet esprit, Colas a développé au cours de ces dernières années deux techniques de recyclage en place de chaussée à froid et à chaud qui ont chacune leur domaine d'emploi. De nombreux chantiers ont été ainsi réalisés avec succès et ont démontré l'efficacité de ces deux procédés.

Conscient que la préservation de l'environnement et des ressources est l'un des plus importants challenges que devra relever le monde de la route du XXI^e siècle, l'entreprise Colas a développé deux procédés de recyclage en place des chaussées routières et aéronautiques.

La loi sur l'interdiction de mises en décharge des sous-produits valorisables de la construction applicable au 1^{er} juillet 2002, l'épuisement des ressources naturelles, l'augmentation des coûts de transport sont autant de facteurs qui militent vers des techniques d'entretien alternatives, sûres, propres, économes en granulats d'apport et en énergie.

Aujourd'hui, plus que jamais, il devient de plus en plus rentable et fréquent de valoriser les matériaux en place par rapport aux autres solutions de substitution ou de renforcement lourd.

Dans cet esprit, Colas a développé au cours de ces dernières années deux techniques performantes de recyclage en place de chaussée à froid et à chaud qui ont chacune leur domaine d'emploi.

Technique de recyclage en place à froid, Novacol traite les couches de chaussées décollées et ou fatiguées et permet également le retraitement des structures de chaussées souples ou semi-rigides sur des épaisseurs importantes.

Technique de recyclage en place à chaud, Thermocol restaure les caractéristiques de surface des couches supérieures d'enrobés de chaussée (fissuration, orniérage, adhérence, drainabilité...) et traite les décollements de couches d'enrobés de leur support jusqu'à une épaisseur de 9 cm environ.

Ces deux procédés industriels utilisent des matériels spécifiques et puissants. Ils ont démontré leur efficacité par des suivis rigoureux de chantier.

LE RECYCLAGE À FROID DES CHAUSSÉES : NOVACOL

Description du procédé Novacol

(photo 1)

Le procédé Novacol consiste à retraiter en place à froid des couches de chaussées routières ou aéronautiques sur des épaisseurs de 5 à 20 cm de façon à obtenir une nouvelle couche de base ou de liaison homogène et performante. Elle recevra ensuite un revêtement de type enduit superficiel, enrobé coulé à froid ou enrobé à chaud ou à froid. C'est un procédé adaptable à chaque cas de chantier et le traitement est réalisé :

- ◆ avec une émulsion de bitume régénérant ou non (cas des couches de roulement notamment) ;
- ◆ avec du liant composite Stabicol de Colas, mélange homogène de liant hydraulique adapté et d'émulsion spéciale (cas du renforcement de structure).

Cette technique permet d'obtenir un recyclage à 100 % avec d'excellentes performances de durabilité.

Principe et matériel

Novacol consiste à réaliser à l'aide d'un atelier compact et puissant :

- ◆ le fraisage à froid sur l'épaisseur désirée, précédé ou non d'apport de granulats correctifs ;
- ◆ le dosage de l'eau d'apport et du liant de traitement. Les systèmes de dosage de ces constituants sont asservis à la vitesse d'avancement de la machine ;
- ◆ le malaxage de l'ensemble pour obtenir un mélange homogène (figure 1) ;

Photo 1
Composition
de l'atelier Novacol

Composition
of Novacol equipment



et éprouvées de recyclage

- ◆ la mise au cordon des matériaux traités ;
- ◆ l'application d'une couche d'accrochage ;
- ◆ le répandage des matériaux à l'aide d'un finisseur à table à pouvoir de compactage élevé.

Le compactage des matériaux est effectué par un compacteur vibrant lourd V2 ou V3 et d'un compacteur à pneus P1 ou P2 (3 ou 5 t/roue).

La protection éventuelle de surface est réalisée par un enduit de scellement ou de cure suivant les cas. La couche de roulement définitive peut être un enduit superficiel, un enrobé coulé à froid Colmat, un béton bitumineux à froid type Colasmac ou à chaud d'épaisseur adaptée au cas de chantier et au trafic supporté.

Domaine d'emploi

Novacol a de multiples utilisations. Il permet de résoudre notamment les problèmes de :

- ◆ décolllements des enrobés sur leur support, des couches traitées de base sur fondation. Le liant de traitement est fonction du problème à résoudre et du trafic supporté ;

- ◆ fissuration due aux couches inférieures traitées au liant hydraulique par la création d'une couche à l'émulsion de bitume anti-remontée de fissure ;
- ◆ fissuration de surface des couches de roulement en enrobés par vieillissement du bitume. Dans ce cas, une émulsion de bitume régénérant est utilisée. Elle permet de modifier efficacement les caractéristiques rhéologiques du bitume ;

- ◆ retraitement en place des chaussées souples déformées et présentant des dégradations dues à la fatigue des matériaux. Ce retraitement est réalisé avec une émulsion de bitume et il redonne à la chaussée un bon uni et des caractéristiques mécaniques adaptées au trafic supporté et à la durée de vie escomptée ;

- ◆ retraitement des chaussées semi-rigides présentant des dégradations dues à la fatigue des matériaux ou à une insuffisance des caractéristiques mécaniques vis-à-vis du trafic supporté. Le liant Stabicol 50 ou 90 est en principe utilisé. Il permet de réaliser en place une chaussée mécaniquement correcte. Ce traitement peut être limité à la voie lente de chaussée à fort trafic routier ou autoroutier. Novacol optimise l'emploi des matériaux existants, notamment dans les régions à faible ressource en granulats.

Plusieurs chantiers de Novacol au Stabicol ont été réalisés depuis 1994 dans le cadre de la Charte de l'innovation routière avec la direction des Routes (RN 144, RN 109, RN 112, RN 152). Ils font l'objet

d'un suivi de comportement et ont permis d'affiner la méthode de dimensionnement.

Etude préalable

Point de passage obligé, l'étude de laboratoire préalable a pour but d'évaluer la faisabilité de la technique et de déterminer le mode et la profondeur de traitement et sa formulation. Elle comporte une auscultation de la chaussée par carottage ou par sondage de la chaussée et par des mesures de déflexion si besoin est. Elle permet de définir des sections homogènes de traitement, d'analyser les matériaux prélevés, de connaître la structure de chaussées et l'état des interfaces.

Un fraisage expérimental éventuel, destiné à récupérer les matériaux du site, peut être fait pour réaliser l'étude de formulation.

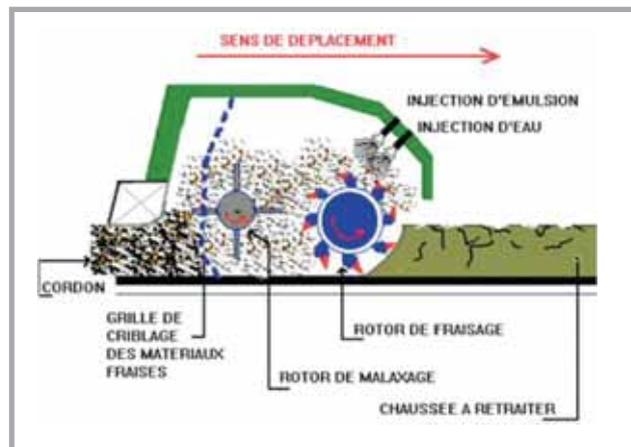


Figure 1
Schéma de principe
du retraitement

Schematic diagram
of resurfacing

Cas du recyclage par Novacol des couches de roulement

Une analyse du liant vieilli est réalisée et permet de choisir le type de régénérant et son dosage en fonction de la teneur en liant en place. Un correctif granulaire peut être ajouté suivant la granulométrie des enrobés. Les caractéristiques PCG et Duriez sont déterminées et doivent répondre aux spécifications internes de Colas.

Caractéristiques du liant après retraitement

L'étude conduit à une modification notable de la température de ramollissement bille et anneau (TBA), elle vise une réduction de 5 à 15 °C :

- ◆ essai Duriez :
 - pourcentage de vides ≤ 14 %,
 - $r/R \geq 0,70$,
 - $R_c (14 j) \geq 5$ MPa.
- ◆ essai PCG : % de vides à 100 girations ≤ 25 %.

Michel Ballié

DIRECTEUR TECHNIQUE
Colas France



Pierre Pringuet

DIRECTEUR TECHNIQUE
Colas Midi-Méditerranée



Didier Thouret

DIRECTEUR TECHNIQUE
Colas Sud-Ouest





Photo 2
RD 125. Retraitement Novacol sur 8 cm
RD 125 highway. Novacol resurfacing over 8 cm

►
Cas du recyclage par Novacol des structures de chaussées

Une étude des caractéristiques mécaniques est entreprise soit avec l'émulsion de bitume, soit avec le liant Stabicol. Pour le traitement à l'émulsion de bitume, des études PCG et Duriez sont réalisées pour définir le dosage en émulsion et les correctifs granulaires si nécessaire.

Pour le traitement au Stabicol, une étude de performances mécaniques à court et à moyen terme est entreprise suivant les méthodes normalisées. Elle détermine le type de Stabicol 50 ou 90, le dosage nécessaire et les correctifs granulaires si besoin.

Une étude de dimensionnement est réalisée à l'aide de modélisation par ALIZE III ou autre logiciel agréé de façon à préciser l'épaisseur du retraitement en fonction du trafic supporté et du cas de chantier.

Conditions de mise en œuvre

Les rendements varient entre 5 000 et 10 000 m² par jour suivant le cas de chantier et l'épaisseur du retraitement. L'atelier compact de mise en œuvre permet de déporter la circulation sur une autre voie d'où une quasi-absence de la gêne à l'utilisateur. La remise sous trafic de la voie traitée se fait au fur et à mesure de l'avancement du chantier. Le procédé est adaptable au problème à traiter.

Assurance de la qualité

Novacol est réalisé suivant un plan d'assurance qualité et des contrôles de réalisation sont effectués, notamment :

- ◆ vérification du coefficient HEPIE₁⁽¹⁾ ;
- ◆ épaisseurs de retraitement ;
- ◆ granulométrie et teneur en liant d'ajout ;
- ◆ homogénéité, teneur en eau ;
- ◆ vitesse d'avancement, fonctionnement de l'atelier.

Des mesures de masse volumique sont pratiquées systématiquement pour assurer l'efficacité du compactage. Ces dispositions permettent de vérifier que les caractéristiques obtenues sont conformes à celles de l'étude de formulation.

(1) Coefficient HEPIE₁ :
 H : qualité d'Homogénéisation du matériau avec l'émulsion suivant que le matériel dispose ou ne dispose pas d'un malaxeur associé au rotor de fragmentation.
 E : maîtrise de l'Épaisseur de retraitement de la chaussée.
 P : Puissance disponible pour fragmenter l'ancienne chaussée.
 I : présence d'un dispositif d'Injection de l'eau.
 E₁ : dosage de l'Emulsion.
 Ce coefficient permet de déterminer les critères de performance et d'acceptation du matériel de retraitement en place. Il est issu du *Guide Technique* pour le retraitement en place à froid des anciennes chaussées rédigé par un groupe de travail paritaire administration/entreprises et sera en principe disponible dans le courant de l'année 2002.

Quelques chantiers récents

RD125 Bagnères-de-Luchon

Les travaux consistaient à retraiter en place à froid 30 000 m² des anciennes chaussées sur une profondeur de 8 cm pour le compte du conseil général de la Haute-Garonne.

Après traitement et mûrissement, une couche de roulement Rulflex en 4 cm d'épaisseur a été appliquée (photo 2).

Réfection de la piste de l'aérodrome de l'Ecole de l'Air du Cagnet-des-Maures

L'ancienne piste constituée d'un enrobé vieilli, fissuré, décollé de son support a été retraité sur 7 cm de profondeur. Présentée en variante, Novacol a été retenu afin d'une part de rénover les enrobés en créant ainsi une nouvelle couche de liaison anti-remontrée de fissure et d'autre part de la recoller au support. Après retraitement des 22 000 m² de piste, la couche de roulement a été réalisée avec un BBA (béton bitumineux aéronautique) au liant Colflex en 4 cm d'épaisseur (photo 3).

Aéroport de Limoges Bellegarde

Les travaux de réfection de l'ancienne piste de l'aéroport de Limoges ont été réalisés par la technique du retraitement en place à froid. Les travaux ont consisté à fraiser la totalité de la piste sur une profondeur de 12 cm. Compte tenu des délais imposés, deux techniques de retraitement en place ont été choisies : Novacol de Colas et Recycold de SCREG. Les travaux ont été exécutés en deux postes de huit heures représentant une cadence de 12 000 m²/jour soit un temps record de 8 jours pour traiter les 100 000 m². Après une période de mûrissement, un BBA 0/10 de 5 cm d'épaisseur a été appliqué sur la chaussée retraitée (photo 4).

Commentaires

Le retraitement en place à l'émulsion de bitume par le procédé Novacol de Colas est une technique fiable, sûre, éprouvée et qui a fait ses preuves tant dans le domaine des chaussées routières qu'aéronautique.

A ce jour, plus de deux millions et demi de mètres carrés de chaussées retraitées au Novacol ont été réalisées avec succès. Cette technique de retraitement à froid s'inscrit parfaitement dans la panoplie des techniques d'entretien reconnues. Novacol avec traitement au liant Stabicol conduit à des chaussées rénovées de caractéristiques mécaniques intéressantes et à fissuration très limitée.

Technique économique, Novacol recycle à froid 100 % du matériau en place en préservant les réserves de matériaux et l'environnement. Un rendement élevé 5 à 10 000 m²/j rend la technique

encore plus compétitive. L'atelier compact accroît la sécurité de l'utilisateur par une gêne réduite. L'efficacité de régénération, de restructuration des chaussées et de lutte contre la remontée des fissures de Novacol est démontrée.

■ PROCÉDÉ DE RECYCLAGE À CHAUD : THERMOCOL

C'est un procédé de rénovation par recyclage en place et à chaud des couches d'enrobés supérieures des chaussées.

Le traitement consiste à chauffer, décohesionner, malaxer et remettre en place les enrobés d'origine après les avoir corrigés par adjonctions éventuelles de bitume, de liant régénérant, de granulats, d'enrobés ou de fibres.

Principe et matériel

Les enrobés en place sont chauffés à 130 - 140 °C sur une épaisseur pouvant atteindre 9 cm et une largeur de 2,5 à 4 m.

Cette opération est réalisée par un ensemble de cinq préchauffeuses couvrant une surface totale de 250 m² et assurant une augmentation lente et progressive de la température dans les enrobés à traiter afin d'éviter tout choc thermique et la dégradation du liant.

Chaque préchauffeuse est équipée de panneaux radiants à infrarouge alimentés au propane. Ces panneaux sont portés par des poutres télescopiques qui permettent le déplacement et le repliement automatique des différents éléments, notamment lors des transferts.

Les caractéristiques du train de chauffe permettent une adaptation rapide de la puissance calorifique en fonction des conditions climatiques en vigueur et de l'épaisseur de traitement prévue. En phase chantier, la vitesse d'avancement de chaque préchauffeuse est comprise entre 2 et 6 m/mn.

La régénération de l'enrobé proprement dite est réalisée par un ensemble compact, appelé DMF (Décohesionneur - Malaxeur - Finisseur), qui comprend :

- ◆ un tambour central et deux tambours latéraux extensibles (largeur de travail de 2,5 à 4 m), sur lesquels sont montés des couteaux qui, en pénétrant dans l'enrobé ramolli, assurent son décohesionnement sur une profondeur maximale de 10 cm. Deux arbres hélicoïdaux droite et gauche positionnent le matériau ainsi décohesionné dans l'axe longitudinal de la machine. C'est à cet endroit qu'est injecté le bitume d'apport ;
- ◆ un malaxeur longitudinal de 1,50 m de longueur et de 150 t/h de capacité, équipé de deux arbres horizontaux à palettes. Les matériaux y sont chargés par quatre éjecteurs ;
- ◆ une table lourde de finisseur qui effectue le ré-



Photo 3
Aérodrome de Cagnet des Maures : atelier de traitement
Cagnet des Maures aerodrome : surfacing equipment



Photo 4
Aéroport de Limoges Bellegarde
Limoges Bellegarde airport

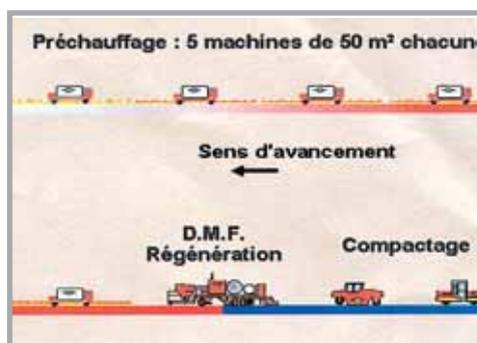


Figure 2
Schéma de principe du fonctionnement de l'atelier Thermocol

Schematic diagram of operation of Thermocol equipment

- ◆ pandage régulier et uniforme des enrobés traités ;
- ◆ une cuve thermostatée de 3000 litres, avec son système de dosage pour le liant d'apport ;
- ◆ une trémie située à l'avant du DMF servant à doser les enrobés d'apport ou les gravillons laqués et les fibres éventuelles ;
- ◆ une autre trémie, plus petite, servant à doser les fibres de polyéthylène.

Le compactage est assuré par un atelier traditionnel adapté à l'épaisseur traitée.

Toutes les fonctions de dosage des différents ajouts sont asservies à la vitesse d'avancement. Les figures 2 et 3 donnent le schéma de l'atelier et du DMF.

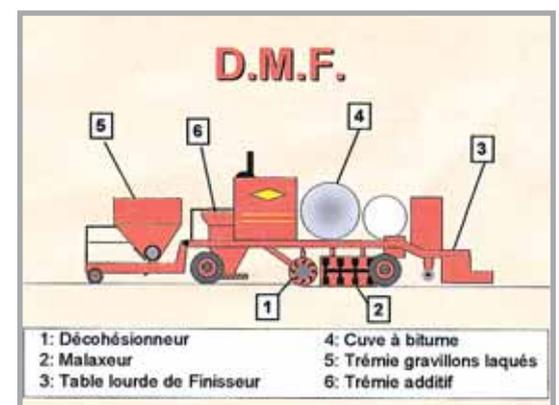


Figure 3
Schéma du fonctionnement du DMF (Décohesionneur - Malaxeur - Finisseur)

Diagram showing operation of the DMF (Decohesioneer - Mixer - Finisher)

AJOUT DE REGENERANT MR 15	AVANT	APRES
Teneur en liant	5.2% 4.0 à 5.7 % n = 21	6 % 5.8 à 6.3 % n = 18
Pénétrabilité	10 1/10mm 7.6 à 13.7mm n = 6	40 1/10mm 32 à 47.7mm n = 6
Température Bille Anneau	65°C 64 à 65°C n = 8	52°C 50 à 53°C n = 6

Tableau I
Aéroport de Ouarzazate au Maroc.
Thermorecyclage de la piste
(mars 1998). Régénération
de l'ancien liant

*Ouarzazate airport in Morocco.
Hot-in-place recycling
of the runway (March 1998).
Regeneration of the old binder*



Photo 5
Thermocol de la piste de Ouarzazate au Maroc
Thermocol on the Ouarzazate runway in Morocco

AJOUT DE REGENERANT R10 800	AVANT	APRES THERMORÉGENERATION
Retour Élastique à 10°C	2000N	57 % 62 à 75 % n = 9
Pénétrabilité	17 1/10mm 13 à 23.7mm n = 10	36 1/10mm 23 à 42.7mm n = 8
Température Bille Anneau	70°C 67 à 75°C n = 12	60°C 57 à 61°C n = 6

Tableau II
A10 district de Saran.
Thermorecyclage de BBTM
sur 2,5 cm

*A10 motorway, Saran district.
Hot-in-place recycling of very
thin asphalt concrete over 2,5 cm*



Photo 6
Thermorégénération de BBTM sur A10, district
de Saran
*Thermal regeneration of very thin asphalt concrete
on the A10 motorway, Saran district*

Domaine d'emploi

Recoller les couches d'enrobés à leur support

Thermocol permet de recoller les couches d'enrobés sur leur support. Le procédé peut apporter une prolongation de la durée de vie de la chaussée et permettre de retarder une réfection complète ou un renforcement.

Il peut ainsi être employé pour réduire sensiblement l'épaisseur d'un renforcement lourd sur un tapis décollé et assurer un bon fonctionnement de la structure.

Le traitement peut s'utiliser également en solution mixte : un fraisage est exécuté sur 2 à 3 cm, suivi d'une thermorégénération et d'une nouvelle couche de roulement d'épaisseur égale à celle préalablement fraisée. Cette association permet de régénérer une partie des enrobés bitumineux en place, de recoller une interface décollée située entre 9 et 11 cm et d'améliorer très sensiblement les caractéristiques de surface de la couche de roulement.

Traiter la fissuration thermique due au vieillissement du bitume

Le procédé est particulièrement bien adapté pour résoudre le problème de l'entretien de couche de

roulement présentant de la fissuration due au vieillissement du bitume. C'est notamment le cas des pistes et aires aéronautiques qui présentent des couches de roulement avec fissuration par le haut due à une fragilisation du bitume exposé aux intempéries et au rayonnement solaire.

Il est alors nécessaire d'ajouter à l'enrobé en place un liant régénérant de façon à redonner au liant résiduel des caractéristiques rhéologiques normales. La photo 5 et le tableau I montrent le traitement de la piste de Ouarzazate au Maroc.

Régénérer les anciens enrobés drainants

Utilisée pour régénérer des enrobés drainants anciens ayant perdu leur drainabilité et présentant des défauts de surface, la technique fait l'objet actuellement d'un protocole de la Charte de l'innovation signé avec la Direction des Routes avec un suivi depuis plus de 3 ans.

Redonner de bonnes caractéristiques de surface aux bétons bitumineux minces et très minces

Les bétons bitumineux minces et très minces présentant des désordres de l'état de surface – glaçage, ressuage, arrachements, fissuration – peuvent également être traités par ce procédé. Certains chantiers (photo 6 et tableau II) ont permis de retoucher des enrobés anciens réalisés avec des bitumes polymères et de régénérer les liants vieillissants en leur donnant du retour élastique.

Supprimer efficacement l'orniérage des couches de roulement

Les couches de roulement orniérées de voies lentes routières ou autoroutières et celles présentant du glaçage dans les bandes de roulement sont efficacement traitées par ce procédé. Depuis 1996, plus d'un million de mètres carrés de voies lentes orniérées ont été traitées. La photo 7 montre l'ajout d'additifs anti-orniérants lors du traitement des voies lentes de l'autoroute A4 près de Reims.

Le procédé consiste alors à thermorégénérer en reprofiliant l'ensemble de la couche concernée par l'orniérage (soit 6 à 7 cm) et en ajoutant des additifs adaptés, des gravillons laqués et du bitume si nécessaire.

Les gravillons laqués sont ajoutés pour obtenir une granulométrie de l'enrobé final compatible avec un bon niveau d'adhérence.

L'ajout de bitume sert éventuellement à compenser la baisse de teneur en liant due à l'ajout de gravillons.

Les additifs sont apportés pour lutter contre l'orniérage. Ainsi, la résistance à l'orniérage est améliorée de façon très sensible. L'ornière à 30 000 cycles est divisée par deux, comme le montrent les essais à l'orniéreur LPC réalisés sur les enrobés avec et sans additifs. La figure 4 en donne un exemple.

Créer in situ une couche anti-fissure

Thermocol permet de créer en place une couche de liaison limitant la remontée de la fissuration thermique des couches sous-jacentes.

Par thermorecyclage des centimètres supérieurs de l'enrobé existant et malaxage avec 15 à 30 kg/m² d'apport de sable enrobé au liant élastomère et fibres, une couche de 3 cm anti-fissure est réalisée *in situ*.

Elle est ensuite revêtue d'une couche de roulement mince afin de garantir rugosité et résistance à l'orniérage.

Ce retraitement original fait l'objet actuellement d'un protocole de Charte de l'innovation signé avec la Direction des Routes.

Conditions de mise en œuvre

Les rendements varient de 5000 à 10000 m² par jour. La vitesse d'avancement est comprise entre 2 et 6 m/mn. Elle dépend de l'épaisseur traitée, du bon collage au support et des conditions atmosphériques.

Les largeurs utiles sont de 2,50 à 4,00 m, grâce aux préchauffeuses réglables, au décohesionneur et table de finisseur extensibles.

Etudes de laboratoire

Une étude de laboratoire préalable est indispensable pour, d'une part s'assurer de la faisabilité de la technique, d'autre part déterminer les paramètres de traitement si l'étape précédente s'avère positive.

Elle comporte une auscultation par carottage de façon à obtenir les informations suivantes :

- ◆ épaisseurs et densité des couches supérieures d'enrobés de la chaussée, collage des interfaces ;
- ◆ nature, granulométrie et teneur en liant de la couche considérée ;
- ◆ caractéristiques rhéologiques du bitume en place.

A partir des résultats précédents et des critères requis pour le produit fini, les paramètres du traitement sont déterminés : profondeur, nature et dosage des matériaux d'ajout éventuels. L'étude de formulation est réalisée suivant le type des enrobés à retraiter.

Assurance qualité

Les chantiers sont réalisés avec plan d'assurance qualité. Les contrôles de réalisation consistent à vérifier : l'épaisseur du retraitement, les températures de fond de couche de l'enrobé préchauffé et du matériau retraité, les dosages des matériaux d'apport, les vitesses d'avancement.

La conformité du produit fini est également vérifiée : composition, rugosité, densités...

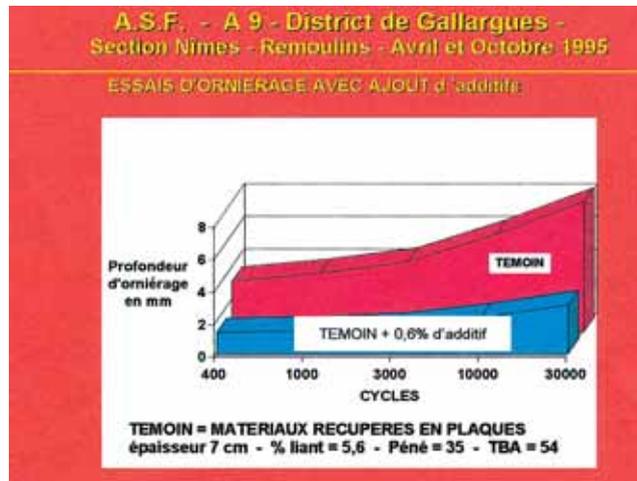


Figure 4
Exemple d'augmentation très sensible de la résistance à l'orniérage

Example of very marked increase in rutting resistance

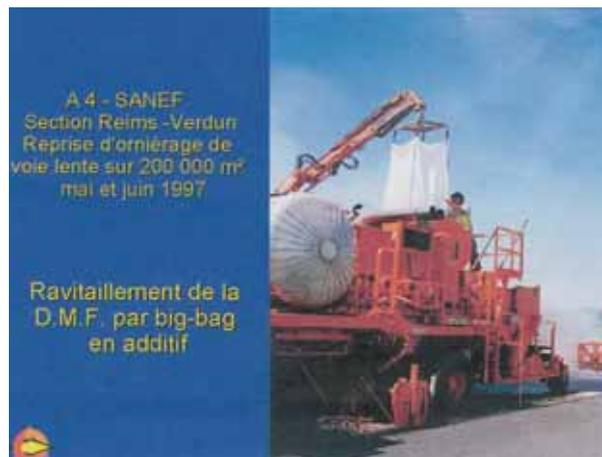


Photo 7
Traitement par Thermocol des voies lentes de l'autoroute A4 près de Reims

Treatment by Thermocol of the slow lanes on the A4 motorway near Reims

Commentaires

Procédé Colas de recyclage en place à chaud, Thermocol rénove et restaure les caractéristiques des couches de roulement en enrobés bitumineux.

Il est une solution économique d'entretien, assurant le recyclage des couches supérieures de la chaussée composées de granulats de caractéristiques mécaniques les plus performantes.

Le traitement ne concerne que les voies dégradées et la totalité du matériau en place est utilisée.

C'est un procédé industriel utilisant des moyens matériels spécifiques et puissants. L'atelier linéaire est compact, l'intervention globale est limitée et engendre une gêne réduite aux usagers ; la remise en circulation est immédiate après compactage.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Aujourd'hui et encore plus dans l'avenir, le recyclage des matériaux issus de la route s'imposera. A partir du 1^{er} juillet 2002, seuls les déchets ultimes non valorisables économiquement pourront être mis en décharge.

Il est également impérieux de préserver l'environnement et nos ressources en granulats.

Le recyclage en place à froid et à chaud des chaus-

► sées est une manière originale de régler les problèmes d'entretien et de rénover les caractéristiques structurelles et de surface des chaussées en répondant à ces préoccupations.

Les deux techniques de Colas présentées ont été développées pour répondre à ces besoins qui ne peuvent que s'amplifier dans les prochaines années.

De nombreux chantiers de retraitement dans des domaines différents d'emploi ont été ainsi réalisés avec succès.

Les nouveaux guides du retraitement à froid et à chaud des chaussées doivent permettre de mieux encore développer ces techniques.

ABSTRACT

Novacol & Thermocol. Two efficient, tested Colas techniques for in-situ recycling of pavements

M. Ballié, P. Pringuet, D. Thouret

Today more than ever, it is important to have techniques allowing exploitation of in-situ materials, and thus to find alternative solutions for pavement maintenance.

Legislation prohibiting dumping of products which could be used for construction, applicable from 1st July 2002, the depletion of natural resources and the increase in transport costs plead in favour of recycling processes with low filler aggregate and energy requirements.

In this spirit, Colas has developed in recent years two techniques for in-situ pavement recycling both cold and hot, each of which has its area of use.

Many projects have been performed successfully, demonstrating the efficiency of these two processes.

RESUMEN ESPAÑOL

Novacol & Thermocol. Dos procedimientos técnicos Colas, que han dado sendas pruebas de valía para el reciclado in situ de los pavimentos

M. Ballié, P. Pringuet y D. Thouret

Hoy más que nunca, resulta importante poder disponer de procedimientos técnicos que permitan valorizar los materiales in situ y por ende, encontrar soluciones alternativas de mantenimiento de los pavimentos.

La ley relativa a la prohibición de descarga en vertederos de los productos valorizables de la construcción, aplicable desde el 1 de julio de 2002, el agotamiento de los recursos naturales y el aumento de los costes de transporte abogan en pro de procedimientos de reciclado que permiten obtener ahorros en cuanto a los áridos de aportación y de energía.

Con esta intención, Colas ha desarrollado durante el transcurso de estos últimos años dos técnicas de reciclado in situ de pavimentos, en frío y en caliente, que se aplican, cada uno, en su propio ámbito de empleo. Ya se han llevado a cabo con todo éxito numerosas obras

que han permitido demostrar la eficacia de ambos procedimientos.

Envimat au service du recyclage et de l'environnement

Yves Meunier



DIRECTION TECHNIQUE
Groupe Appia

Le groupe Eiffage à travers ses sociétés Appia et Eiffage Construction a su réunir ses potentialités en matière de déconstruction et de recyclage pour créer la société Envimat qui répond aux attentes politiques actuelles en matière d'environnement et de réutilisation d'agrégats¹ ou de déchets industriels pour la route.

Envimat maîtrise par ses activités dans des domaines complémentaires toute la chaîne production - recyclage et réutilisation de déchets ou d'agrégats dans la route.

Cette synergie entre sociétés et filiales d'un même groupe a permis d'anticiper sur les préoccupations actuelles en matière de recyclage par la mise au point de nouveaux matériaux aux performances compétitives avec celles des matériaux traditionnels. L'article présente notamment des chantiers où ces matériaux ont été utilisés avec succès :

◆ **des agrégats issus de béton concassé, de fraisats d'enrobés ou de Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM) valorisés et réutilisés tels quels comme grave ou matériaux pour remblais et couches de forme ;**

◆ **les mêmes matériaux traités avec une mousse de bitume pour la réalisation d'assises de chaussées ;**

◆ **des matériaux nouveaux auto-compactants, coulis (CAC 2000) ou mortiers (MAC 2001) utilisant des cendres volantes ou du sable de fonderie traités avec un liant hydraulique, comme matériaux de remblaiement utilisés dans les travaux d'assainissement délicats en site urbain et industriel ;**

◆ **le liant Sidmix, un nouveau liant routier issu du recyclage de laitiers d'aciéries pour le traitement des sables et graves en centrales de malaxage.**

Ces produits ouvrent de nouvelles perspectives pour la réutilisation des matériaux recyclés et la pérennité de leurs performances rassure et encourage les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à les utiliser davantage, ce qui conforte le groupe Eiffage dans le développement de la société Envimat.

■ LA SOCIÉTÉ ENVIMAT

Les sociétés Appia et Eiffage Construction appartenant au groupe Eiffage se sont associées pour créer le 1^{er} janvier 2001 la société Envimat dont elles sont actionnaires chacune à 50 %. L'objectif principal d'Envimat est de répondre aux attentes nationales en matière de politique d'environnement. Il s'agissait de regrouper les pôles d'activités que sont la production, le transport, le négoce de matériaux, la déconstruction et la réutilisation des déchets de construction et les matériaux de démolition comme agrégats¹ recyclés dans les couches de chaussée.

1. Agrégats : "Matériaux granulaires provenant du fraisage ou de la démolition d'enrobés bitumineux et entrant dans la composition d'enrobés de recyclage". Cf. norme NF P 98.149 de juin 2000.

Ainsi, Envimat maîtrise toute la chaîne des déchets, depuis la source potentielle et notamment celle des déchets de déconstruction du BTP, jusqu'à la production de matériaux directement réutilisables dans l'industrie des travaux publics.

Les deux groupes possédaient dans le Nord-Pas-de-Calais, région où les friches industrielles constituent une source importante de matériaux recyclables, plusieurs filiales et participations de centres de production de matériaux, d'installations de traitement, de centres de recyclage de traitement de déchets et de moyens de transport importants :

◆ Appia possédait notamment les carrières Stinkal et la filiale Godefroid pour le transport et le négoce de matériaux industriels ;

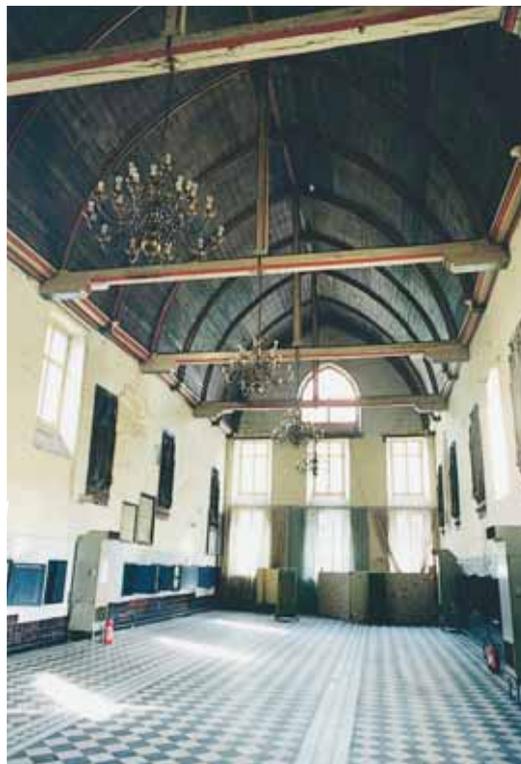
◆ Eiffage Construction possédait RMN (recyclage) et BCL (centrale à béton).

Envimat est ainsi constitué par le groupement de plusieurs entreprises appartenant aux deux groupes



Photos 1 et 2
Démolition "fine" de l'hospice Gantois à Lille : préservation des niches de rangement en faïence, carrelages, décoration d'époque

"Delicate" demolition of the Gantois Hospice in Lille : preservation of glazed earthenware storage niches, floor and wall tiling, and period decorations



► fondateurs dont les activités séparées concourent au réemploi de matériaux recyclés dans les chaussées.

Envimat concerne ainsi plusieurs domaines d'activité complémentaires qui vont être présentés plus loin et pour lesquels des produits nouveaux ont été mis au point, permettant de conjuguer innovation et économie tout en respectant des niveaux de performance identiques à ceux qui sont exigés pour des matériaux traditionnels.

Des chantiers de référence pour ces produits sont présentés pour chacun de ces domaines d'activité. Il s'agit :

- ◆ des activités de déconstruction : démolition lourde et fine ;
- ◆ de la production, du transport et du négoce de matériaux ;
- ◆ du recyclage de déchets de chantiers ou de démolition de site industriels ;
- ◆ de la fabrication de béton et coulis auto-compactants utilisant des matériaux recyclés.

■ LA DÉMOLITION ET LA DÉCONSTRUCTION

Envimat Déconstruction est la filiale qui procède à la démolition d'immeubles ou de sites industriels, source de matériaux recyclables dans les chaussées. On distingue la démolition "lourde" utilisant des moyens lourds et classiques, de la démolition "fine" où certaines parties des immeubles doivent être sauvegardées pour des raisons historiques par exemple.

Le chantier de déconstruction de l'hospice Gantois à Lille, réalisé fin 2001 illustre bien ce que l'on entend par déconstruction "fine". Vieux de cinq siècles, ce monument historique doit être transformé en hôtel - musée.

La mission confiée à Envimat Déconstruction a donc été de déconstruire "sur mesure" avec discernement dans le but de sauvegarder le patrimoine que constitue cet hospice : préservation de murs en faïence avec leurs niches de rangement des effets des pensionnaires, de carrelages et décorations d'époque... (photos 1 et 2).

D'autres types de chantiers peuvent être cités comme la démolition d'usines et retrait de fibrociment (Bricomidis), la démolition de hangars avec désamiantage (Carrefour Lomme) ou la démolition de cheminées en brique de grande hauteur.

Pour compléter son activité, Envimat Déconstruction a intégré en janvier 2002 la société Diam Perfo, spécialiste dans le Nord-Pas-de-Calais du sciage carottage de béton et de la déconstruction en milieu protégé.

A titre d'exemple, citons le chantier de carottage de la ligne de tramway de Lille entre Marcq-en-Barœul et Roubaix où 14 000 carottages ont été réalisés en quatre mois.

■ LE TRANSPORT ET LE NÉGOCE DE MATÉRIAUX

La société Godefroid qui possède une flotte de 80 véhicules a pour domaine d'activité le transport et le négoce de matériaux de tout type mais aussi l'exploitation de terrils de schistes houillers rouges (matériaux nobles directement utilisables) et noirs. Ceux-ci sont calibrés par criblage en matériaux 20/150 : le Formoschiste, matériau apparenté au schiste rouge en matière de propriétés techniques et de classe D31. Le 0/20 retourne au terril.

Ces matériaux sont couramment utilisés dans la région Nord-Pas-de-Calais en couches de forme ou remblais.

Par ailleurs, les carrières de Stinkal situées à Ferques au nord-est de Marquise dans le Boulonnais exploitent le calcaire de Blacourt d'âge givétien et le calcaire de Ferques d'âge frasnien. Elles disposent d'un embranchement ferré privé et la livraison se fait par fer ou par camions. Elles produisent sur deux sites un calcaire dur destiné à la route, aux enrochements, au bâtiment et au génie civil. La production annuelle est de l'ordre de 1 million de tonnes.

■ LA FABRICATION DE BÉTON ET DE COULIS OU DE MORTIERS AUTO-COMPACTANTS

Ce domaine d'activité concerne l'entreprise BCL (Béton Contrôlé de Lille) située à Templemars, dans le Nord, ainsi que la centrale à coulis située sur le site de recyclage de Fretin (RMN).

Pour certains ouvrages, tels que la réalisation de bordures coulées en place, le béton utilisé est fabriqué en utilisant des matériaux recyclés issus du

concassage de matériaux de démolition. Les coulis auto-compactants sont destinés à combler les vides situés dans des endroits exigus dans le cadre de travaux de remblaiement de tranchées et partout où le compactage est difficile à assurer. C'est un matériau auto-plaçant, non essorable, d'une montée en consistance rapide, de compacité en place uniforme et réescavable à terme.

Les produits mis au point sont les CAC 2000 (coulis auto-compactants) et les MAC 2001 (mortiers auto-compactants). Du sable de fonderie recyclé ou des cendres volantes constituent l'essentiel de la composition de ces mélanges. Ces produits sont utilisés dans les travaux d'assainissement en site urbain ou industriel : le produit CAC 2000 a été récemment utilisé sur le chantier important Toyota à Valenciennes.

Le MAC 2001 a servi sur le chantier de Thélus sur la RD 49 (photo 3).

Le matériau, à base de cendres volantes silico-alumineuses, a été fabriqué à la centrale fixe de malaxage de Harnes (Pas-de-Calais - 62) et livré par camions toupies sur le chantier. Ce dernier a consisté à remblayer une tranchée de 1 500 m de longueur et 3,50 m de profondeur, sous voirie, en zone urbaine, pour le compte de la Communauté urbaine d'Arras.

Cette solution variante avait été retenue en substitution de matériaux classiques pour la rapidité d'exécution, une sécurité accrue pour les ouvriers et les riverains, une qualité homogène du remblai sans risque de tassement ultérieur et une remise sous circulation rapide.

Cette technique demande une adaptation des techniques de pose nécessitant un arrimage des conduites compte tenu de la consistance liquide et la faible densité du MAC.

■ LE RECYCLAGE DE DÉCHETS DE CHANTIERS OU DE DÉMOLITION DE SITES INDUSTRIELS

Dans la région Nord-Pas-de-Calais, 5 millions de tonnes d'agrégats sont consommés chaque année et la seule démolition de friches industrielles et urbaines génère plus de 500 000 tonnes de matériaux.

Des plates-formes de recyclage de déchets de chantiers, de fraisats d'enrobés ou de béton de démolition sont exploitées par différentes filiales d'Envimat : ♦ G.R.E. ou Gohelle Recyclage Environnement est une plate-forme ouverte à Avion (62) où sont recyclés tous les produits urbains de démolition du BTP en sables, granulats, schistes, terres...

GRE récupère ces déchets, les stocke sur plus de 100 000 m² et les transforme par broyage, concassage, triage et mise aux normes sous toutes les granularités 0/6, 6/20, 20/40 et 0/20 ;



Photo 3
Coulis et mortier auto-compactants (CAC et MAC) sur le chantier de Thélus - RD 49
Self-compacting grout and mortar on the Thélus project - RD 49 highway



Photo 4
Site de Recyclage de Matériaux du Nord (RMN)
Recyclage de Matériaux du Nord (Northern France Materials Recycling) site

♦ RMN et PRE-FER-NORD : ce site de recyclage créé en 1984 est situé à Fretin, à 10 km au sud-est de Lille. Il rassemble les sociétés Recyclage de Matériaux du Nord (RMN) et PREparation des FERraillés du NORD (PRE-FER-NORD).

RMN recycle les matériaux de démolition (béton armé ou non armé, démolition de chaussée, briques...) et produit par concassage, déferrailage et criblage des sables, des granulats, des graves non traitées et traitées pour couches d'assise de chaussées (photo 4 et figures 1 et 2).

De 1984 à 2001, 4 700 000 t de matériaux ont été commercialisées.

PRE-FER-NORD possède deux filières d'activité : Le département ferrailles dont la vocation est d'enrichir par tri magnétique et broyage les ferrailles d'incinération d'ordures ménagères et de tri sélectif en provenance de sites du nord de Paris. Plus de 300 000 tonnes de ferrailles ont été ainsi consommées de 1988 à 2001 dans les aciéries Usinor à Dunkerque et L.M.E. à Trith-Saint-Léger près de Valenciennes.

Le département MIOM dont l'objectif est de valori-

Figure 1
Elaboration des agrégats issus de béton concassé
Production of aggregates from crushed concrete

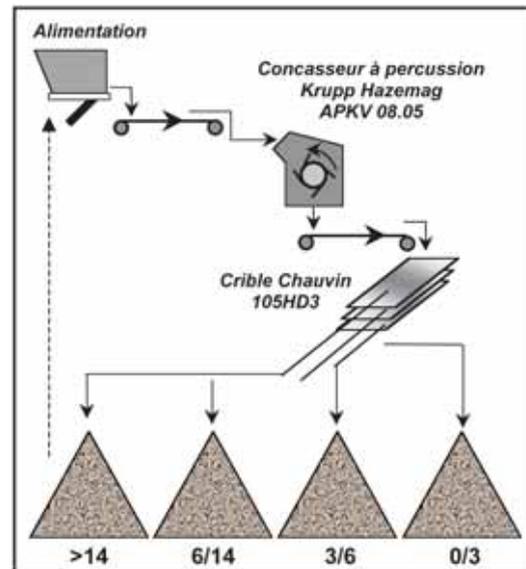
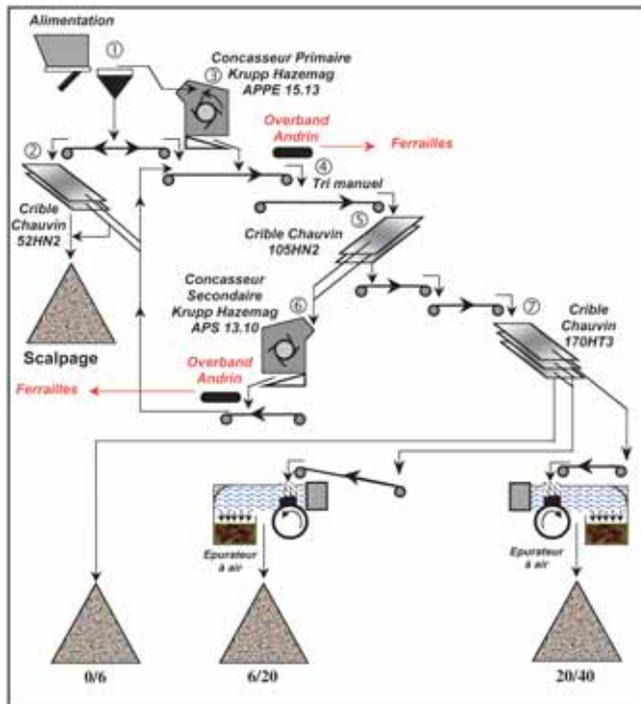


Figure 2
Elaboration des agrégats issus de briques
Production of aggregates from bricks

Tableau I
Table I

PROCTOR Normal	
Densité humide	1,81 t/m ³
Teneur en eau	12,9 %
Densité sèche	1,60 t/m ³
I.P.I.	39
Module EV2 (L.C.P.C.)	70 MPa en moyenne

► ser les mâchefers grâce à une installation de maturation et d'élaboration (IME).
La plate-forme de Fretin accueille les MIOM d'Hénin Beaumont (15 000 t/an) et bientôt ceux du C.V.E., Centre de valorisation énergétique Antares à Halluin dans le Nord (105 000 t/an) qui incinère les ordures ménagères de Lille Métropole Communauté.
Cette plate-forme a également traité de manière ponctuelle un stock de 40 000 t de MIOM de Maubeuge.
Une installation mobile traite les MIOM de l'usine de La Beuvrière (30 000 t/an). Un million de tonnes de ces mâchefers ont été commercialisées depuis 1993.
Les scories (matériaux bruts) qui proviennent de l'incinération des ordures ménagères, subissent des traitements physiques puis chimiques afin d'obtenir le mâchefer, matériau commercialisable comme matériau de substitution dans la réalisation de remblais, couches de forme et de fondation de chaussée ou pour le remblaiement de tranchées d'assainissement.
Le traitement physique est assuré par une installation de type Distrag permettant d'obtenir une grave homogène par criblages primaire et secondaire, double déferrailage à l'aide de dispositifs électromagnétiques et élimination des imbrûlés par tri aé-

raulique et des éléments non ferreux par des systèmes à courant de Foucault.
Le traitement chimique est obtenu naturellement sur stocks, par maturation d'une durée minimale de 3 mois pendant laquelle s'effectuent une oxydation naturelle des mâchefers, une carbonatation de la chaux et une baisse du pH permettant d'amener le matériau à un état valorisable.
Cette valorisation du produit s'effectue selon l'application d'un plan d'assurance qualité qui définit dans le cadre du respect et de la protection de l'environnement les caractéristiques géotechniques et chimiques du mâchefer : grave 0/20, classée F 61 selon le *Guide Technique* du Setra-LCPC, de comportement D 21.
Du point de vue chimique, PRE-FER-NORD effectue, dans le cadre de son PAQ, les analyses nécessaires de manière à s'assurer de la conformité des lixiviats vis-à-vis de la circulaire du ministère de l'Environnement du 9 mai 1994.
Les résultats de ces analyses classent le mâchefer, après sa maturation, en classe V (Valorisable). Les performances moyennes rencontrées sur chantiers sont les suivantes, le compactage étant réalisé à l'énergie Proctor Normal (tableau I).
Par ailleurs, l'essai de gonflement au gel LRPC de Nancy classe le mâchefer dans la catégorie S_{Gn}, sol non gélif.
Les applications sont multiples et on peut citer parmi les plus importantes les couches de forme réalisées pour la DDE du Nord (Lille BP Est, 60 000 t en 1996), le Conseil général du Nord (Lille rocade nord-ouest, 83 000 t en 1994) et la Communauté urbaine de Lille (Leers-Wattrelos, 82 000 t en 1997/98).
Les recherches en matière de valorisation et de re-



Photo 5
Mise en œuvre de gravés traités à la mousse de bitume

Application of gravel-sand mixtures treated with bituminous foam



Photo 6
Mâchefers traités à la mousse de bitume (aspect du matériau)

Slag treated with bituminous foam (appearance of the material)

cyclage de ces matériaux ont débouché sur deux types de produits : la grave traitée à la mousse de bitume et le procédé Flexocim.

La grave traitée à la mousse de bitume

C'est un procédé utilisant des mâchefers valorisés, du béton concassé ou des fraisats d'enrobés (photos 5 et 6).

La mousse de bitume est un mélange de bitume (97 à 98 % en masse) et de vapeur d'eau (3 %) et d'additifs. L'injection de ce mélange à travers un orifice de petit diamètre permet d'obtenir une mousse de bitume dont la principale propriété est d'assurer l'enrobage des matériaux quelles que soient leurs granularités (photo 7).

Des planches expérimentales font actuellement l'objet de suivis techniques sur la RD 145 dans le Nord. Les matériaux mis en œuvre sur cinq planches étaient les suivants :

- ◆ fraisats d'enrobés + calcaire Stinkal ;
- ◆ calcaire Stinkal ;
- ◆ MIOM ;
- ◆ fraisats d'enrobés ;
- ◆ béton recyclé.

Le procédé Flexocim

C'est un procédé de double traitement d'un matériau tel que le mâchefer valorisé ou fraisats d'enrobés, au ciment et à l'émulsion de bitume utilisant une machine spécifique de traitement sur site telle que l'EMF 200 exploitée par Appia (photo 8).

L'objectif est d'utiliser ces matériaux recyclés traités par le procédé Flexocim en couches d'assise de chaussées (fondation et base).

Ces procédés font l'objet de chantiers expérimentaux dans le cadre d'un protocole d'accord entreprise et Direction des Routes au titre de la charte Innovation du Setra.

Un premier chantier expérimental a été réalisé en 1997.



Photo 7
Chantier de gravés traités à la mousse de bitume (fabrication)

Site for gravel-sand mixtures treated with bituminous foam (production)



Photo 8
Machine EMF 200
EMF 200 machine

Exemple de chantier : Flexocim - Fraisats, sur l'échangeur des 4 Cantons

Réalisé en juin 1998, ce chantier se place dans le cadre d'un programme d'entretien de la bretelle A23/A27 vers la RN 227.

La chaussée existante était constituée de 20 cm d'assise en grave cendre volante et de deux couches d'enrobés de 7 et 5 cm fissurées en surface. La solution de base consistait à fraiser sur 12 cm l'enrobé existant et de le substituer par 8 cm d'EME et 4 cm de BBM.

Photo 9
Chantier
de Flexocim
Flexocim project



Tableau II
Table II

Liant routier utilisé	Age en jours	Rtb en MPa	Etb en MPa
Roc AS	88	0.73	17 765
	180	0.98	23 813
Sidmix	89	0.88	19 208
	180	1.23	21 432

Tableau III
Table III

Liant routier utilisé	Age en jours	Rtb en MPa	Etb en MPa
Roc AS	76	0.64	10 581
Sidmix	76	0.69	9 290

► La DDE du Nord a accepté de modifier cette solution de base par la solution variante qui consistait à remplacer 8 cm d'EME par le traitement des matériaux en place par le procédé Flexocim, la couche de roulement en BBM étant conservée (photo 9). Après élimination des quatre premiers centimètres d'enrobés par rabotage et épandage du liant hydraulique (ciment CPJ 45) dosé avec l'ARC dosage à 5,5 kg/m², les 8 cm suivants d'enrobés étaient fraisés à l'aide de trois raboteuses Wirtgen travaillant chacune sur 2 m de largeur. La vitesse des raboteuses a été fixée entre 2 et 2,6 m/mn afin d'obtenir une granulométrie de fraisats 0/14. Ainsi mélangés au ciment ces derniers ont été chargés sur camions puis amenés et traités en place dans la machine EMF 200 avec 3 % d'émulsion spéciale de bitume SOL 7. Celle-ci assure la réception, le traitement à l'émulsion des matériaux et leur mise en œuvre par une table de finisseur située en fin d'atelier. Après compactage (vingt passes de pneus P2 et six passes en vibrant de VT2), un enduit de cure constitué par 1,2 kg/m² d'émulsion à 65 % et un sablage en 2/4 a été mis en œuvre dans l'attente de la couche de roulement en BBM. Depuis 1998, le comportement structurel de la chaussée est resté satisfaisant.

Un nouveau liant routier : le liant Sidmix

Destiné au traitement des sables et gravés en centrales de malaxage, le liant routier Sidmix est constitué de sous-produits provenant de l'industrie sidérurgique. Ses performances sont comparables à celles d'un liant routier usuel comme le Roc AS par exemple. Ce liant est utilisé pour le traitement de gravés ou sables en centrales de malaxage. Des études en cours concernent des matériaux nobles (calcaire de Stinkal) et des matériaux de second choix comme des matériaux recyclés ou du béton concassé.

Deux chantiers expérimentaux de retraitement de chaussées en place avec le liant Sidmix ont été réalisés avec succès en 1999 : deux routes départementales dans le Pas-de-Calais à Merlimont et à Nabringem.

RD 940 à Merlimont

Le matériau utilisé était une grave calcaire de Stinkal traité en centrale fixe de malaxage dans la carrière avec soit un liant routier classique tel que le Roc AS, soit avec le liant Sidmix.

Le tableau II montre de manière comparative les résultats obtenus lors d'essais de compression diamétrale sur carottes prélevées sur chantier.

RD 206 à Nabringem

Pour ce chantier, la solution technique du retraitement en place à froid avait été retenue. Il a été réalisé en utilisant le procédé ARC 700 de retraitement en place, le liant routier ou le ciment habituellement employé ayant été remplacé par le liant Sidmix.

Le tableau III montre les résultats obtenus lors d'essais de compression diamétrale sur carottes prélevées sur section témoin (emploi du liant routier Roc AS) et sur section où le liant Sidmix a été utilisé.

Cette comparaison montre que les performances mécaniques sont conservées compte tenu d'un dosage adapté du liant Sidmix. En fonction de la grave utilisée, on obtient un matériau de classe de résistance G3 à G4.

Une expérimentation concernant l'emploi du liant Sidmix en traitement de sol est actuellement en cours.

Les expériences se poursuivent et les combinaisons possibles ne manquent pas : on envisage d'élaborer un nouveau matériau constitué uniquement de produits recyclés : par exemple du mâchefer ou du béton concassé traité au liant Sidmix.

■ CONCLUSIONS

La réglementation en matière d'environnement devient de plus en plus sévère : ainsi, dès 2002, les entreprises de travaux publics doivent respecter

les articles d'une circulaire qui traite de la mise en place de collectes et de création de centres de tri, de recyclage et de stockage des déchets de construction.

Les objectifs d'Envimat sont de promouvoir une politique de matériaux industriels en développant ses moyens de production tout en accroissant la recherche de sites et gisements avec le soutien de l'Ademe et du Feder.

Grâce à la synergie développée entre Appia et Eiffage Construction, Envimat a anticipé la politique nationale de réutilisation de matériaux recyclables et s'attache aujourd'hui à occuper la meilleure position dans la région Nord-Pas-de-Calais sur le marché prometteur du traitement et de la valorisation des déchets.

Par ailleurs, Envimat est associé aux travaux du P.R.E.D.I.S. de la région Nord-Pas-de-Calais et à ceux des plans départementaux sur les déchets du BTP pour les départements du Nord et du Pas-de-Calais, en application de la circulaire de février 2000.

Enfin, en utilisant des matériaux recyclés, Appia a mis au point et expérimenté de nouveaux produits économiques dont les performances sont comparables à celles obtenues avec des matériaux nobles traditionnels.

Qu'il s'agisse des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, de béton concassé ou de fraisats d'enrobés, leur traitement à la mousse de bitume ou au liant Sidmix, en place par le procédé ARC 700 ou en centrale fixe de malaxage, en font des matériaux performants et économiques dont l'emploi sur chantiers est une réponse concrète aux préoccupations environnementales et politiques d'aujourd'hui et surtout à celles de demain.

Ces produits ouvrent de nouvelles perspectives pour la réutilisation des matériaux recyclés et la pérennité de leurs performances rassurent et encouragent les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à les utiliser davantage, ce qui conforte le groupe Eiffage dans le développement de la société Envimat.

ABSTRACT

Envimat to serve recycling and the environment

Y. Meunier

Eiffage Group, via its companies Appia and Eiffage Construction, has pooled its potential in the area of deconstruction and recycling to create the company Envimat which meets current political expectations regarding the environment and recycling of aggregates or industrial wastes for road construction.

Envimat has, through its activities in complementary areas, expertise in the entire chain of production and recycling of wastes or aggregates in road construction.

This synergy between companies and subsidiaries of the same group has made it possible to anticipate on current concerns with regard to recycling by developing new materials having performance levels competitive with those of traditional materials. The article describes in particular projects on which these materials were used successfully :

- aggregates recycled and reused as is for backfills and improved subgrades or (treated with a bitumen foam) for pavement foundations ;

- new self-compacting materials, grouts or mortars using fly ash or foundry sand treated with a hydraulic binder, as backfilling materials within the framework of difficult reclamation projects on urban and industrial sites ;

- the Sidmix binder, a new road binder resulting from recycling of steel plant slags for the treatment of sands and gravel-sand mixtures in mixing plants.

RESUMEN ESPAÑOL

Envimat, al servicio del reciclado y del medio ambiente

Y. Meunier

Por medio de sus dos empresas Appia y Eiffage Construction, el Grupo Eiffage ha sabido reunir sus potencialidades en el aspecto del desguarnecido de calzadas y de reciclado para crear la sociedad Envimat que responde a las expectativas políticas actuales en el aspecto del medio ambiente y de reutilización de áridos o de residuos industriales para su empleo en carretera.

Debido a sus actividades en diversos aspectos complementarios, Envimat

domina la totalidad de la cadena de producción-reciclado y reutilización de los residuos o de áridos en cuanto a la carretera.

Esta sinergia entre sociedades y filiales de un mismo Grupo ha permitido anticiparse a las preocupaciones actuales en el aspecto del reciclado, mediante el desarrollo de nuevos materiales de características competitivas con aquellas de los materiales tradicionales. En este artículo se presentan, fundamentalmente, las obras en que estos materiales se han utilizado con todo éxito, o sea :

- los áridos valorizados y reutilizados sin tratamiento para terraplenados y capas de coronación de terraplén o (una vez tratados con una espuma de betún) para bases de pavimentos ;

- los nuevos materiales autocompactantes, lechadas o morteros que utilizan las cenizas volantes o arenas de fundición tratadas con un aglomerante hidráulico, como materiales de relleno en el marco de saneamientos delicados en emplazamientos urbanos e industriales ;

- el aglomerante Sidmix, que es un nuevo aglomerante viario derivado del reciclado de escorias siderúrgicas, para el tratamiento de arenas y gravas en centrales mezcladoras.

Une gestion technique pluviales à l'aéroport de Strasbourg

Dans le cadre des travaux de reconstruction de la piste de l'aéroport international de Strasbourg, un système centralisé de gestion des eaux pluviales a été élaboré conformément à la loi sur l'eau. Stockée dans un premier temps dans des collecteurs enterrés le long de la piste, l'eau est ensuite pompée dans deux bassins à ciel ouvert de 7 500 et 6 700 m³. Par l'intermédiaire de plusieurs sondes et d'un système de pilotage informatique automatisé, l'eau est analysée sur plusieurs paramètres, et en fonction du débit de la Bruche (cours d'eau dans lequel se fait le rejet) l'eau est déversée dans le milieu naturel à débit contrôlé. La réalisation du projet assurée par Lingenheld a été ponctuée par plusieurs défis techniques et l'utilisation de produits nouveaux comme la grave émulsion en matériaux recyclés.

DESCRIPTION DES TRAVAUX - DONNÉES TECHNIQUES

La loi sur l'eau

La plate-forme de l'aéroport international de Strasbourg possédait un système de collecte et d'infiltration des eaux pluviales.

Un dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 a été instruit dans le cadre des travaux de reconstruction de la piste et des taxiways.

Le principe retenu est la collecte de la totalité des eaux pluviales des surfaces imperméabilisées avec rejet dans la Bruche (située au nord de l'emprise aéroportuaire, à environ 800 m de celle-ci).

L'objectif fixé par le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux concernant la Bruche est actuellement la classe 1B. Cet objectif implique sur une période considérée :

- ◆ que la qualité 1B (entre 3 et 5 mg/l pour DBO₅, entre 20 et 25 mg/l pour <DCO) de la Bruche soit maintenue pendant au moins 90 % du temps ;
- ◆ que la moitié du temps restant (soit 5 % du temps), la qualité du cours d'eau ne soit pas inférieure aux seuils fixés pour la classe 2 (entre 5 et 10 mg/l pour la DBO₅, entre 25 et 40 mg/l pour la DCO) ;
- ◆ que l'autre moitié du temps restant (soit 5 % du temps), la qualité du cours d'eau ne soit pas in-

férieure aux seuils fixés pour la classe 3 (entre 10 et 25 mg/l pour la DBO₅, entre 40 et 80 mg/l pour la DCO).

Le système de gestion technique centralisée de l'assainissement devra permettre que la nature et la fréquence des rejets dans la Bruche répondent à ces impératifs.

Le système de collecte

Pour la piste et les voies de circulation avions

L'ensemble des eaux de ruissellement des chaussées aéronautiques est capté par des caniveaux à grille disposés le long des surfaces revêtues. Des collecteurs de diamètre 300 mm à 500 mm permettent d'acheminer les eaux des caniveaux à grille vers les collecteurs réservoirs de diamètres 1 200, 1 400, 1 600, 1 800 et 2 000 mm implantés de part et d'autre de la piste.

Les collecteurs réservoirs sont équipés de capteurs de mesure en continu du niveau de l'eau.

Le système de collecteurs réservoirs fonctionne en cascade. Les collecteurs ont un écoulement gravitaire jusqu'à un poste de relèvement asservi par la GTC qui relève les eaux pour les transférer dans le collecteur réservoir aval.

Ce sont ainsi cinq postes de relèvement (PR1 à PR5) qui ont été installés.

Depuis le dernier poste de refoulement (asservi par la GTC), une conduite de diamètre 200 mm (refoulement) puis 400 mm (gravitaire) permet d'envoyer l'ensemble des eaux collectées vers le bassin de stockage enterré de 6 500 m³.

Pour les aires de stationnement avions

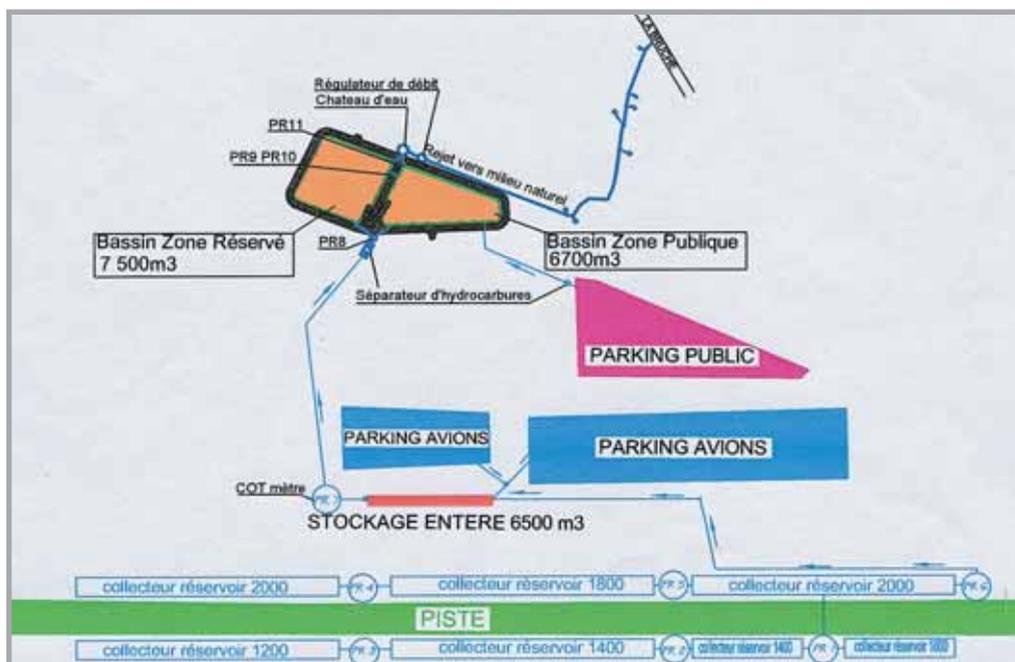
L'ensemble des eaux de ruissellement du parking Alpha est collecté dans des caniveaux à grilles. Elles sont ensuite acheminées gravitairement dans un collecteur de diamètre 1 200 vers un bassin enterré coulé en place d'un volume de 6 500 m³. Le bassin est également équipé de capteurs de mesure en continu du niveau de l'eau.

Le système de dilution

L'ensemble des eaux pluviales stockées dans le bassin enterré de 6 500 m³ sont refoulés à 60 l/s vers le séparateur hydrocarbures installé à côté du bassin de dilution à ciel ouvert d'un volume de 7 500 m³.

Ce bassin a pour vocation de stocker les effluents pour pouvoir réguler le débit de rejet dans le milieu

Figure 1
Schéma synoptique de fonctionnement
Block diagram of operation



centralisée des eaux international

Franck Lingenheld
DIRECTEUR GÉNÉRAL
Lingenheld SA



Francis Gérard
CONDUCTEUR
DE TRAVAUX
Lingenheld SA



naturel. Les effluents y sont stockés à des fins d'analyses (notamment la concentration en DBO5 et DCO).

Le débit de rejet dans la Bruche se fera à débit variable en fonction des concentrations de l'effluent et du débit de la Bruche.

L'ouvrage permet également une rétention en cas de pollution accidentelle. Les effluents sont alors pompés pour être traités en externe.

Le système de rejet

Un deuxième bassin appelé "zone publique" reçoit l'ensemble des eaux pluviales des surfaces imperméabilisées de la zone publique de l'aéroport (parkings voitures, voiries, toitures, etc.).

Des postes de relèvement (PR9 et PR10) permettront de transférer les eaux d'un bassin dans l'autre et ainsi de "jouer" sur la charge de l'effluent en fonction des volumes d'eau dans les bassins.

La vidange des bassins s'effectuera gravitairement à débit régulé par des électrovannes asservies par la GTC dans un ouvrage commun qui communique avec le poste de refoulement (PR11) qui assurera le rejet à débit variable entre 5 et 120 l/s en fonction de l'équation débit de la Bruche/charge de l'effluent dans le respect des impératifs du dossier loi sur l'eau (figure 1).

■ DÉROULEMENT DES TRAVAUX

Le terrassement

Situé dans la plaine du Rhin, l'aéroport d'Entzheim repose entièrement sur les graves alluvionnaires. Les mouvements de terre ont donc été optimisés en déblais-remblais afin de ne générer aucune évacuation de matériaux. Encaissé partiellement dans le terrain naturel le déblai de tout-venant est réutilisé pour la confection des digues périphériques. La couche de fondation, support de la membrane, a été réalisée en gravier tout-venant d'apport externe sur une épaisseur de 40 cm (photo 1).



Photo 1
Terrassement déblais-remblais
Earthworks for earth cuts and backfills

LA GRAVE EMULSION EN MATÉRIAUX RECYCLÉS

Spécialisée dans le recyclage de matériaux de démolition issus des travaux publics, Lingenheld Environnement a développé une grave émulsion constituée de granulats recyclés.

La grave émulsion est fabriquée dans une centrale à blanc type SAE 230 équipée d'une ligne d'injection pour l'émulsion de bitume (photo 6). En partenariat avec Esso, une émulsion spécifique a été développée afin de prendre en compte les caractéristiques spécifiques du granulat recyclé.

L'avantage d'un tel produit réside dans sa facilité de fabrication car il s'agit d'enrobage à froid très souple de mise en œuvre, pas de délais de maniabilité et application à la niveleuse.

L'utilisation de granulats recyclés à base de 50 % d'enrobés permet en outre de valoriser partiellement le bitume déjà présent dans le granulat.

Tous ces éléments conduisent à un prix très compétitif de 22,10 €/HT/tonne pour de très bonnes performances mécaniques.



Photo 6
Centrale à blanc
Trial plant

	Résultats	Exigences normes NF P98-121
R (en MPa)	4,2	≥ 2,5
r/R	0,81	≥ 0,55
% vide	6,8	≤ 13 %

Photo 2
Mise en œuvre
étanchéité
Application
of sealing



Photo 3
Mise en œuvre
grave émulsion
Application
of gravel-sand
emulsion



Photo 4
Vue du bassin terminé
View of the completed pond

L'étanchéité et sa protection mécanique

L'étanchéité est assurée par une géomembrane bitume élastomère, Coletanche ES 2 d'une épaisseur de 4 mm et d'un poids de 4850 g/m². Elle a été posée sur un géotextile de 400 g/m² ainsi qu'un réseau de dégazage de type Enkadrain (photo 2).

La protection mécanique de la membrane a été assurée par un béton bitumineux 0/10 dosé à 140 kg/m², lui-même posé sur une couche de grave émulsion, fabriquée à partir de granulats recyclés, épaisseur 8 cm (photo 3).

Les parois de bassin ont été protégées par une structure alvéolaire Volta-Cell de Griltex d'épaisseur 10 cm, remplie par un concassé granit blanc 32/80 mm (photo 4).

■ LA GESTION TECHNIQUE CENTRALISÉE (GTC)

Le système de gestion centralisée est assuré grâce à un simulateur informatique ayant plusieurs paramètres d'entrées, dont les principaux sont :

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Chambre de Commerce et d'Industrie du Bas-Rhin

Maître d'œuvre

DDE du Bas-Rhin - Subdivision des Bases Aériennes

Entreprise générale

Lingenheld SA

Sous-traitants

- Forclum Alsace (gestion technique centralisée)
- EGC Galopin (étanchéité géomembrane bitumineuse)
- TPF (équipement électromécanique des stations)
- Espace Clôture (clôtures et portail)

Principaux fournisseurs

- GNT : Sablières Moderne de Lingolsheim
- Grave émulsion : Lingenheld Environnement
- Panneau nid d'abeille : Griltex
- Château d'eau et collecteurs béton : TCR
- Enrochement granit : Fischer
- Enrobés : Semaroute
- Pompes : KSB
- Géomembrane : Coletanche

LES QUANTITÉS PRINCIPALES

- Terrassement : 25 000 m³
- GNT : 10 000 m³
- Grave émulsion : 2 100 t
- Enrobés : 12 000 m²
- Etanchéité : 18 000 m²
- Gabions : 4 800 m²
- Montant global de l'opération : 2 035 000 €/TTC

- ◆ le volume d'eau stocké dans les bassins ;
- ◆ la saisie des épandages de déverglaçant ;
- ◆ le débit de la Bruche ;
- ◆ la concentration en DCO et DBO.

Le modèle de calcul permet de définir la concentration théorique en DCO de manière continue à différents points du réseau de collecte. La réalité statistique de la charge polluante permettra d'écrire l'équation de la gestion du rejet (débit de la Bruche par rapport à la concentration en DCO et DBO dans la Bruche).

Un fichier historique de données sera constitué dans la base des données de la GTC et permettra d'affiner la gestion de l'effluent par modification des équations de paramétrage (photo 5).



Photo 5
Bâtiment GTC - Château d'eau 25 m³ avant rejet gravitaire vers la Bruche

BMS building - Water tower containing 25 cu m before gravity-flow discharge into the Bruche

ABSTRACT

Building Management System for rainwater at Strasbourg international airport

Fr. Lingenheld, Fr. Gérard

Within the framework of runway reconstruction work at Strasbourg international airport, a centralised rainwater management system was worked out in accordance with the Water Act.

After being first stored in underground main drains along the runway, the water is then pumped into two uncovered ponds of 7500 and 6700 cu m.

Via several sensors and an automated computerised control system, the water is analysed to monitor several parameters, and depending on the flow rate in the Bruche (watercourse into which it is discharged), the water is poured out into the natural environment at a controlled flow rate.

Performance of the project by Lingenheld was marked by several technical challenges and the use of new products such as gravel-sand emulsion as recycled materials.

RESUMEN ESPAÑOL

Gestión técnica centralizada de las aguas pluviales en el aeropuerto internacional de Estrasburgo

Fr. Lingenheld y Fr. Gérard

Actuando en el marco de obras de reconstrucción de la pista del aeropuerto internacional de Estrasburgo, se ha elaborado un sistema centralizado de gestión de las aguas pluviales, de conformidad con la Ley del agua. Almacenada en una primera etapa en colectores bajo tierra a lo largo de la pista, el agua se bombea acto seguido hacia dos balsas a cielo abierto de 7500 y 6700 m³.

Por medio de varias sondas y de un sistema informático de control automatizado, el agua se analiza acorde a varios parámetros y según el caudal del río Bruche (en el cual se efectúa el vertido) y finalmente, el agua se descarga en el medio natural según un caudal adecuado.

La ejecución del proyecto, asumida por Lingenheld se ha señalado por diversos retos técnicos y la utilización de

nuevos productos como, por ejemplo, la grava emulsión en materiales reciclados.

Chantier d'assainissement de Hautes Rivières dans

Pour la pose d'un collecteur d'assainissement gravitaire Ø 250 en fonte et PVC, plus de 1 500 m³ d'excédents de chantiers devaient partir en décharge. Or le site le plus proche nécessitait des rotations de plus de 1 heure ce qui pénalisait le chantier et aurait provoqué des nuisances pour les habitants. La solution de traitement de sol s'est imposée. Pourtant il s'agit d'une technique nouvelle en canalisation. Ainsi, le chantier s'est effectué sans transport des terres, en réutilisant l'ensemble des terrassements, et en obtenant des résultats satisfaisants avec les moyens traditionnels de compactage. La cadence observée de 100 m³ par jour suffisait aux besoins du chantier. Au final le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre ont particulièrement apprécié cette variante.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Volume remblais

1.500 m³

Dosage chaux

1,5 %

■ PRÉSENTATION

Sur les chantiers d'assainissement, la partie remblais en matériaux d'apport et l'évacuation des terrassements en décharge représente une part de plus en plus prépondérante des dépenses. Les sols "naturels" représentent plus de 90 % des déchets générés par le chantier. A cela se rajoutent des difficultés croissantes pour trouver des sites de classe 3 agréés. C'est pourquoi, il semble important d'expérimenter des moyens efficaces permettant à la fois de maîtriser les coûts de l'entreprise et de proposer des solutions environnementales à la maîtrise d'ouvrage.

Le traitement des sols à la chaux, connu depuis longtemps en technique routière, est quasiment inconnu des chantiers de canalisation. La raison principale de cette lacune est le coût trop élevé des stations mobiles de traitement, ainsi que l'inadaptation des techniques routières appliquées telles quelles aux chantiers de canalisations. Le traitement de sol appliqué à un chantier d'assainissement représente donc une réelle avancée technologique et environnementale. Pour autant, le peu de retour d'expériences dans ce domaine des travaux publics oblige l'entreprise à beaucoup de prudence et de transparence vis-à-vis de ces clients.

■ L'INTÉRÊT DU TRAITEMENT À LA CHAUX

Contrairement aux études des chantiers routiers, il n'apparaît économiquement pas nécessaire de réaliser des études de sol importantes. En effet, les volumes en jeu ne justifient pas la recherche d'un optimum pour le dosage en liant. Le traitement de sol s'effectue le plus souvent à la chaux

seule car le principal objectif est de ramener la teneur en eau du sol à celle de l'Optimum proctor. Il faut particulièrement se méfier des dosages excessifs. En effet, pour pouvoir réintervenir sur l'ouvrage, les remblais doivent rester réexcavables.

Il s'agit donc de remblayer les tranchées en garantissant un comportement identique à ce qu'aurait pu être un remblai réalisé avec des matériaux de carrière. On peut alors dans ces conditions remblayer des "terres" qui jusqu'à présent allaient en décharge, soit parce qu'elles comportaient des mottes d'argile, soit à cause de leur teneur en eau excessive.

■ LE MATÉRIEL

L'atelier de traitement est composé :

- ◆ d'un silo de 30 m³ équipé d'une vis de remplissage et temporisateur doseur ;
- ◆ d'un chargeur ;
- ◆ d'un godet cribleur de 1,4 m³ criblant les matériaux en 0/30.

Le "godet cribleur" utilisé sur le chantier des Hautes Rivières permet de concilier l'approche économique et le suivi de qualité de production. Le fond du godet reçoit quatre axes transversaux assurant le criblage et le malaxage. Le silo de 30 m³ repose sur deux socles en béton amovibles favorisant son transfert d'un chantier à l'autre.

Le mode opératoire est le suivant : la chargeuse équipée du godet charge les terres et se présente sous la vis du silo. L'opérateur actionne la radio-commande de la vis. La temporisation permet de maîtriser le dosage des terres à la chaux (ici 1,5 %). Le chargeur crible et malaxe les terres, met les refus d'un côté, éventuellement reprend la partie 0/30 pour affiner le malaxage.

■ LE CHANTIER

Le chantier consistait en la pose d'un collecteur assainissement gravitaire Ø 250 sur 500 ml (dont 200 ml en PVC). L'excédent de chantier représentait 1 500 m³. Lors de l'étude il était prévu un avancement moyen de 100 m³/jour. La capacité du godet est de 1 400 l et le temps d'un cycle complet (chargement des terres, ajout de chaux, malaxage et reprise éventuelle pour un deuxième passage) est de l'ordre de 4 minutes ce qui correspond sensiblement à la cadence du terrassement.

Chargeuse équipée d'un godet cribleur

Loader fitted with a screening bucket



novateur sur la commune les Ardennes

Alain Charlet



CONDUCTEUR
TRAVAUX
DE CHARLEVILLE
MÉZIÈRES
Sade

François Denizou



INGÉNIEUR
ENVIRONNEMENT
Sade

Fabien Bordas

RESPONSABLE QUALITÉ
ET ENVIRONNEMENT
Sade

L'étude de sol

L'étude de sol réalisée avant le début du chantier avait pour objectif de définir les contraintes en termes de terrassement et de pose (hauteur de la nappe, tenue du sol naturel).

L'analyse géotechnique a mis en évidence des sols de type C1B5 ou A2 plus ou moins humides. Le bureau d'études préconisait leur mise en décharge. De plus les limons étaient mélangés à des éboulis schisteux. Le risque d'une mauvaise réaction à la chaux ne pouvait donc pas être exclu. L'entreprise a souhaité réaliser une étude de sol complémentaire particulièrement axée sur le traitement à la chaux.

Cette étude a montré que le gypse n'avait pas d'influence néfaste sur les remblais et qu'un traitement à 1,5 % était suffisant. L'ajout de chaux ne risquait pas de créer de gonflement même en cas d'arrivée d'eau (tableau I). De plus, les cas favorables à l'ajout de chaux (teneur en eau comprise entre 11 et 13 %) correspondaient à ceux relevés lors de la première étude de sol.

Compactage du matériau

Les moyens traditionnels de compactage des tranchées – plaques vibrantes, rouleaux vibrants, pilonneuses – devaient suffire pour atteindre les objectifs Q4 et Q3. Une planche d'essai en début de chantier a permis de définir la mise en œuvre du matériau traité. Le contrôle externe du compactage au PDG 1000 a confirmé ces résultats. Ce point d'arrêt importait dans la mesure où il s'agissait de pouvoir convaincre définitivement le client du bien-fondé de la démarche. Enfin, le contrôle au PDG 1000 a permis de vérifier la réexcavabilité du remblai.

Organisation du chantier

Le chantier était ordonné comme suit :

- ◆ l'atelier de traitement installé à proximité du chantier sur une petite plate-forme ;
- ◆ ouverture et remblais de la tranchée à la pelle ;
- ◆ un camion 15 t achemine les terres sur la plate-forme et ramène du matériau de remblais ;
- ◆ compactage du matériau par couches de 30 cm et sept passes (Wacker RT 820) ;
- ◆ contrôles des remblais au PDG 1000 par une société agréée par l'agence de bassin Rhin Meuse tous les 50 ml.

Le délai de réalisation du chantier fut tenu.

■ QUALITÉ ET ENVIRONNEMENT

L'entreprise a planifié cette activité et a sensibilisé les différents intervenants aux avantages et aux risques de cette nouvelle technique.

Elle s'est appuyée pour cela sur son plan d'assurance qualité "Recyclage des déblais de tranchée" qui a été reconnu conforme à l'ISO 9000 par l'AFAQ. Il comprend un plan de contrôle et les modes opératoires suivants :



Atelier de traitement
Treatment plant



Criblage
des sols traités
Screening
of treated soils

- ◆ "Recyclage des déblais - Formation" qui donne les principes d'action de la chaux sur les sols, et les risques afférents ;
- ◆ "Recyclage, étude du besoin" qui oriente le choix des techniques à retenir (concassage, criblage, chaulage) ;
- ◆ "Recyclage des déblais de chantier - Traitement" qui donne des tests simplifiés pour estimer en temps réel si l'on est proche de l'Optimum proctor ;
- ◆ "Compactage", particulièrement important sur les chantiers réalisés avec les matériaux recyclés. Ce chantier contribue à la démarche de management de la qualité de l'entreprise. Depuis peu, une préparation à la certification ISO 14 000 est en



Teneur en eau	Dosage	IPI	ICBr	Δ 1/1 (%)
7%	0	25	5	0
	1.5 % CaO	ND	ND	ND
9%	0	20	13	0.08
	1.5 % CaO	28	28	0
11%	0	17	17	0
	1.5 % CaO	26	29	0
13%	0	4	3	0
	1.5 % CaO	20	22	0
15%	0	ND	ND	ND
	1.5 % CaO	3	9	0.01

Tableau I
Effet de l'addition
de chaux vive
sur le sol schisteux
des Hautes Rivières

Effect of adding
quick lime
on the shaly soil
of Hautes Rivières

cours et le recyclage des excédents de chantiers est l'un des moyens permettant de réutiliser jusqu'à 90 % des déchets de chantiers. Ces expériences diversifiées sont enregistrées par l'ingénieur environnement et enrichissent les données qui permettront de s'adapter aux exigences des chantiers futurs.

CONCLUSION

Ainsi la traversée journalière du village des Hautes Rivières durant un mois par des camions a pu être évitée. Les cadences de terrassement n'ont pas pâti du changement de technologie. Le godet cribleur a pu produire un matériau traité d'une moulture au moins équivalente à celle obtenue en technique routière. Les résultats au PDG 1000 ont été satisfaisants. L'ensemble de la production n'ayant pu être utilisé en totalité, la Sade a utilisé un mois plus tard les matériaux sur un deuxième tronçon. Le client a particulièrement apprécié cette technique (figure 1). L'entreprise étend cette technique à différents chantiers en recherchant l'équilibre entre la cadence de pose et la production du matériau. Le traitement de sol à la chaux sur les chantiers de canalisation se généralise et d'ors et déjà cette technique a été mise en œuvre avec succès dans plusieurs régions – Bourgogne, Rhône-Alpes, Loire-Atlantique, Nord.

ABSTRACT

Innovative sanitation project in the commune of Hautes Rivières in the Ardennes hills

A. Charlet, Fr. Denizou, F. Bordas

To install a gravity-flow main drainage sewer of dia. 250 mm in cast iron and PVC, over 1,500 cu m of site excess had to leave for the dump. Now the closest site required round trips of more than 1 hour, which would have penalised the project and caused nuisances for the inhabitants. The soil treatment solution appeared a must. By this new pipe laying technique, the project was performed without transporting earth, reusing all the earthworks, and obtaining satisfactory results with the traditional compacting facilities. The observed rate of 100 cu m per day sufficed to meet site needs. In the end, the Owner and project manager greatly appreciated this variant.

RESUMEN ESPAÑOL

Obras de saneamiento innovadoras en el municipio de Hautes Rivières, en el departamento de Ardennes

A. Charlet, Fr. Denizou y F. Bordas

Para proceder al tendido de un colector de saneamiento gravitatorio de 250 mm de diámetro, de fundición y PVC, más de 1,500 m³ de materiales excedentarios procedentes de estas obras, debían ser enviados a vertederos. Ahora bien, el emplazamiento más cercano precisaba rotaciones de más de una hora, con lo cual se penalizaban las obras y ello sin contar con las molestias causadas a los habitantes. Se impuso así la solución de tratamiento del suelo. Y, sin embargo se trata de una nueva técnica aplicada para las canalizaciones. Por consiguiente, las obras se han llevado a cabo sin transporte de tierras, reutilizando la totalidad de los materiales de movimiento de tierras, y obteniendo resultados satisfactorios mediante los medios convencionales de compactación. El ritmo observado de 100 m³ diarios bastaba para hacer frente a las necesidades de las obras. Una vez terminadas estas obras, tanto el contratante como el responsable técnico han apreciado particularmente esta alternativa.

Figure 1
Fiche qualité
Quality sheet

		FICHE SATISFACTION CLIENT		Réf. 045.0.FO.Satis client Indice : A Date maj : 06/03/01 Page : 1 / 1
IDENTIFICATION DU CHANTIER : - référence du chantier : Assainissement - localisation du chantier : HAUTES RIVIÈRES - conducteur de travaux : A. CHARLET - responsable sur chantier : J.F. BARRE		IDENTIFICATION CLIENT - organisme : Commune des Hautes Rivières		
Madame, Monsieur, dans le cadre de notre démarche qualité nous sollicitons votre aide afin de mieux définir vos besoins, vos attentes, vos exigences. Pour cela, nous vous remercions de bien vouloir remplir le tableau suivant et de le compléter d'un ou de commentaires.				
Critères d'évaluation Travaux conformes aux exigences Respect du planning Propreté du chantier Respect des consignes de sécurité Satisfaction des riverains Contact avec l'équipe SADE	Très bien X X	Bien X X X X	Insuffisant 	Très insuffisant
Commentaires : L'installation de ce collecteur a été réalisée, soignée et soignée. Les travaux ont été effectués dans les délais, sans gêner les riverains. Les matériaux ont été réutilisés, ce qui est très apprécié. Le traitement de sol à la chaux a permis de réutiliser les matériaux de chantier. Cette méthode évite le transport de matériaux et évite les nuisances. Elle permet de travailler sans interruption, ce qui est très apprécié. Les riverains ont été informés et satisfaits.				
Représentant du client Nom : BOUZERET J.F. Fonction : Technicien Date : 19 Novembre 2001 Visa : 		Diffusion - conducteur de travaux en charge du chantier concerné - animateur qualité - représentant du client		
Agence Régionale de l'Est - ☎ 03.87.31.69.00 - 📠 03.87.32.70.76				

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitrise d'ouvrage
Commune de Hautes Rivières

Maitrise d'œuvre
D.D.A.F des Ardennes

Entreprise
Sade - CGTH

Fournisseur chaux
Lhoist

Traitement de sol par godet cribleur

Chantier de renforcement en Dordogne

Il arrive parfois qu'un chantier de type tout à fait traditionnel se transforme en "première" parce que des conditions géologiques et environnementales conduisent à mettre en œuvre un matériau nouveau sur le marché. Tel est le cas de ce chantier de renforcement en eau potable exécuté pour le compte du Syndicat des Eaux de Lalinde en Dordogne.

■ LE SYNDICAT DES EAUX DE LALINDE

Le Syndicat des Eaux de Lalinde est une collectivité regroupant 11 communes et desservant 4 000 abonnés. Le réseau, long d'environ 300 km de canalisations, est exploité par la Régie des Eaux, ce qui fait de ce Syndicat le seul du département qui ne soit pas affermé.

■ LE CHANTIER

Le chantier, situé sur la commune de Couze-Saint-Front, consiste à renforcer une canalisation de diamètre 50, par une nouvelle de diamètre 125, sur une longueur d'environ 850 m et à reprendre 25 branchements d'abonnés.

Les difficultés liées à ce chantier sont de plusieurs ordres : tout d'abord, le terrain est fait de calcaire compact sur toute la hauteur de la fouille ; ensuite, toute la conduite doit se poser en parallèle d'une conduite de gaz existante.

■ LE CHOIX DE LA COLLECTIVITÉ

Afin d'éviter des interventions compliquées, du fait du terrain, en cas de problème ultérieur sur la conduite, le S.I.A.E.P. a opté pour une solution polyéthylène qui permet, du fait des soudures par polyfusion, d'avoir un réseau "zéro défaut". La pression de service du réseau étant de 8 bars, il est prévu de mettre en œuvre un tube PN 12,5 bars. Par contre, une contrainte supplémentaire existe du fait de la présence de systèmes d'assainissement individuels sur le bassin versant dominant le tracé de la conduite.

Il faut donc assurer une étanchéité parfaite vis-à-vis des pollutions extérieures. La réponse est amenée par la société Alphacan qui commercialise un tuyau polyéthylène avec un nouveau revêtement dit "ACS" (Anti Contaminant System) : celui-ci est constitué d'une couche barrière solidaire en polyamide coextrudée simultanément à la production du tube.

Photo 1
La trancheuse
The trencher



Photo 2
Phase de terrassement
à la trancheuse
Earthworks phase
with trencher



Photo 3
Déroulage du P.E.,
sablage et déroulage
du grillage avertisseur
Unrolling PE material,
sandblasting
and unrolling the warning
grating



LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

S.I.A.E.P. de Lalinde

Maitre d'œuvre

Centre d'études du Sud-Ouest

Exploitant

Régie des Eaux

Entreprise

Castello

Fournisseur

Alphacan

en eau potable

Jean-Pierre Deluermoz
DIRECTEUR D'EXPLOITATION
Castello

Michel Denys
DIRECTEUR
Régie des Eaux

■ LA RÉALISATION PAR L'ENTREPRISE

Les travaux sont confiés, après appel d'offres, à l'entreprise Castello de Boulazac qui décide d'opter pour une ouverture de fouille à la trancheuse avec une pose automatisée du tube livré en tourets de 250 m (photos 1 et 2). Le complément de longueur sera effectué avec des barres de longueur de 12 m.

Le croisement de plusieurs branchements gaz a nécessité une préparation rigoureuse (sondages, dégagements des conduites et pose de fourreaux...) et un calepinage précis des longueurs à dérouler d'une traite.

La majeure partie du chantier s'est déroulée en utilisant une trancheuse des E^{ts} Marais qui, d'une seule intervention, a permis d'ouvrir la tranchée sur une largeur de 30 cm et une profondeur de 1,20 m, de dérouler le tube P.E., de mettre en place le sable d'enrobage de la conduite et dérouler le grillage avertisseur (photo 3).

Il fallait ensuite terminer le remblai et compacter en utilisant une roue de compactage adaptée à cette tranchée de petite largeur.

Restait également à effectuer les jonctions entre tourets et entre barres. Des manchons de jonction sont électrosoudés de façon traditionnelle (photo

4) mais avec deux opérations supplémentaires :
◆ décaper le revêtement "ACS" avant soudure (photo 5);

◆ rétablir la continuité anticontamination après soudure ; celle-ci est assurée par la pose d'une bande aluminium adhésive autour du manchon électrosoudé (photo 6).

Les branchements des abonnés existants sont également repris avec le même système : électrosoudage d'un collier de prise en charge sur la conduite et mise en place d'un tuyau polyéthylène Ø 25 revêtu ACS jusqu'au compteur existant.



Photo 4
Exécution d'une soudure
par polyfusion
*Execution of a weld
by polyfusion*



Photo 5
Enlèvement du revêtement
anticontaminant (ACS)
avant soudure
*Removal of the anti-contaminant
surfacing (ACS) before welding*



Photo 6
Reconstitution de la protection
après soudure
*Reconstitution of the protection
after welding*

EDF - Centrale nucléaire Vidange et assainissement de Conditionnement des déchets

En juillet 1997, EDF a confié à la société Bouygues Travaux Publics les travaux d'assainissement nucléaire et de démantèlement de la piscine de désactivation du combustible de la centrale de Bugey 1. Ce chantier a été réalisé par le département Assainissement - Démantèlement (AD) de Bouygues TP, spécialisé dans le domaine du démantèlement nucléaire. Bouygues TP/AD a eu en charge les études de conception, les travaux, la gestion des déchets et la radioprotection de la globalité du chantier. Les travaux étalés sur 40 mois ont consisté au démontage et au conditionnement des matériels hors piscine et immergés, à un assainissement préliminaire en fond de piscine, à la vidange de la piscine et au traitement de l'eau par des résines échangeuses d'ions elles-mêmes conditionnées par la suite, au démantèlement et conditionnement du pont perche, à la décontamination fine du cuvelage de piscine puis à son confinement par sa mise en peinture, au conditionnement de tous les déchets et au repli avec assainissement final de la zone. L'opération globale a été achevée avec succès en avril 2001.

Présent dans la construction nucléaire depuis plus de 30 ans, Bouygues a créé en 1995 un département spécialisé dans le domaine de l'assainissement et du démantèlement nucléaire pour répondre aux besoins de ses clients EDF, CEA et Cogema dans le domaine.

En 1997, sur la base de ses compétences reconnues par tous dans le secteur, et suite à un appel d'offres élargi à toutes les sociétés qualifiées pour ce type de chantier, le département Assainissement - Démantèlement de Bouygues Travaux Publics a été retenu par EDF pour les études et les travaux d'assainissement et de démantèlement de la piscine de désactivation de Bugey 1.

Le chantier a consisté à réaliser :

- ◆ le démontage et conditionnement des matériels hors piscine ;
- ◆ le montage d'une enceinte confinée et ventilée au-dessus de la piscine ;
- ◆ l'aspiration du fond de piscine ;
- ◆ le démontage et le conditionnement des matériels immergés ;
- ◆ la vidange de la piscine et le traitement de l'eau ;
- ◆ la décontamination du cuvelage et son confinement par sa mise en peinture ;
- ◆ le démantèlement du pont perche ;
- ◆ le traitement des résines échangeuses d'ions ayant permis la décontamination de l'eau de piscine ;
- ◆ le conditionnement de tous les déchets pour leur envoi à l'ANDRA ;
- ◆ le repli et l'assainissement final de la zone.

Une première phase d'étude a été menée par le bureau d'études spécialisé de Bouygues TP/AD pour la définition des *process*, les dispositions spé-

cifiques aux installations de chantier, les études de radioprotection et le conditionnement classique des déchets. La Direction Scientifique de Bouygues Travaux Publics a également travaillé pour la mise au point d'une matrice cimentaire spécifique, issue de ses recherches sur les bétons spéciaux, pour le blocage des déchets de résines échangeuses d'ions (REI). Un groupe de travail composé de Bouygues TP/AD, de EDF et d'experts dans le domaine a été créé pour adapter le *process* pilote EDF initial aux données physico-chimiques de l'eau traitée et ainsi créer une installation adaptée de filtration des eaux de piscine.

Les installations de chantiers ont été étudiées spécifiquement avec deux objectifs majeurs : la sécurité des opérateurs et le strict respect des exigences de sûreté nucléaire. Le confinement général de la piscine et des zones annexes a été conçu sous formes d'enceintes en polycarbonate, dotées d'ouvertures et de sas entrée/sortie pour le personnel et le matériel. Toutes ces enceintes étaient ventilées pour une mise en dépression générale assurant le confinement des matières radioactives en suspension dans les zones. Pas moins de 16 000 m³/h de débit ventilé ont été assurés pendant plus de 40 mois pour garantir la sûreté des installations.

Nacelle de travail

Work platform



Piscine
avant travaux
Pond
before the works



de Bugey 1

la piscine de désactivation nucléaires associés

Germain Comte
DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT
ASSAINISSEMENT
ET DÉMANTÈLEMENT NUCLÉAIRE
Bouygues Travaux Publics

Xavier Verdier
RESPONSABLE COMMERCIAL
DU DÉPARTEMENT ASSAINISSEMENT
ET DÉMANTÈLEMENT NUCLÉAIRE
Bouygues Travaux Publics

Les équipements de manutention et les accès des personnels ont nécessité la conception de matériels spécifiques conçus par la Direction Matériel de Bouygues Travaux Publics : nacelle suspendue au pont perche, treuils et palans spécifiques. Dès la phase de préparation du chantier les ingénieurs de Bouygues TP/AD ont travaillé à la minimisation de tous les déchets issus des opérations de démantèlement et ont préconisé des méthodes répondant à l'objectif d'EDF. En particulier, une presse et un broyeur ont été "nucléarisés" pour être utilisés dans le cycle aval du conditionnement des déchets.

Bouygues TP/AD a mis en place *in situ* un laboratoire permettant d'analyser en temps réel les prélèvements effectués pendant les différentes étapes du chantier. Ce laboratoire dirigé par du personnel qualifié dans le domaine des mesures radiologiques était doté en particulier de deux chaînes de comptage alpha/bêta, une pour le comptage des frottis

et filtres de prélèvement atmosphérique, l'autre pour le comptage par dépôt sur coupelle des prélèvements d'eau de piscine aux différents stades de traitement. Enfin une spectrométrie gamma à scintillateur Nai permettait la mesure du césium 137 sur les prélèvements.

Le traitement par résines échangeuses d'ions des eaux de piscine contaminées, constitue à cette échelle une réelle et importante innovation. Le process mis en place a permis de vidanger entièrement la piscine et d'envoyer les 1500 m³ d'eau décontaminée vers la station de traitement des effluents de Bugey pour un rejet final.

Au travers de différentes unités spécialisées, le process a consisté en :

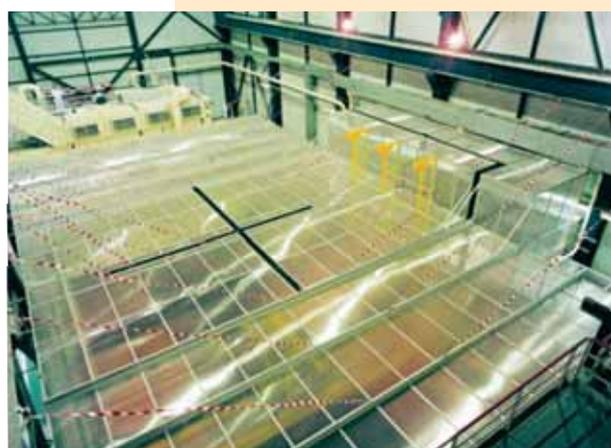
- ◆ un traitement préliminaire de précipitation ;
- ◆ une centrifugation de l'eau ;
- ◆ une récupération du précipité pour



**Travaux de découpe
des matériels**
Material cutting-out work



**Installation nucléaire
en cours de chantier**
*Nuclear installation
undergoing works*



**Station
de décontamination
de l'eau de piscine**
*Pond water
decontamination
station*



Station de blocage cimentaire des résines

Station for cement encapsulation of resins



Atelier de centrifugation de l'eau de piscine

Pond water centrifuging plant



► traitement par l'unité de blocage cimentaire ;
 ◆ une modification du pH initial de l'eau de piscine ;
 ◆ la décontamination de l'eau sur deux étages de deux colonnes de résines échangeuses d'ions, avec traitement intermédiaire du pH ;
 ◆ enfin, après un traitement permettant de ramener le pH de l'eau à 6, l'eau ainsi décontaminée était évacuée vers la station de traitement des effluents liquides (STEL) de Bugey.

Ce process innovant a permis d'évacuer vers la STEL une eau décontaminée.

Plus de vingt tonnes de résines et de précipités ont été conditionnées pour leur envoi vers l'ANDRA. Bouygues TP/AD a proposé et mis en œuvre un procédé innovant à base d'un composé cimentaire adapté dont la formulation et les essais ont été élaborés par la Direction Scientifique de Bouygues Travaux Publics. Après accord d'EDF et de l'ANDRA sur le *process*, plus d'une trentaine de colis ont ainsi été bloqués par ce procédé dont l'installation *in situ* était une première à cette échelle en milieu nucléaire. Très performant par sa capacité à bloquer les déchets nucléaires dans des proportions importantes il a en plus, par rapport à des procédés concurrents, un réel avantage sur le plan de la sûreté nucléaire car il utilise des matériaux ininflammables et sa réaction chimique de prise est très peu exothermique. Les Autorités de Sûreté ont d'ailleurs souligné ce point lors de l'examen du dossier d'exécution.

La fin des opérations a consisté en la décontamination fine du cuvelage de piscine, à sa mise en peinture, au démantèlement du pont perche et au repli de toutes les installations de chantier.

En terme de sécurité classique, aucun incident n'a eu lieu pendant ce chantier qui a mobilisé plus d'une vingtaine d'opérateurs et ceci malgré le contexte accidentogène des opérations : travaux au-

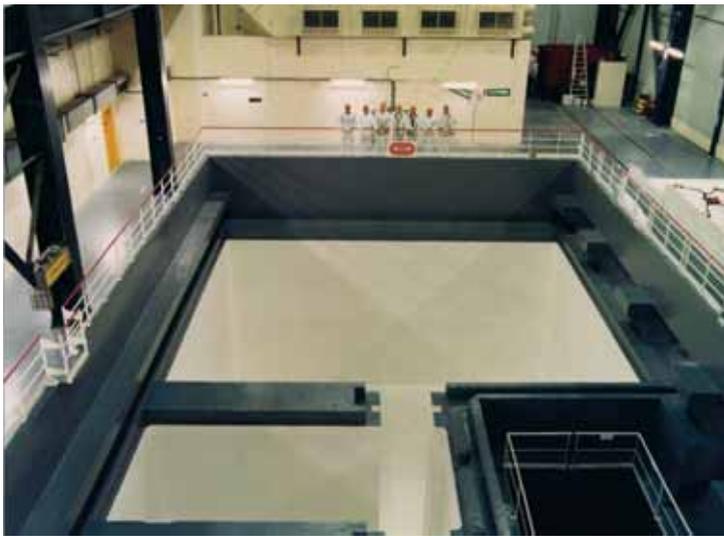
LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- 1 500 m³ d'eau de piscine vidangée et traitée
- Décontamination de 1 000 m² de cuvelage de piscine
- Environ 1 tonne de boues de fond de piscine extraites et traitées
- 50 tonnes de matériels immergés en piscine démantelés
- 17 tonnes de résines échangeuses d'ions traitées

Délai

Conception, études, travaux et conditionnement des déchets en 46 mois

dessus de l'eau, plongées, manutentions de charges lourdes, machines tournantes... En terme de risques spécifiques au travail en milieu nucléaire, le bilan a été jugé extrêmement positif par EDF et Bouygues TP, au regard des résultats dosimétriques finaux, collectifs et individuels, de l'ensemble du chantier. Les actions conjointes de EDF et Bouygues TP dans la mise en place de procédés innovants dès la phase de lancement du chantier ont permis ce succès en terme de qualité, sécurité et sûreté nucléaire.



Piscine après travaux
Pond after the works

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Electricité de France - Centre nucléaire de production d'électricité du Bugey (Bugey 1)

Entreprise générale

Bouygues Travaux Publics (Département Assainissement - Démantèlement)

ABSTRACT

EDF - Bugey 1 Nuclear Power Plant. Drainage and clean-up of the cooling pond. Conditioning of the associated nuclear wastes

G. Comte, X. Verdier

In July 1997, EDF entrusted to the Bouygues Travaux Publics company the work of nuclear clean-up and dismantling of the fuel cooling pond for Bugey 1 power station. This project was carried out by the Reclamation-Dismantling (AD) department of Bouygues TP, specialised in the area of nuclear dismantling. Bouygues TP/AD was in charge of the design engineering, works, waste management and radiation protection for the entire project. The works, spread out over 40 months, involved dismantling and conditioning equipment both outside the pond and submerged, preliminary clean-up of the bottom of the pond, drainage of the pond and water treatment by ion exchange resins themselves conditioned later, dismantling and conditioning of the nuclear overhead travelling crane, thorough decontamination of the pond tanks and then their confinement by painting, conditioning of all the wastes and withdrawal with final clean-up of the area. The overall operation was completed successfully in April 2001.

las obras. Estos trabajos se extenderán durante 40 meses y consisten en el desmontaje y el acondicionamiento de los materiales fuera de la piscina y sumergidos, así como un saneamiento preliminar del fondo de la piscina, el vaciado de esta última y el tratamiento del agua contenida por medio de resinas intercambiadores de iones, que a su vez se acondicionarán posteriormente, al desmantelamiento y acondicionamiento del puente grúa nuclear, a la descontaminación especial del recinto de la piscina y acto seguido su confinamiento mediante aplicación de pintura, y asimismo, al acondicionamiento de todos los residuos y al repliegue y saneamiento final de la zona. La operación global ha sido terminada con todo éxito en abril de 2001.

RESUMEN ESPAÑOL

EDF - Central nuclear de Bugey 1. Vaciado y saneamiento de la piscina de desactivación. Acondicionamiento de los residuos nucleares derivados

G. Comte y X. Verdier

En julio de 1997, EDF ha encargado a la empresa Bouygues Travaux Publics las obras de saneamiento nuclear y de desmantelamiento de la piscina de desactivación del combustible de la central de Bugey 1. Estos trabajos se han llevado a cabo por el departamento Saneamiento - Desmantelamiento (AD) de Bouygues TP, especializado en el aspecto del desmantelamiento de centrales nucleares. Bouygues TP/AD se ha hecho cargo de los estudios de diseño, las obras, la gestión de los residuos y la radioprotección de la totalidad de

Lievin : conception et du bassin Dussouich

Offrant une capacité de stockage de 10 000 m³, le bassin Dussouich à Lievin a été construit en 2000 sur la base d'une solution technique originale. Après étude des paramètres géotechniques du terrain rencontré et analyse du fonctionnement souhaité du bassin, Soletanche Bachy a finalement proposé et réalisé une solution de bassin de type trilobes, constitué de trois cylindres circulaires sécants.

Soletanche-Bachy a conçu et réalisé en 1999-2000 le bassin d'orage de la rue Dussouich à Lievin, pour le compte de la communauté d'agglomération de Lens-Lievin.

Ce projet a fait l'objet d'un appel d'offres sur performances, exigeant :

- ◆ un volume de stockage de 9 500 m³ minimum ;
- ◆ la minimisation des nuisances sonores ou olfactives, le bassin étant en pleine zone d'habitations (photo 1).

Le site du bassin est caractérisé par un substratum crayeux présent quasiment dès la surface, et devenant dur à partir de 8 m de profondeur, avec une nappe phréatique située à 7 m.

La solution proposée et finalement mise en œuvre a été de réaliser un bassin de forme trilobe, constitué de trois cylindres sécants, d'un rayon intérieur de 11,70 m, afin de réduire au maximum l'emprise du bassin (photo 2).

L'utilisation d'un atelier de perforation de type KS 3000, capable de travailler avec une précision de verticalité de 0,5 % a permis de limiter l'épaisseur de la paroi à 50 cm au lieu des 60 à 80 cm initialement considérés.

Le fonctionnement détaillé de l'ouvrage a également été optimisé, en particulier le système de nettoyage du radier et le traitement des odeurs.

LES TRAVAUX

La paroi moulée a été réalisée en 6 semaines en janvier et février 2000 à l'aide du KS 3000, au rythme moyen de cinq panneaux par semaine.

L'exiguïté du site, rendant la gestion des circulations délicates, les contraintes de phasage et de verticalité ainsi que la dureté de la craie sur les derniers mètres ont nécessité la mise en place du KS 3000 dont les performances sont nettement supérieures aux outillages classiques dans ce type de terrain. Cet outillage, premier prix de l'Innovation décerné par la FNTP en 1995, est en effet constitué d'une benne hydraulique pouvant être équipée du contrôle en continu de la verticalité et d'une gestion automatique des déplacements : Sakso (photo 3).

Ce système offre ainsi un meilleur contrôle de la qualité et autorise la réalisation des parois dans des emprises exiguës inaccessibles aux outillages classiques.

Photo 1
Vue aérienne du site pendant les travaux de paroi moulée
Aerial view of the site during diaphragm wall works



Photo 2
Vue générale : les effluents transitent pendant les travaux dans un dalot posé sur la paroi moulée
General view : During the works, the effluents pass through a box culvert placed on the diaphragm wall



LES PRINCIPAUX CHIFFRES

Principales quantités

- Paroi moulée : 2 150 m² excavés - 1 075 m³ de béton
- Terrassement : 10 000 m³
- Dalot : 45 ml
- Couronnement : 155 ml
- Butons : 4 unités
- Clous : 97 unités
- Radier : 1 080 m² (380 m³ de béton)
- Poteaux : 13 unités
- Poutres : 78 unités
- Prédalles : 1 000 m²
- Dalle de compression : 1 200 m²

construction

Associé aux performances (rendements supérieurs de l'ordre de 25 à 30 %) de la benne hydraulique, cet ensemble est parfaitement adapté à ce type d'ouvrage.

Les panneaux de parois moulées sont équipés, avant bétonnage, d'un joint type CWS permettant la mise en œuvre d'une lame Waterstop entre panneaux. Ce procédé accompagné des mesures précédemment citées garantit une étanchéité conforme au DTU 14.1.

Pour des raisons de phasage, la paroi a été réalisée en deux étapes. En effet, la canalisation traversant le chantier et par conséquent interceptant l'alignement futur de la paroi, a dû être déviée durant les travaux de paroi (emprise trop exiguë pour une déviation préalable).

Les terrassements ont suivi, en intégrant deux phases de pose de butons équilibrant les panneaux contreforts de la paroi moulée, ce qui autorisait le démarrage de certains éléments du génie civil alors que le terrassement n'était pas terminé. Ainsi le rabotage des parois moulées a-t-il été entrepris afin de nettoyer la paroi moulée de la boue de forage et pour donner un niveau de finition suffisant au fonctionnement de l'ouvrage (photo 4).

Les travaux de gros œuvre ont été également organisés en fonction de l'exiguïté du site, notamment pour les clous d'ancrage du radier qui ont été réalisés, après coulage de ce dernier, à travers des réservations ménagées.

Compte tenu de l'usage de l'ouvrage, un soin tout particulier a été apporté à l'étanchéité entre le radier et la paroi moulée – afin d'éviter la pollution du milieu naturel – ainsi qu'à l'état de surface du radier pour une meilleure efficacité des systèmes de nettoyage (photo 5).

Après coulage du radier, le reste du gros œuvre a été réalisé de façon classique en enchaînant poteaux, poutres préfabriquées précontraintes, prédalles précontraintes et dalle de compression.

Les principales contraintes résidaient dans le démarrage impératif des travaux du local technique avant la fin des travaux de superstructures et dans l'obligation de ménager une trémie pour l'évacuation de la grue à tour.

La rampe de descente destinée à "amortir" la chute (et donc le bruit) lors du remplissage du bassin, réalisée à l'aide d'éléments préfabriqués, peut elle aussi être citée comme une des difficultés principales d'exécution de l'ouvrage.

■ INTÉRÊT D'UNE APPROCHE GLOBALE

La création d'ouvrages de stockage de grande capacité dans des zones à forte densité d'habitation, demande de prendre en compte de nombreux critères environnementaux pour leur réalisation. Ces critères sont liés d'une part au process (maî-



Photo 3
Atelier KS3000
Plant KS3000



Photo 4
Rabotage
de la paroi moulée
Planing
the diaphragm wall



Photo 5
Finitions sur le radier
Finishing work
on the deck

Pierre Schmitt
DIRECTEUR DU BUREAU D'ETUDES
FRANCE
Soletanche-Bachy

Emmanuel Ollier
RESPONSABLE ANTENNE
PAS-DE-CALAIS
Soletanche-Bachy

Julien Landrot
RESPONSABLE DÉPARTEMENT
BASSINS ET ASSAINISSEMENT
Soletanche-Bachy

LES MOYENS

Pour l'exécution de ces travaux, Soletanche Bachy a mobilisé les moyens suivants :

- Parois moulées : 18 ouvriers spécialisés en deux postes
- Clous : 5 ouvriers spécialisés
- Matériel : KS 3000 monté sur porteur Liebherr
- Grue de manutention
- Centrale (stockage 120 m³, desablage 100 m³/h, pompes à boue...)
- Foreuse type Klem
- Centrale d'injection (malaxeur, pompe PH 15...)
- Génie civil : 10 à 15 ouvriers spécialisés

- Matériel : grue à tour
- Pompes à béton
- Aiguilles vibrantes
- Coffrage...

L'ensemble du personnel était sous la responsabilité d'un encadrement important constitué d'un ingénieur travaux et d'un conducteur de travaux.

Le chantier a par ailleurs été réalisé dans le cadre de la charte qualité ISO 9001 à laquelle répond l'entreprise.



Photo 6

Vue de l'ouvrage terminé : jeux pour enfants, espace de promenade et local technique habillé d'un parement en bois

View of the completed structure : play area for children, walking area and plant room dressed with a wooden facing

► trise du fonctionnement, des odeurs, du bruit...) et d'autre part à l'aménagement paysager du site. A ce titre, une réflexion particulière a été menée sur le chantier de Lievin de façon à intégrer au mieux le local technique et la partie visible du bassin à l'environnement pavillonnaire du quartier (photo 6). Plus d'un an après sa mise en service, aucun désordre n'est apparu et son fonctionnement, en particulier la qualité du nettoyage du radier, est très satisfaisant.

Cet réalisation démontre les possibilités d'aménagement global pour ce type d'ouvrages pour lequel la partie des fondations est la phase la plus critique des travaux, et permet aux entreprises d'apporter des solutions originales et spécifiques aux sites alloués pour les travaux afin d'optimiser tant le fonctionnement de l'ouvrage que la durée ou le coût de construction.

ABSTRACT

Lievin : design and construction of the Dussouich basin

P. Schmitt, E. Ollier, J. Landrot

Offering a storage capacity of 10,000 cu m, the Dussouich basin in Lievin was built in 2000 on the basis of an original technical solution. After studying the geotechnical parameters of the land surveyed and analysing the desired basin operation, Soletanche Bachy finally proposed and implemented of a basin solution of the tri-oval type, consisting of three intersecting circular cylinders.

RESUMEN ESPAÑOL

Lievin : diseño y construcción del depósito Dussouich

P. Schmitt, E. Ollier y J. Landrot

Con una capacidad de almacenamiento de 10,000 m³, el depósito Dussouich, en Lieven, fue construido en 2000 acorde a una solución técnica original. Tras estudio de los parámetros geotécnicos del terreno atravesado y análisis del funcionamiento deseado para el depósito, Soletanche Bachy ha propuesto y construido finalmente una solución de depósito de tipo trilobial, constituido por tres cilindros circulares secantes.

Emissaire de rejet en mer de Courseulles-sur-Mer

Dans le cadre de l'appel d'offres de la construction d'une nouvelle station d'épuration à Courseulles-sur-Mer (Calvados), le groupement d'entreprises Spie-Citra Ouest, EMCC, TPC s'est vu confier – par le Syndicat de la Côte de Nacre – le lot concernant la réalisation de l'émissaire de rejet en mer (conduite acier Europipe 711 mm, longueur totale : 2250 m).

L'assemblage est réalisé sur le site en 15 tronçons : 3 de 60 ml, 1 de 90 ml et 11 de 180 ml. De plus, il a fallu réaliser au microtunnelier, une longueur de 80 ml, permettant le franchissement d'une digue de protection. Le tracé de l'émissaire est à 40 % dans du rocher calcaire sain.

L'emploi d'un ponton autoélévateur, avec équipement de minage, est nécessaire afin de réaliser les forages puis le dynamitage.

L'ouverture de la souille est effectuée à partir d'un ponton "deeper" équipé d'une pelle hydraulique munie d'un grand balancier.

Les tronçons ont été mis en flottaison par l'intermédiaire de flotteurs, puis immergés dans leur souille sous la surveillance des plongeurs.

■ CONTEXTE DE L'OPÉRATION

Le projet de la conduite de rejet en mer de Courseulles (Calvados) intervient dans le cadre de la création d'une station d'épuration en lieu et place des trois stations d'assainissement existantes, de faibles performances, et dont les réseaux débordaient fréquemment.

La qualité des eaux, observée depuis plusieurs années, a conduit les communes du littoral de la Côte de Nacre du Calvados (de Luc-sur-Mer à Courseulles) à réaliser un projet à la mesure des enjeux écologiques, touristiques et économiques.

En effet, l'activité de baignade et la salubrité d'un site écologique très riche "Les Rochers du Calvados" – qui héberge un gisement naturel de moules en zone ZNIEFF – étaient compromises.

Dans ce contexte, le Syndicat d'Assainissement de la Côte de Nacre a fait appel à une maîtrise d'œuvre privée, pour la conception et le management du projet dans son ensemble : le cabinet Saunier Techna.

Dans l'objectif d'une qualité microbiologique des eaux traitées proche d'une eau potable et d'un rejet de ces eaux, lors des marées descendantes en dehors des zones protégées, un projet global d'assainissement de la Côte de Nacre a prévu les réalisations suivantes :

- ◆ les réseaux d'assainissement de collecte et de transport, sur un site unique ;
- ◆ six bassins-tampons, pour le stockage des eaux, comprenant trois ouvrages et la transformation des trois stations existantes ;
- ◆ un poste de reprise général, permettant de recueillir et de réguler la totalité des effluents, en entrée de station ;

- ◆ une station de traitement des eaux usées de 97000 équivalents/habitants ;
- ◆ un traitement tertiaire des eaux épurées comprenant une filtration sur sable suivie d'une ozonation ;
- ◆ le rejet en mer ;
- ◆ les bâtiments intégrés dans un parc paysager.

■ APPEL D'OFFRES

Dans le cadre de l'appel d'offres de la construction d'une nouvelle station de traitement des eaux usées à Courseulles-sur-Mer, le groupement d'entreprises EMCC/Spie Citra Ouest/TPC (EMCC mandataire) s'est vu confier – par le Syndicat de la Côte de Nacre (constitué des structures d'assainissement du Syndicat de St-Aubin-sur-Mer, Langrune-sur-Mer, Bernière-sur-Mer, du Syndicat de Luc-sur-Mer, Douvres-la-Délivrande, Cresserons et la commune de Courseulles) – le lot concernant la réalisation de l'émissaire de rejet en mer pour la dispersion des eaux traitées en marée descendante.

■ CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'ÉMISSAIRE DE REJET EN PARTIE MARITIME

Entre la station de traitement et le point de rejet en mer, la conduite gravitaire forcée DN 700 des eaux traitées se décompose en quatre grands ouvrages :

- ◆ 1 partie terrestre longue de 1200 m, composée de 900 ml de conduite en matériaux composite, et 300 ml de conduite acier ;

Patrick Nyffenegger



DIRECTEUR AGENCE
TRAVAUX MARITIMES
Spie Citra Ouest

Nicolas Marie



INGÉNIEUR TRAVAUX
Spie Citra Ouest

Eric Gravot

CHEF D'AGENCE NANTES
E.M.C.C. Nantes

Patrick Belgeulle



DIRECTEUR RÉGION
OUEST
E.M.C.C. Nantes

Bernard Dussart



CHEF DE SERVICE
TRAITEMENT
Saunier Techna Rennes

Richard Manirakiza

CHEF DE SERVICE MAÎTRISE
D'ŒUVRE
Saunier Techna Rennes

Figure 1
Coupe type
Typical section

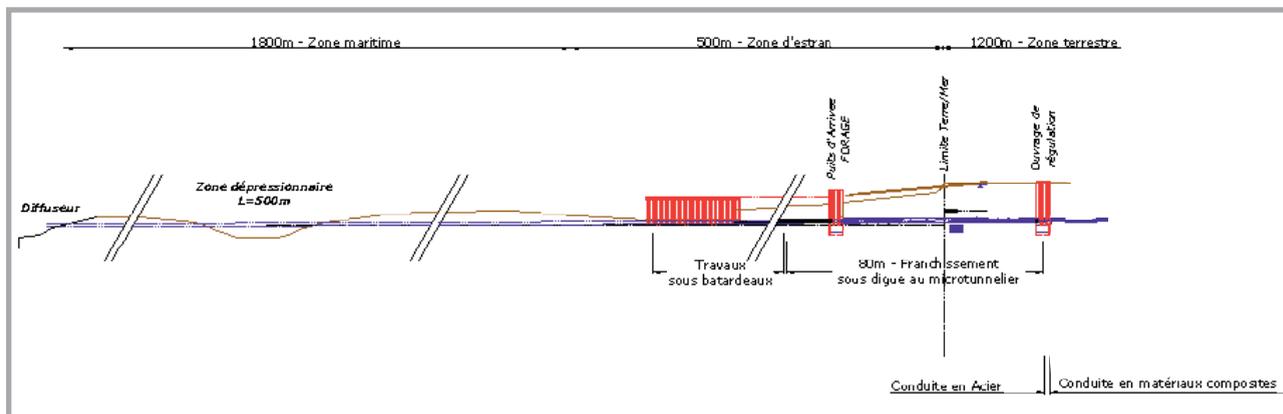


Photo 1
Les tubes sont emboîtés sur une aire de préfabrication
The pipes are fitted together on a prefabrication area



la réalisation de l'ouvrage de protection à sec. Le puits de sortie a permis le raccordement avec les tronçons situés en zone d'estran.

Tronçon maritime (2 300 ml)

Le phasage des travaux est le suivant :

- ◆ préfabrication des tronçons à terre sur une aire aménagée derrière la digue de protection ;
- ◆ ouverture des souilles de pose ;
- ◆ lancement et mise à l'eau des tronçons ;
- ◆ immersion et raccordement des tronçons entre eux ;
- ◆ remblaiement de la souille.

■ MODES OPÉRATOIRES

Préfabrication des tronçons

L'assemblage est réalisé sur le site en 15 tronçons : 3 de 60 ml, 1 de 90 ml et 11 de 180 ml. Ces tronçons sont composés d'assemblages de tubes de 15 ml revêtus, à l'intérieur d'un ciment alumineux, à l'extérieur de polypropylène. Les trois tronçons de 60 ml couvrent la zone d'estran. Le tronçon de 90 ml assure la jonction entre la partie de l'estran et la partie maritime. Les onze tronçons de 180 ml couvrent la zone maritime.

Les tubes de 15 ml (fourniture Europipe) sont emboîtés sur une aire de préfabrication (photo 1). Afin de rendre ces tronçons fondriers et d'assurer une protection mécanique des conduites, un béton de lestage (ep. 8 cm) est mis en place autour des tuyaux.

Une fois assemblé, bétonné et éprouvé, chaque tronçon est stocké parallèlement à la voie de lancement sur des longrines béton.

Ouverture des souilles de pose

Dans la zone d'estran, la souille est ouverte à l'abri d'un double rideau de palplanches, le terrassement sur une profondeur de 4 à 5 m a été réalisé à l'aide d'une pelle à câble équipée en benne pre-neuse.

Dans la zone maritime, l'ouverture de la souille est effectuée à partir d'un ponton "deeper" équipé d'une pelle hydraulique munie d'un grand balancier

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Syndicat d'Assainissement de la Côte de Nacre

Conduite d'opération

DDE du Calvados - Caen

Conception - Maître d'œuvre

Saunier Techna (Saint-Grégoire) (35)

Entreprises

- Tronçon maritime :

- E.M.C.C. (Nantes)
- Spie Citra Ouest (Lorient)

- Tronçon terrestre : TPC (filiale GTM)

Sous-traitants :

Micro-tunnelier : SMET Boring (Belgique)

Coordonnateur sécurité

Bureau Véritas

Exploitation

Lyonnaise des Eaux

Partenaires financiers

- Conseil régional Basse Normandie
- Conseil général Calvados
- Agence de l'eau Seine/Normandie

- ◆ 1 ouvrage de protection hydraulique ou "chambre à vannes" ;
- ◆ 1 partie terrestre longue de 80 ml en conduite acier, franchissant la digue de protection du littoral ;
- ◆ 1 partie maritime longue de 2300 m, composée de 500 ml en zone d'estran et 1800 ml en zone maritime.

Cette partie maritime est totalement ensouillée et suit une pente de 3 ‰. Son extrémité située sur des fonds à - 5.50 CM (cote marine) se termine par un diffuseur conique DN 500, permettant ainsi d'accélérer les effluents dans une fosse sous-marine (la fosse de Bernière au large de Courseulles-sur-Mer) et favorisant la dispersion de ceux-ci dans le milieu marin (figure 1).

■ MODE D'EXÉCUTION

Tronçon entre l'ouvrage de protection et la zone d'estran (80 ml)

Ce tronçon, situé entre la zone d'estran et l'ouvrage de protection construit en zone poldérisée protégée par une digue insubmersible, ne pouvait être réalisé par des moyens classiques terrestres, du fait des risques d'inondation liés aux grands coefficient de marée.

Il a donc été retenu le principe de pose à l'aide d'un microtunnelier comme suit :

- ◆ forage d'une gaine Ø 900 mm ;
- ◆ pose à l'intérieur de la conduite acier DN 700 ;
- ◆ injection de l'espace annulaire.

Le puits d'entrée en palplanches a en outre permis

(photo 2). Un système de positionnement DGPS permet une visualisation précise – en temps réel – du travail effectué.

Compte tenu de la nature des fonds marins, il a été nécessaire d'effectuer une fracturation préalable du rocher par minage sur environ 40 % du tracé. Ces travaux ont été réalisés à partir d'une plate-forme auto-élevatrice équipée d'un wagon-drill permettant le forage en O.D. (photos 3 et 4).

Lancement des tronçons

Les tronçons, pré-assemblés et stockés sur longrines béton, sont repris par des lorries et ripés jusqu'au droit de la voie de lancement.

Pour permettre le franchissement de la digue, la voie de lancement sur rail a été construite à une hauteur de 5 m au-dessus de l'aire de préfabrication. Des portiques équipés de treuils permettent le levage de la conduite et son positionnement sur les chariots positionnés sur la voie de lancement (photo 5).

Les tronçons d'émissaire sont alors équipés de flotteurs métalliques pour assurer leur flottabilité pendant les phases de lancement et de remorquage sur le site d'immersion.

Immersion et raccordement des tronçons

Compte tenu des hauteurs d'eau, deux méthodes d'immersion ont été retenues.

Descente par flexion élastique

Cette méthode est utilisée pour les zones d'immersion où la hauteur d'eau est inférieure à 4 m. Une fois la conduite positionnée à l'aplomb de la souille et dans l'alignement du tronçon précédent, les flotteurs sont enlevés selon une séquence prédéfinie par le calcul pour assurer l'immersion selon une méthode dite en "S".

En effet, le calcul permet de maîtriser les contraintes de flexion et de déformation maximales du tube acier et de son revêtement intérieur béton.

Toutes ces opérations sont réalisées sous contrôle et assistance d'une équipe de scaphandriers. Par ailleurs, le Bureau Véritas a été chargé de déterminer les conditions de houle maximale compatibles avec le rayon de courbure imposé par le revêtement intérieur du tuyau, pour les tronçons lancés ; soit 60, 90 et 180 ml.

A titre conservatoire, l'enrobage béton n'est pas pris en compte dans la raideur de la conduite, et les analyses sont effectuées avec des houles régulières. Cette étude a permis de conclure à un critère de lancement des conduites en toute sécurité.

Descente contrôlée

Cette méthode est utilisée pour les zones d'immersion où la hauteur d'eau est supérieure à 4 m. Dans ce cas, la conduite est remorquée jusqu'à



Photo 2
Ouverture de la souille
"ponton deeper"

Deeper platform
trench opening



Photo 3
Minage

Blasting



Photo 5
Aire de préfabrication
Prefabrication area



Photo 4
Ponton autoélevateur
Self-jacking platform

l'aplomb de la souille. Elle est reprise par quatre points fixes d'élingage (treuils installés sur pieux battus en site maritime). Après enlèvement des flotteurs, la descente s'effectue horizontalement à l'aide des treuils fonctionnant simultanément (photos 6 et 7). Le contrôle de la descente est supervisé par une équipe de scaphandriers.

Raccordement entre tronçons

Un système de guidage entre tronçons, visible depuis la surface permet d'assurer un positionnement relatif précis de ceux-ci en fond de souille. Le raccordement entre chaque tronçon est assuré par des raccords boulonnés type "Bride Union". La continuité électrique de la protection cathodique est assurée par la mise en place de deux shunts.

Une fois raccordé, l'ensemble est noyé dans un mortier de résine époxydique et de silice coulé dans un coffrage métallique. Puis la protection mécanique de la conduite au droit du raccord est reconstituée à l'aide d'un enrobage béton mis en place par plongeurs.

Remblaiement de la souille

Les travaux sont réalisés à l'aide de l'atelier "deeper" équipé de son DGPS. Les matériaux issus de

QUELQUES CHIFFRES

- Montant du marché : 34 000 kF HT
- Durée des travaux : 12 mois
- Conduite PEHD Ø 700 : 900 ml
- Conduite acier Europe Ø 700 : 2680 ml
- Déroctage à l'explosif : 8500 m³
- Dragage et terrassement : 22000 m³
- Préparation et préfabrication : en période hivernale
- Zone d'estran : 4 mois de janvier à avril
- Zone maritime : 4 mois de mai à août

l'ouverture de la souille et stockés à proximité de celle-ci sont remis en œuvre directement sur la conduite.

Tests et contrôles

Avant chaque lancement de tronçon, un essai d'étanchéité hydraulique à 10 bars est réalisé. Après pose complète de l'émissaire, un test au colorant depuis la station d'épuration a permis de valider d'une part l'étanchéité de la conduite et d'autre part de vérifier la bonne dispersion des effluents dans le milieu marin.

CONCLUSIONS

Ce type de réalisation nécessite la mise en œuvre de moyens maritimes très importants, ainsi qu'une coordination entre toutes les équipes de spécialistes intervenant sur les différentes parties d'ouvrage.

De plus l'intervention en site maritime exposé à la houle doit intégrer une grande souplesse dans l'organisation du chantier, en s'accommodant toujours d'un créneau favorable et en ayant également le souci de sauvegarder chaque partie d'ouvrage réalisée. Pour ce faire, les phasages et les méthodes doivent intégrer toutes ces dispositions.

LES MOYENS

Préfabrication

- Aire de 1 hectare
- Equipe composée de 10 hommes affectés aux tâches de construction de l'aire; à savoir : longrines transversales, voie sur pieux, soudure, enrobage et manutention

A noter : l'utilisation de treuils de levage qui a permis de s'affranchir des grues

Minage - Battage - Mise en souille

- Plate-forme auto-élevatrice 4^e catégorie
- Foreuse
- Grue 50 t (photo 5)

Dragage

Deeper avec son équipage, pelle 974 Liebherr et chalands

Remorquage

Remorqueurs, type Multicat 400 CV et 380 CV avec leur équipage

Encadrement

Un directeur de travaux et son adjoint

Effectif moyen

30 personnes

ABSTRACT

Sea discharge outlet at Courseulles-sur-Mer

P. Nyffenegger, N. Marie, E. Gravot, P. Belgeulle, B. Dussart, R. Manirakiza

Within the framework of the invitation to tender for construction of a new treatment plant at Courseulles-sur-Mer (Calvados region), the consortium of Spie-Citra Ouest, EMCC and TPC was commissioned – by local government body "Syndicat de la Côte de Nacre" – with the work section for construction of the sea discharge outlet (Europipe 711 mm steel pipe, total length : 2250 m).

Assembly is performed on site in 15 sections : three 60-m long, one 90-m long and eleven 180-m long. Moreover, a micro-tunneler had to be built, 80



Photo 6
Mise en flottaison d'une conduite depuis la rampe de lancement

Floating of a pipeline from the launching ramp

Photo 7
Positionnement du tronçon à l'aplomb de la souille avant immersion

Positioning of the section in line with the trench before submersion



metres long, to permit crossing of a protection dyke. The route followed by the outlet is 40 % in sound limestone rock.

A self-jacking platform, with blasting equipment, must be used to be able to perform drilling and then dynamiting. The trench is opened from a deeper platform equipped with a hydraulic shovel provided with a large walking beam. The sections were floated by means of floats, then submerged in their trench under the supervision of divers.

RESUMEN ESPAÑOL

Emisario de descarga en la mar de Courseulles sur Mer

P. Nyffenegger, N. Marie, E. Gravot, P. Belgeulle, B. Dussart y R. Manirakiza

Actuando en el marco de la licitación para la construcción de una nueva estación depuradora en Courseulles sur Mer (Calvados), la agrupación de empresas Spie-Citra Ouest, EMCC y TPC, se ha hecho cargo por atribución del Sindicato de la Côte de Nacre del lote relativo a la ejecución de emisario de descarga en la mar (conducto de acero Europipe 711 mm, longitud total : 2,250 m).

El ensamblado se ha ejecutado en el emplazamiento, en 15 tramos : 3 de 60 m, 1 de 90 m y 11 de 180 m. También ha sido preciso construir mediante una microtunelera, un tendido de 80 m de longitud, para permitir la travesía bajo un dique de protección. El trazado del emisario se desarrolla en una proporción de un 40 % en la roca caliza sana.

El empleo de un pontón autoelevador, con equipo de perforación, es necesario con objeto de ejecutar las perforaciones y acto seguido, las voladuras por dinamita.

La apertura de la zanja se efectúa desde un pontón "deeper" dotado de una pala hidráulica provista de un gran balancín. Los tramos se han puesto en flotación por medio de flotadores y, a continuación, sumergidos en su zanja bajo la vigilancia de buzos.



Les chantiers au cœur du développement durable

Retours d'expérience sur 8 ans de SME et 3 ans de certification ISO 14001

La définition même des "Travaux Publics" place nos chantiers au cœur des sensibilités des riverains.

En contact direct avec les tiers, nos professionnels sont depuis toujours, et encore plus maintenant, confrontés à la gestion des nuisances de nos métiers ou des plaintes des habitants.

Développer d'une manière volontaire une démarche de Système de management Qualité - Prévention et Environnement est un atout pour apprendre à mieux maîtriser les aléas de nos activités et les risques techniques, réglementaires, contractuels et économiques liés à nos chantiers mobiles ou sur nos installations fixes.

Cet article illustre des exemples issus d'une liste "où les points positifs sont plus nombreux que les points négatifs", afin de présenter les enseignements les plus intéressants de ces retours d'expérience.

■ PRINCIPE

Gérer une entreprise, c'est notamment prendre en compte son passé, maîtriser son présent et anticiper son avenir.

En environnement, ce principe est le garant d'une entreprise respectueuse de ses actionnaires, de ses clients, de ses collaborateurs, des riverains et de ses interlocuteurs extérieurs.

■ HISTORIQUE : UNE DÉMARCHÉ UNIQUE ET COMMUNE D'UN GROUPE DE BTP

Filiale du groupe Vinci, GTM Construction dès 1994, a décidé la création d'un Service Environnement; les terrassiers de GTM l'ont fondé sur la norme Afnor X30-200 parue en 1993, qui servira de modèle à l'ISO 14001 publiée en 1996. C'est donc "naturellement" que l'entreprise fut certifiée en 2000 pour son activité siège et terrassement.

Dès lors, ce SME (Système de management environnemental), unique pour tout le groupe GTM Construction, a été étendu du périmètre initial vers les activités de travaux publics en 2001, y compris le dragage, la précontrainte et les charpentes en lamellé collé.

En 2002, les centres techniques de GTM Construction lancent leur démarche environnement pour rejoindre le centre matériel terrassement. En 2003, l'activité Bâtiment valorisera les efforts réalisés sur le terrain par ses équipes et recensés au cours de l'année 2002.

■ UNE VOLONTÉ COMMUNE RESPECTUEUSE DES CONTRAINTES DE CHACUN

La principale difficulté d'une telle politique volontariste en environnement est de faire correspondre un SME partagé par tout un groupe aux besoins spécifiques de chaque métier. Les pratiques sur le terrain ne sont pas au même niveau, bien souvent parce que les contrats signés n'impliquent pas les mêmes contraintes d'organisation :

- ◆ les grands travaux TP ou terrassement sont régis par des schémas organisationnels du Plan d'assurance environnement (SOPAE) à l'appel d'offres et les PAE en phase chantier qui contractualisent la prestation environnementale en adéquation avec l'attente de nos clients ;
- ◆ en bâtiment, la quasi totalité des contrats n'évoque pour ainsi dire pas l'environnement ;
- ◆ en droit privé, les clients certifiés ISO 14001 sont extrêmement exigeants dans la réponse d'appel d'offres, mais d'autres reportent complètement sur l'entreprise l'environnement en ignorant parfois leur obligation de maître d'ouvrage (diagnostic amiante, plomb, respect des autorisations loi sur l'eau).

■ MIEUX MAÎTRISER DES RISQUES

Les différents audits internes ou extérieurs ont permis à l'entreprise de repérer certains risques, parfois sous-évalués en phase chantier (risque de crue, d'inondation de zones protégées, présence de trans-

Photo 1
Remplacement des bidons et fûts par des citernes beaucoup plus stables et mieux stockées

Replacement of cans and barrels with tanks which are far more stable and better stored



Photo 2
Récupération des souillures lors des transbordements par l'utilisation de géotextile ou petit bac de rétention

Retrieval of impurities during transshipment by using geotextile or small retention tanks



Photo 3
Regroupement des polluants et mise sur bac de rétention conforme à la réglementation

Grouping of pollutants and placing in retention tank in conformance with regulations

Photo 4
Certaines demandes clients vont au-delà de la réglementation et amènent la couverture des stockages contre la pluie, limitant le problème des eaux grasses des bacs de rétention à traiter

Certain customer demands go beyond the regulations and require coverage of storage units against the rain, limiting the problem of greasy retention tank waters to be treated



Photo 5
Container lubrifiant. Tout le sol est recouvert par un bac de rétention. De chaque côté, sont disposés deux bacs de récupération des huiles usagées. Sur ceux-ci viennent se poser les fûts d'huiles neuves, un fût de liquide de refroidissement neuf et un fût destiné à la récupération de ce liquide usagé. L'allée centrale est recouverte d'un caillebotis. Le palan permet la rentrée et la sortie des fûts sans effort. La manutention est possible de 1 m devant le conteneur jusqu'au fond et ce de chaque côté. Au fond



au milieu un bac sert à récupérer les filtres usagés. Le matériel de pompage, manuel ou pneumatique se trouve à l'entrée

Lubricant container. The entire ground is covered with a retention tank. On either side are placed two tanks for recovery of used oils. On these are placed the new oil barrels, a new coolant fluid barrel and a barrel designed for recovery of this used fluid. The central aisle is covered with a slatted floor. The hoist enables barrels to be brought in and removed effortlessly. Handling is possible from 1 m before the container through to the back, and on either side. At the back and in the middle, a tank serves to recover used filters. The pumping equipment, manual or pneumatic, is located at the entrance

formateur pyralène à proximité) et d'apporter, en plus des réponses ponctuelles, des méthodes d'identification systématique pour apprendre à détecter et prévenir ces risques au bénéfice de nos clients et des riverains.

Les retours d'expérience terrain et cette méthode de détection permettent également de mieux évaluer les risques lors de l'étude d'une affaire (dossier ne comportant pas la prise en compte de délais administratifs ou absence des arrêtés préfectoraux pourtant nécessaires à l'exécution du chantier). Cette meilleure maîtrise des risques respecte la volonté de l'actionnaire, et permet également d'engager un dialogue transparent et constructif avec nos partenaires afin de traiter ensemble les difficultés en amont.

■ RESTER COMPÉTITIF MÊME MIEUX DISANT

Cette volonté de partenariat, pourtant, peut aboutir à la perte de marchés potentiels lorsque la levée des réserves, liée aux nombreux points réglementaires, réévalue l'offre commerciale. Nous revenons à l'éternel sujet du mieux disant et du moins disant.

Il est donc indispensable de continuer à convaincre nos partenaires que l'environnement est l'affaire du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et des entreprises, et qu'il ne peut être "oublié" dans les dossiers de consultation.

■ DES CLIENTS DYNAMIQUES

Autoroute du Sud de la France a décidé de récompenser les chantiers qui se sont illustrés dans le respect des hommes et de l'environnement (cf. article d'Eric Mazières à paraître dans un prochain numéro de *Travaux*). Cette heureuse initiative démontre d'une manière exemplaire que ce partenariat maître d'ouvrage - maître d'œuvre et entreprise est la solution d'avenir qu'il faut continuer à promouvoir.

■ LES GARANTIES DE LA CERTIFICATION ISO 14001

La certification ISO 14001 permet de garantir aux partenaires de l'entreprise plusieurs points fondamentaux tels que :

- ◆ un SME fonctionne réellement et efficacement ;
- ◆ il a été vérifié sur place qu'une veille réglementaire en environnement alimente les opérationnels et conseille les chantiers ;
- ◆ l'entreprise a planifié la résolution de ces points sensibles ;

◆ elle s'est résolument engagée pour s'améliorer de chantier en chantier.

Ces points, et bien d'autres, ne sont pas visibles ponctuellement sur un chantier, l'auditeur extérieur est en quelque sorte mandaté pour regarder ces points stratégiques "invisibles" pour les clients ou riverains d'un chantier.

Nous avons pu également constater que chaque audit interne ou extérieur était l'occasion de prendre du recul sur les impératifs quotidiens pour optimiser la démarche sur chantier et au niveau des agences. Elle permet de faire prendre conscience à chacun des améliorations à apporter à la maîtrise des risques. Le cumul des audits environnement internes et AFAQ 2000 et 2001 a généré 95 écarts traduits immédiatement par autant de pistes d'améliorations pour les entités.

■ DES PROGRÈS VISIBLES

En 1994, le stockage des hydrocarbures sur le chantier se pratique en fûts ou bidons déposés à proximité des lieux d'utilisation. Quelquefois, des incidents, renversements ou fuites, pouvaient se produire. La progression de la prise en compte de ce risque est vraiment l'illustration de l'amélioration effective de nos équipes sur les chantiers (photos 1 à 5).

■ DES RÉVOLUTIONS INVISIBLES

L'équipement des engins en système de graissage automatique centralisé et l'allongement des durées d'utilisation des engins de terrassement entre deux visites grâce à la mécanique préventive et prédictive ont permis de réduire par deux les volumes d'huile de vidange produits chaque année.

■ DES CHANTIERS PLUS CITOYENS

La prise en compte des bruits, première source de nuisance citée par la population dans les enquêtes d'opinion, a été choisie par le groupe GTM Construction comme action nationale de progrès. Chaque chantier cherche à organiser ses postes de travail dans le temps et dans l'espace afin de minimiser les bruits inévitables liés au BTP. Cela s'exprime par :

◆ des accès de chantier et des itinéraires étudiés pour s'insérer au mieux dans la circulation ou mieux pour s'en affranchir par des ponts provisoires au-dessus des routes fréquentées, ou les cours d'eau afin d'éviter les villages ;

◆ des installations de chantier ou des échelons simulés par le logiciel CORNAC (Conception d'Organisation et Réduction des Nuisances Acoustiques de Chantier) permet d'anticiper plusieurs scénarios en recomposant les ateliers et les échelons à partir

d'une base de mesures de terrain. Les ateliers ainsi recomposés émettent un bruit potentiel probable dont nous pouvons estimer la diminution à 20, 40, 100 m sur terrain nu ou avec les écrans antibruit de 4 à 8 m à distance variable. Les simulations théoriques réalisées sont ensuite vérifiées sur le terrain et correspondent à 1 ou 2 décibels près ;

◆ mais aussi, tout simplement, placer le groupe électrogène à l'opposé des riverains, ce qui n'est qu'une mesure de bon sens très efficace.

■ DES NOUVEAUX SERVICES À NOS CLIENTS

Huit ans de pratique de l'environnement par les équipes de terrain accompagnées par des experts compétents ont permis à l'entreprise de contrôler et maîtriser ces variantes techniques comme le réemploi des matériaux du site en couche de forme. Le criblage, le concassage, l'élaboration en centrale de chaux ou ciment, la fabrication d'explosif de minage sur site sont toutes des Installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration ou autorisation temporaire. Les services experts géotechniques, minage et environnement travaillent de concert avec la production pour identifier, dès la phase de démarrage, les éléments du cahier des charges qui permettront le moment venu d'utiliser ces techniques dûment autorisées par l'administration pour maîtriser les économies de chantier en matériaux de carrière. Ces atouts permettent de proposer à nos clients des projets moins coûteux, sans aléa administratif et plus en adéquation avec le développement durable.

Les chirurgiens du paysage

Aujourd'hui les chantiers d'autoroutes ne sont plus des saignées béantes dans le paysage, vue d'avion ils s'apparentent beaucoup plus à une cicatrice nette et précise au milieu de la verdure préservée (photo 6).

Des dépôts ou emprunts invisibles

La maîtrise technique des remises en état des dépôts ou emprunts de matériaux est quasi parfaite à tel point qu'un plan de recollement est nécessaire pour réussir à repérer les parcelles concernées quelques mois après les travaux réalisés (photo 7).

Malaxer l'argile des centres de stockages de déchets

Lorsque les qualités de l'argile en place ne sont pas suffisantes, l'entreprise est capable d'améliorer ses caractéristiques par des traitements ap-



© GTM Construction/Ph. Guignard

Photo 6
Vue aérienne d'un chantier de terrassement : chirurgie esthétique sur l'A89 en Corrèze

Aerial view of an earthworks site : aesthetic surgery on the A89 Ussel



Photo 7
Réaménagement d'un dépôt de matériaux bientôt invisible dans le paysage

Redevelopment of a materials depot soon to be invisible in the landscape

CINÉMATIQUE DE LA PROBLÉMATIQUE RENCONTRÉE

La difficulté majeure pour appréhender ce nouveau management triple (qualité, prévention et environnement) consiste à réussir la délicate alchimie de mettre en place un SME (Système de management environnemental) adapté aux chantiers et certifié selon les exigences des normes ISO 9001, BS 8800 et ISO 14001.

La priorité est de savoir garder à l'esprit que le but visé est une organisation simple, efficace et pertinente à l'échelle des moyens locaux et en adéquation avec la culture terrain des équipes déjà fortement sollicitées par les 35 heures et la gestion quotidienne du chantier.

La solution efficace consiste à recenser les bonnes pratiques des équipes, les valoriser et les transcrire dans des documents qui apporteront la preuve du savoir-faire de l'entreprise. Ensuite ce recensement des points forts permet de planifier le traitement des points sensibles repérés lors des audits.

Cette planification des améliorations à apporter à l'organisation de l'entreprise est l'occasion de faire un état des lieux très complet du passé, du présent et d'envisager des investissements chiffrés. Une fois les nécessaires arbitrages rendus, l'entreprise est alors en ordre de marche pour mieux maîtriser son avenir et mieux valoriser ses outils de production rationalisés.

Un SME unique au niveau d'un groupe permet le déploiement rapide et économique du périmètre de certification grâce à la mise en commun des moyens (veille, experts, formation, documentation, auditeurs, communication et sensibilisation) mais la difficulté majeure réside dans l'équilibre entre ces outils communs mutualisés et la nécessaire adaptation locale pour coller aux problématiques métiers, entités ou chantier (analyse des risques, sensibilités du site, du client ou des riverains).

Enfin un SME unique nécessite une remontée de retours d'expérience pertinente afin d'améliorer et diffuser les bonnes pratiques (plaintes, non conformités, situations d'urgence, indicateurs et suivi des objectifs). Or ces informations existent sur chantier mais ont beaucoup de mal à remonter les différents niveaux de consolidation pour être agrégées au niveau d'un groupe de 10 000 collaborateurs.

La comptabilité et le recours à des bases Intranet sont complétés par la rédaction d'un rapport "environnement" et prochainement "développement durable".

► propriés. Cette technique pointue valorise les matériaux du site.

Chasseur-pêcheur au service de l'environnement

Les hommes qui composent l'équipe des experts environnement de l'entreprise sont recrutés pour leurs compétences techniques et leurs qualités humaines mais aussi pour leurs bons sens pratique. Yannick Aubert ne compte plus aujourd'hui le nombre de cours d'eau réaménagés ou reprofilés sur ses conseils en étroite collaboration avec le CSP (Conseil supérieur de la pêche). De nombreux poissons et pêcheurs profitent aujourd'hui des seuils, trous, enrochements frayères mis en place par les équipes de GTM Construction (photo 8).

Réaménager des carrières en fin de vie

En France, de nombreuses carrières abandonnées en fin d'exploitation ou peu exploitées sont parfois dans de grandes difficultés techniques ou administratives pour remettre en état leur site. L'aspect et les problèmes de sécurité préoccupent l'administration, les élus et les riverains. Les compé-

tences d'expertise technique et du droit de l'environnement ont amené naturellement les terrassiers à valoriser leur savoir-faire dans ce domaine. Les sites les plus intéressants sont étudiés par le service carrière. Les dernières réalisations à avoir bénéficié de ce traitement sont :

- ◆ la carrière de Mainchon (19) ;
- ◆ la réouverture de la carrière de Trouville-la-Hautle (76).

Celle-ci alimente le chantier de Port 2000 par voie fluviale évitant les norias de camions sur la voirie existante. Elle a pu être réouverte dans le parc naturel régional de Brotonne car le dossier initié dès 1998 fut instruit dans le souci permanent de la concertation avec l'ensemble des parties prenantes. Cet atout fut primordial dans l'attribution du chantier de Port 2000 "Digues de protection et accès maritimes" au groupement d'entreprises de Vinci.

■ REPENSER TOUTE L'ORGANISATION DE L'ENTREPRISE

Les formations

La mise en place du SME a été l'occasion de décortiquer le fonctionnement interne de l'entreprise, notamment lors de l'écriture de cinq référentiels destinés à la formation des directeurs jusqu'aux compagnons.

Les sites permanents

Centres techniques et dépôts ont fait l'objet de diagnostics réglementaires et techniques qui ont été l'occasion d'évacuer de nombreux rebus de chantier, cuves, citernes, fûts, machines hors service stockés parfois depuis des années. Beaucoup de ces dépôts disposaient de surcapacité en produits stockés (peinture, diluants, bouteilles de gaz, hydrocarbures en fûts ou citernes enterrées). Or les stockages de ces produits dangereux sont parfois réglementés à partir de seuils que nous dépassons, mais dont nous n'avons pas l'utilité. Ces stockages recensés, regroupés, réorganisés, réaménagés améliorent la qualité du travail et réduisent notre exposition aux risques sécuritaires et réglementaires.

Cette maîtrise de la situation administrative permet maintenant d'envisager la certification, la négociation des primes d'assurance et offre aux riverains et aux élus une garantie de gestion rigoureuse de nos sites.

La démarche groupe

Elle favorise la synergie et la dynamique de réseau, ainsi un site ou un chantier isolé bénéficie des moyens d'auto-diagnostic, de l'assistance des ex-

perts sur la réglementation ou des animateurs environnement formés, et de mise à disposition des actions engagées par les autres chantiers ou dépôts.

Les écarts repérés sur un site sont souvent des points sensibles ailleurs. Les cinquante auditeurs internes QPE et les aviseurs techniques de chantier sont les vecteurs de ces échanges et les porteurs des bonnes pratiques dans l'entreprise, et vers les autres entreprises du groupe lors d'audits croisés.

■ BILAN DE L'ENTREPRISE "SME"

Le système de management environnement unique a permis de :

- ◆ réaliser depuis 1994 plusieurs centaines de chantier sous assurance environnement ;
- ◆ former 400 stagiaires à l'environnement en 3 ans ;
- ◆ certifier 12 entités de GTM Construction représentant 20 % du chiffre d'affaires en 2001 ;
- ◆ renforcer nos partenariats avec les fournisseurs et sous-traitants qui participent avec GTM Construction à la progression du respect de l'environnement ;
- ◆ basculer une part importante de l'activité du groupe vers les métiers de l'environnement (dépollution, démolition, désamiantage, charpente bois) ou vers des nouveaux marchés liés à l'environnement (création d'alvéole de CSD (centre de stockage de déchets), couverture de CSD, étanchéité de CSD, réaménagement et exploitation de carrière, aménagement de cours d'eau, réhabilitation de bâtiment) ;
- ◆ élaborer des procédés innovants Picada (béton autonettoyant contre la pollution) ; Lama (laser nettoyant de monuments historiques) démontrant l'avance technique de l'entreprise ;
- ◆ valoriser et motiver les collaborateurs de l'entreprise ;
- ◆ renforcer ou acquérir une image de marque de respect de l'environnement auprès de nos clients, nos collègues de la profession, les services de l'Etat et les associations de riverains.

GTM Construction a reçu le trophée "Sommet de la Terre et Bâtiment" remis par la FFB Paris Île-de-France pour son action dans le domaine depuis 10 ans.

Aujourd'hui nous constatons que plus les entités sont engagées depuis longtemps dans la démarche plus elles considèrent que la réelle intégration de l'environnement dans nos travaux est un atout essentiel de l'entreprise. C'est un témoin de la capacité à intégrer de nouvelles opportunités de marchés et c'est un des meilleurs vecteurs de motivations internes et de valorisation externe de l'entreprise. C'est le développement durable de l'entreprise.



Photo 8
Aménagements piscicoles d'un passage inférieur sur A89 : le but est d'offrir à la faune un lit mineur toujours vivace

Water-life development of an underpass on the A89 : the aim is to provide the fauna with a constantly flowing river channel

ABSTRACT

Core sustainable development projects. Feedback over eight years of environmental management and three years of ISO 14001 certification

Ch. Buhot

Given the very meaning of the term "Public Works", our projects closely affect the sensitivity of frontage residents.

In direct contact with third parties, our professionals have always, and even more so nowadays, had to cope with management of the nuisances caused by our activities or complaints from the inhabitants.

Developing a proactive approach to a System of Quality, Prevention and Environmental Management is an advantage for learning to better manage the contingencies of our activities and the technical, regulatory, contractual and

economic risks related to our mobile sites or our fixed installations.

This article illustrates examples taken from a list "in which the positive points are more numerous than the negative points", to present the most interesting information from this feedback.

RESUMEN ESPAÑOL

Obras ejecutadas en el ámbito de un desarrollo sostenible. Recuperación de experiencia en 8 años de SME y tres años de certificaciones ISO 14001

Ch. Buhot

La propia definición de las "Obras Públicas" sitúa a nuestras obras y trabajos en el centro de las sensibilidades del vecindario adyacente.

En contacto directo con terceros, nuestros profesionales vienen estando, desde siempre, e incluso actualmente con mayor motivo, confrontados con la gestión de las molestias causadas por nuestras actividades o las reclamaciones del vecindario. Desarrollar de forma decidida un enfoque de Sistema de Gestión Empresarial de la Calidad - Prevención y Medio Ambiente constituye una ventaja para aprender a dominar de mejor modo las incertidumbres de nuestras actividades y los riesgos técnicos, reglamentarios, contractuales y económicos que se derivan de nuestras obras móviles o de nuestras instalaciones fijas.

En este artículo se describen ejemplos derivados de una lista "en que los aspectos positivos son más numerosos que los aspectos negativos", con objeto de presentar las enseñanzas más interesantes de estas recuperaciones de experiencia.

Le management environnemental dans l'aménagement du territoire

Les travaux d'infrastructures linéaires

La phase des travaux de construction d'une infrastructure, quelle que soit son envergure, est systématiquement une étape délicate pour la préservation de l'environnement. Elle peut remettre en cause, de façon quelquefois irréversible, des choix, pourtant judicieux, faits au moment de la conception de l'ouvrage, alors qu'ils étaient motivés par la préservation d'une composante environnementale. La démarche "d'assurance environnement" est un des outils, qui permettent une vigilance et une réelle réflexion quant au respect des enjeux d'environnement au cours de l'acte d'aménagement du territoire, que constitue un projet. Il est donc fondamental, de veiller au respect des enjeux prioritaires et à la cohérence de cette délicate phase travaux avec les étapes amont du projet.

■ POURQUOI S'INTÉRESSER À LA PHASE TRAVAUX DANS LES PROCÉDURES DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT ?

Une démarche globale dès l'amont du projet

La phase de travaux d'un projet est la conséquence directe d'une importante quantité d'études qui se sont déployées sur plusieurs années, avant qu'elle ne puisse être lancée. Elle est donc l'aboutissement et la concrétisation de nombreux efforts sociaux, environnementaux, techniques et financiers. Afin de respecter les étapes amont, qu'elles soient afférentes aux procédures antérieures ou postérieures à la déclaration d'utilité publique (DUP), la phase d'exécution se doit d'être qualitativement, au moins de la même veine que les études qui ont précédé.

Si les procédures de prise en compte de l'environnement se sont largement étoffées depuis la loi de protection de la nature de 1976, elles ont été presque exclusivement structurées au profit des phases amont d'évaluation stratégique (évaluation environnementale des plans et programmes) ou d'évaluation des projets (études d'environnement, étude d'impact, etc.). Le contexte réglementaire encadrant la phase des travaux est quant à lui très dispersé : autorisations de défrichement, loi sur l'eau, réglementation sur les déchets de chantiers, législation des installations classées, bruit, air, ou encore découvertes archéologiques. La prise en compte des enjeux d'environnement au cours de l'exécution d'un chantier, en dehors du cadre réglementaire, est une préoccupation relativement récente. Elle a notamment démarré au début des années 1990, à l'initiative d'une société

concessionnaire d'autoroute : la Société des Autoroutes Paris Normandie (SAPN) et de son maître d'œuvre (Scetauroute), sur l'opération A29, entre Le pont de Normandie et Saint-Saëns. Cette démarche a abouti à la mise en place d'un processus, non encore réglementé par la législation actuelle, le plan d'assurance environnement (PAE¹), dont l'objectif est d'anticiper, pour limiter les risques d'effets directs ou indirects à caractère temporaire ou irréversible de la période de travaux.

La prise en compte de l'environnement dans l'étude et l'exécution d'un projet doit donc nécessairement concerner tous les stades du projet. Cette démarche complète, vise la cohérence de l'aménagement en regard des grands enjeux territoriaux. Elle est encouragée par le MATE² qui a publié au cours de l'été 2001, un document intitulé "Suivi et évaluation environnementale des opérations routières". Un des objectifs recherchés est notamment le renforcement du principe de continuité.

Dans le cadre d'une démarche de prise en compte de l'environnement complète et aboutie, la phase des travaux représente donc un enjeu considérable, de plus en plus affirmé.

La phase des travaux présente déjà quelques entrants réglementaires

Le décret de déclaration de l'utilité publique d'un ouvrage renvoie presque systématiquement aux termes de l'étude d'impact, qui elle, traite normalement dans l'un de ses chapitres, des impacts de la phase travaux. C'est généralement le lieu d'évocation des impacts à caractère temporaire. Toutefois l'écueil le plus fréquent à ce stade, est la

1. PAE : voir fiche technique en encadré

2. MATE : Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement

Philippe Thiévent



DOCTEUR ES SCIENCES
RESPONSABLE
TECHNIQUE
DU DÉPARTEMENT
ENVIRONNEMENT
Scetauroute



© Photothèque Scetauroute

Epandage de chaux
Spreading of lime



© Photothèque Scetauroute/Ph. Thiévent

Un défaut de vigilance dans la gestion de l'assainissement provisoire des eaux de chantier s'est traduit par un entraînement des fines en aval du chantier

A lack of vigilance in management of the provisional drainage of site waters has resulted in entrainment of fines downstream of the site

► distorsion d'échelle entre le stade du projet et les prescriptions environnementales d'aménagement, alors que les points fondamentaux de la stratégie du projet ne sont pas encore connus. En effet, comment parler d'assainissement provisoire autrement que sur l'évocation des principes, alors que ni le profil en long, ni le mouvement des terres ne sont encore connus, pour ne citer que cet exemple. Au stade de l'étude d'impact, il est nécessaire d'évoquer la phase travaux, mais en prenant garde de

La proximité de l'habitat et du chantier est toujours une phase difficile pour les riverains. Les procédures de respect de l'environnement en phase chantier sont faites pour limiter cette gêne

The proximity of housing to the site always creates a difficult moment for the frontage residents. Environmental conservation procedures during the site phase are designed to limit this disturbance



© Photothèque Sectauroute

Rejet direct des eaux de chantier dans une zone humide

Direct discharge of site waters in a humid area



© Photothèque Sectauroute/Ph. Thiévent

respecter la cohérence d'échelle, entre le niveau d'étude du projet et les prescriptions environnementales. C'est une des idées maîtresses développées par le document du MATE précédemment cité.

De façon plus thématique cette fois, la législation s'intéresse par fragment à la phase des travaux. Les entrants concernent les thèmes :

◆ de l'eau, avec la loi sur l'eau de janvier 1992, aujourd'hui article L210-1 et suivants du Code de l'Environnement. Il s'agit là du dossier le plus conséquent vis-à-vis des travaux. Il a le pouvoir de conditionner le lancement des travaux, et même de les stopper alors qu'ils seraient déjà démarrés, dans l'éventualité par exemple, d'un non respect des prescriptions. Un groupe de travail du CFTR³ pré-

pare actuellement un guide de prise en compte de la loi sur l'eau dans les chantiers routiers ;

◆ des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Cette législation est, elle aussi, de nature à bloquer les travaux, dans la mesure où elle concerne par exemple les emprunts de matériaux (carrières), les centrales d'enrobés pour les chaussées, certaines plates-formes de préfabrication, etc. Mais l'expérience montre que la législation des ICPE, sauf pour les installations bien cadrées telles que les centrales, n'est le plus souvent pas adaptée à la problématique de chantier. C'est le cas des plates-formes de préfabrication des ouvrages d'art par exemple, dont l'entrée dans la nomenclature repose sur la puissance électrique des groupes générateurs. Alors que les tâches préjudiciables à l'environnement qui nécessiteraient des prescriptions particulières (utilisation des abrasifs par exemple au-dessus du lit mineur) n'entrent pas en ligne de compte pour des installations provisoires ;

◆ des déchets de chantier (circulaire du 15 février 2000). Cet aspect prend toute son importance dans la perspective de juillet 2002, notamment par la norme NF P03-001, qui fait de la gestion des déchets, une tâche à part entière gérée précisément dans le cadre des marchés. Là encore, la réglementation sur les déchets voit sa stricte application difficile selon les régions et la nature des déchets. En effet, une grande infrastructure pourrait, à elle seule, saturer le potentiel local de décharges de classe 2 et 3, au moins ;

◆ la difficulté supplémentaire repose sur les "découvertes fortuites" de sites non autorisés, à caractère privé ou public, qui sont un lieu commun des chantiers de terrassement importants. Ces décharges "sauvages" affichent un mélange des classes de déchets dont l'ancienneté rend le tri, a posteriori, difficile, coûteux voire impossible ;

◆ du bruit (décret 95-22 du 9 janvier 1995). Par ce décret, le maître d'ouvrage doit fournir, notamment au préfet, un dossier sur les bruits de chantier. Il pourra le cas échéant, motiver un arrêté prescrivant des dispositions particulières de réduction des nuisances sonores engendrées par les travaux. Actuellement, assez peu de dossiers conformes à la législation en vigueur, ont été constitués ;

◆ de l'air (loi du 30 décembre 1996 ; articles L 220-1 et suivants du Code de l'Environnement). Le cadre habituel d'évocation de la pollution atmosphérique se réfère à l'échelle d'une entité géographique au minimum de type région, en raison des phénomènes de dispersion. Elle est donc plus un outil du niveau de l'évaluation stratégique des plans et programmes. Pourtant, si on se place à l'échelle restreinte du projet, la phase travaux est alors la plus adéquate à la prescription de dispositions environnementales de réduction des nuisances de proximité, notamment par la limitation des émissions de poussières qui affectent cultures, vergers,

3. CFTR : Comité Français des Techniques Routières

pâturages et milieux naturels. La gestion des envois est d'autant plus cruciale qu'il s'agit d'une phase de traitement des matériaux aux liants (chaux, ciments);

◆ de l'archéologie, par la loi du 27 septembre 1941, qui elle aussi est de nature à conditionner le déroulement d'un chantier, en cas de découverte patrimoniale au cours des terrassements. Elle est toutefois largement tributaire des procédures d'alerte que l'entreprise et le maître d'œuvre mettent en place.

Aujourd'hui : une vraie demande sociale

L'environnement est devenu aujourd'hui un point de focalisation d'une forte demande sociale de qualité de vie. A ces fins, les phases amont de la plupart des projets sont enrichies de nombreuses étapes de consultation du public et de concertation. Pourtant, la période des travaux est une "période de réveil" des riverains qui voient là, se matérialiser l'évidence d'un aménagement les concernant, et pourtant resté encore flou, tant ils n'avaient pas envie d'y croire!

L'expérience nous montre deux pics dans le nombre de réclamations de la part des riverains, qui correspondent au lancement des travaux préliminaires ou des premiers terrassements d'une part et à l'approche de la fin des travaux et donc de la mise en service d'autre part. Là encore, la phase opérationnelle de construction constitue aussi une étape de concertation-conciliation avec les riverains, en dehors du cadre réglementaire. Elle requiert une aptitude particulière à la communication et une compétence environnementale du trinôme maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises.

La démarche de management environnemental en phase travaux, n'est qu'une étape de la démarche globale, née dès l'amont du projet. Mais devant la diversité des enjeux, des tâches et des réglementations, elle apparaît comme un outil fondamental du suivi et du respect des prescriptions annoncées comme mesures de suppression ou de réduction des impacts négatifs lors des études de conception, ou comme réponse à la demande sociale, identifiée au cours des différentes étapes de la concertation.

■ LES QUESTIONS STRATÉGIQUES

Quand ?

La phase de conception est déterminante dans les choix des stratégies d'exécution. Ce qui veut dire que dès les études amont du projet, la maîtrise de la connaissance des incidences du chantier et l'expérience du concepteur, sont indispensables à une conception raisonnée et pertinente du projet.



© Photothèque Sctetauroute/Ph. Thiévent

Dispositif temporaire de protection des amphibiens, pendant les travaux. Une barrière de géotextile avec des seaux enterrés permet de récupérer les animaux (grenouilles, crapauds) chaque matin et de les relâcher dans les mares voisines

Temporary device for protection of amphibians, during the works. A geotextile barrier with underground buckets enables the animals (frogs, toads) to be recovered each morning and released in the neighbouring ponds



© Photothèque Sctetauroute

La traversée d'une zone où la nappe est particulièrement vulnérable, nécessite une gestion rigoureuse des eaux du chantier

Passing through a zone in which the water table is especially vulnerable requires tight management of site waters



© Photothèque Sctetauroute

Une arroseuse, pour limiter l'envol de poussière lié à la circulation des engins

A watering system, to limit flying dust related to machinery traffic

Ces questions de management environnemental en phase travaux pèsent également lourdement dans la programmation et le phasage de l'opération; donc dans l'évaluation et la gestion des risques et par voie de conséquence dans sa programmation financière.

Qui ?

Le maître d'œuvre est au cœur du processus de conception du projet. Il est donc le garant de la démarche, en accord avec le programme du maître d'ouvrage.

La politique des entreprises de travaux en matière d'environnement est également un facteur clé de la réussite de l'intégration environnementale du

Précipitation de la chaux sortant de l'évent de l'épandeur dans une fosse de barbotage en eau (sous la bâche) afin d'éviter les envols de chaux lors du chargement de l'engin. Le tuyau relie l'évent à la fosse

Precipitation of lime leaving the vent of the spreader in a water sparging pit (under the tarpaulin) in order to avoid flying lime when loading the machine. The pipe links the vent to the pit



© Photothèque Scetauroute

projet. Au moment où les entreprises sont devenues les acteurs au quotidien du projet, leur impact peut être gravissime en cas de non-respect de certaines prescriptions énoncées dans les plans d'assurance environnement et ainsi remettre en cause des choix techniques et financiers opérés en amont, qui ont pu influencer la conception du projet ou le choix d'une variante. Conscientes de leur rôle prépondérant, elles sont aujourd'hui nombreuses à s'être engagées dans une démarche de management environnemental au sens de l'ISO 14001. Certaines grandes entreprises du BTP ont

PLAN D'ASSURANCE ENVIRONNEMENT (PAE) POUR LA CONDUITE DU CHANTIER

Objectif : le plan est le tableau de bord de la vie du chantier en regard des aspects environnementaux. Pour l'entreprise (ou le groupement) titulaire du marché, il vient à la suite du dossier de consultation des entreprises et du schéma organisationnel qui en sont les fondements.

Il existe sous la forme d'un document papier, mais plus qu'un dossier, il est l'outil évolutif de management environnemental pendant la phase de construction du projet.

Il se doit d'anticiper la mise en œuvre de chacune des tâches de l'entreprise, en décrivant les risques d'impact par tâche et les dispositions à instaurer pour supprimer ou limiter les incidences négatives.

Il est fondé sur les enjeux identifiés au cours des phases d'études amont.

Le plan est une procédure qui implique que des compétences et des moyens soient mis en œuvre pour s'assurer de la bonne exécution des travaux du point de vue de l'environnement.

Ce document est un élément important de la définition des marchés avec les entreprises.

Qui met en œuvre ? : c'est l'entreprise titulaire du marché qui rédige le plan, et plus précisément son ingénieur environnement.

Dans le cas d'un groupement d'entreprises, c'est le mandataire principal qui en assume la responsabilité.

L'ingénieur environnement a la compétence requise, par sa formation et sa connaissance technique des tâches à exécuter. Il est indépendant hiérarchiquement du directeur du chantier.

Quand ? : pendant la période de préparation du chantier. Sa première version doit être visée par le maître d'œuvre avant le démarrage des travaux. Le plan trouve ses racines au moment de la consultation des entreprises. En effet dans leurs offres, elles doivent produire un schéma organisationnel du plan d'assurance environnement (SOPAE) qui fait partie intégrante de l'offre,

l'entreprise annonce son intention en terme d'organisation du management environnemental du chantier, de compétences mobilisées et de moyens (des prix unitaires doivent figurer dans le bordereau des prix).

Les rôles

Celui du maître d'œuvre : lors de la consultation des entreprises, il met à la disposition de celles-ci, une notice environnementale qui synthétise les enjeux du site. Il agréé l'ingénieur environnement de l'entreprise.

Il contrôle et vise le PAE ainsi que ses mises à jour au fil du déroulement du chantier, en s'assurant que les incidences des travaux, tâche par tâche, ont bien été correctement évaluées. Il veille au bon positionnement de points d'arrêt du chantier, qui requièrent le visa du maître d'œuvre.

Il suit l'application concrète du plan sur le chantier grâce à l'implication de personnel compétent.

Celui de l'entreprise : l'entreprise intègre la dimension environnementale dès la remise de son offre.

Elle désigne un ingénieur environnement pour toute la durée du chantier.

Celui-ci rédige le plan, le fait appliquer et évoluer par des versions nouvelles selon les besoins et les difficultés rencontrées (éventualité de tâches nouvelles en cours de travaux). Le cas échéant, il rédige les fiches de non-conformité. Il établit un document de synthèse à l'issue des travaux.

Le contenu : le plan est un document propre à chaque chantier. Il est un exercice privilégié de réflexion sur les meilleures techniques utilisables au meilleur coût. La trame de contenu qui suit est indicative, elle doit susciter de nombreuses adaptations.

Source : SAPN et Scetauroute

d'ailleurs, à l'heure actuelle, déjà obtenu leur certification ISO 14001.

Comment ?

Le maître d'œuvre doit maîtriser toutes les interfaces de la technique, de l'économie et de l'environnement. Il doit détenir le savoir-faire de l'intégration des enjeux environnementaux dans la conception du projet. A ces fins, il doit être doté des compétences internes nécessaires sur toute la durée de sa mission.

De la même façon, les entreprises, (ou l'entreprise mandataire en cas de groupement), devront maîtriser leurs procédures environnementales grâce à l'intégration dans l'équipe, d'un ingénieur environnement. Il sera préférentiellement rattaché à la direction de travaux de l'entreprise mandataire et donc hiérarchiquement indépendant de la direction du chantier.

Grâce à ces compétences il devient possible :

- ◆ d'intégrer des dispositions précises dans les documents contractuels et de les assortir à un coût d'exécution ;
- ◆ d'inciter ou d'imposer une organisation et une qualification des entreprises dans leurs aptitudes à intégrer les enjeux environnementaux ;
- ◆ de mettre en place des outils de suivi environnemental tels que les PAE, et de contrôler leur efficacité.

Combien ?

L'idée selon laquelle la prise en compte de l'environnement est un surcoût systématique, n'est pas fondée. En effet, il s'agit quelques fois de dispositions qui impliquent un coût supplémentaire. Mais pour qu'il soit contenu, il est impératif que ces tâches soient prévues et fassent l'objet de prix dans le bordereau des prix unitaires (BPU). Une réflexion intégrée dès l'amont permet de réduire les coûts d'origine. Le plus souvent, les dispositifs de préservation de l'environnement en phase de chantier font appel à des matériaux rustiques, peu coûteux et simples à entretenir. De même, une réflexion sur le phasage des tâches est souvent aussi un excellent moyen pour limiter les impacts négatifs du chantier, sans forcément que cela implique un surcoût.

L'optimisation des moyens en vue de limiter les coûts devrait donc passer systématiquement par une réflexion sur l'organisation spatiale mais aussi temporelle, c'est-à-dire sur la chronologie des tâches à exécuter.

Parmi les coûts, il est indispensable de ne pas omettre le coût de la vigilance. En effet, la surveillance du fonctionnement et l'entretien des dispositifs de chantier par du personnel dévolu à cette tâche, sont cruciaux. Un exemple récurrent à chaque chantier est celui de l'assainissement provisoire.

C'est probablement en regardant du côté des cours d'eau, et de l'aménagement de leur lit et de leurs berges, tant provisoire que définitif, qu'on peut trouver le plus grand nombre d'exemples frappants, pour lesquels les solutions relevant du génie écologique, ont permis de faire des économies substantielles, tout en obtenant un résultat biologique et paysager largement plus satisfaisant et plus durable, qu'avec des techniques plus "standards" relevant du génie civil.



© Photothèque Scetauroute

Envol de chaux
lors des terrassements
*Flying lime
during earthworks*

LES OUTILS

La notice Environnement

Pièce non contractuelle du dossier de consultation des entreprises ; elle est rédigée par le maître d'œuvre et synthétise les principaux enjeux d'environnement dont les entreprises devront tenir compte dans leur offre et qui sont de nature à conditionner certains choix techniques.

Le SOPAE lors de la consultation

Pièce contractuelle de l'offre de l'entreprise, au travers de laquelle elle doit démontrer et convaincre la personne responsable du marché (PRM) de son aptitude au management environnemental en phase travaux et de son organisation dans ce sens.

Le PAE, mis en œuvre lors de la période de préparation du chantier, (cf. encadré)

Véritable tableau de bord de la conduite environnementale du chantier, c'est également le fruit d'un moment privilégié de réflexion de la part de l'entreprise sur ses modes opératoires.

La fiche de visite de chantier, la fiche d'incident, la fiche d'anomalie, la fiche de levée de point d'arrêt et le journal de chantier, qui comporte un paragraphe spécifique à l'environnement

Ces pièces matérialisent la prise en compte de l'environnement au quotidien sur le chantier et qui témoignent des difficultés rencontrées. Elles sont largement utilisées pour la synthèse en fin de marché ainsi que par la suite dans les bilans environnementaux, au sens de la LOTI⁴.

4. LOTI : Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs qui impose un bilan environnemental depuis 1992.

► ■ L'ORGANISATION

La mise en place et la pérennité des processus indispensables à une intégration réussie d'un projet repose sur une politique affirmée du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre ainsi que sur une réelle stratégie de pôle de compétences diversifiées. Elle impose aux acteurs de l'environnement impliqués dans les projets, du stade amont jusqu'à la mise en service, une forte aptitude au dialogue et à la formation des acteurs techniques et économiques, ainsi qu'une dose non mesurée de conviction et de déontologie personnelle.

Depuis les premières heures de la prise de conscience environnementale, Scetauroute n'a fait que renforcer son pôle de généralistes et de spécialistes. Il compte aujourd'hui plus de quarante personnes, engagées à divers niveaux depuis les phases très amont des études, avant la DUP, jusqu'à la mise en service et la réalisation des bilans environnementaux, en passant de façon très marquée par la phase de management environnemental de la phase travaux.

ABSTRACT

Environmental management in national development. Linear infrastructure work

Ph. Thiévent

The phase of construction work for an infrastructure, whatever its scope, is always a difficult stage for environmental conservation. It can entail a reappraisal, sometimes irreversible, of decisions, however astute, made at the time of structure design, being motivated by the conservation of an environmental component. The "environmental insurance" approach is one of the tools permitting vigilance and real thinking about allowance for environmental issues during the act of national development constituted by a project. It is therefore of fundamental importance to ensure compliance with the priority goals and the consistency of this difficult work phase with the upstream stages of the project.

RESUMEN ESPAÑOL

La gestión empresarial en la ordenación del territorio. Las obras de infraestructuras lineales

Ph. Thiévent

La fase de las obras de construcción de una infraestructura, sea cual fuere su envergadura, constituye sistemáticamente una etapa delicada para la preservación del medio ambiente, que puede poner en tela de juicio, y en ciertos casos de forma irreversible, las opciones -que por lo tanto son adecuadas- efectuadas en el momento del diseño de la estructura, en un momento en que estaban motivadas por la preservación de una componente medioambiental. El enfoque "de seguro del medio ambiente" constituye una de las herramientas que permiten una vigilancia y una real reflexión en cuanto al respeto de los retos de medio ambiente, durante el transcurso del acto de ordenación del territorio, que constituye un proyecto. Por todo ello, es de fundamental importancia velar por el respeto de los retos prioritarios y, asimismo, la coherencia de esta delicada etapa de las obras en coincidencia con las etapas anteriores del proyecto.

Un ruban de béton pour le pont du Gard

Adoptant la teinte des pierres locales, un chemin de béton, gommé par hydrosablage, relie avec élégance et discrétion les deux rives du site du pont du Gard, tout en donnant l'impression d'être simplement posé, en relief, sur le site pour préserver son authenticité.

Haut lieu touristique avec près de deux millions de visiteurs par an, le pont du Gard va devenir encore plus séduisant grâce à une importante opération de protection et d'aménagement portant sur un total de 56 ha. Celle-ci consiste à nettoyer ce site prestigieux de divers éléments parasites, à fermer la route départementale pour la rendre aux piétons, à créer deux musées et deux parkings implantés dans la plus grande discrétion. À cela s'ajoute la mise en lumière pour un spectacle de nuit englobant le pont, les contreforts rocheux sur lesquels il s'inscrit, la végétation environnante et le Gardon. L'ensemble de ce projet architectural a été confié à Jean-Paul Viguier.

■ UNE ARCHITECTURE "SILENCIEUSE"

Dans le cadre de cette opération, un bâtiment est édifié de chaque côté du Gardon, mais de manière à être invisible depuis le pont du Gard. Un parking sera situé en amont de chaque bâtiment pour accueillir un total de 1400 véhicules. Les deux sont dotés de quais de desserte d'autobus.

Le bâtiment de la rive gauche rassemble sur 10000 m² des espaces d'exposition, une zone d'accueil-billetterie-services, des boutiques, des cafés et un restaurant autour d'un parvis de 2250 m². "Il s'agit d'une architecture silencieuse. Un volume abstrait, assez simple, une sorte de pierre posée dans le paysage et pour lequel il n'y a pas de relation possible d'architecture avec le monument lui-même", explique Jean-Paul Viguier.

Totalisant 5200 m², le bâtiment rive droite s'inscrit dans une ancienne carrière. Il se présente sous forme d'une longue ligne horizontale. Au premier plan sont regroupés les services accueil-billetterie, un bar, un restaurant, des boutiques et des services. Au second plan, une autre lame horizontale vient couvrir le volume de la salle d'exposition (600 m²). Parallèlement, la rénovation de la façade de l'ancien Hôtel du pont du Gard, datant de 1865, et la démolition des ajouts lui permettent de retrouver sa vocation première : un lieu de gastronomie régionale.

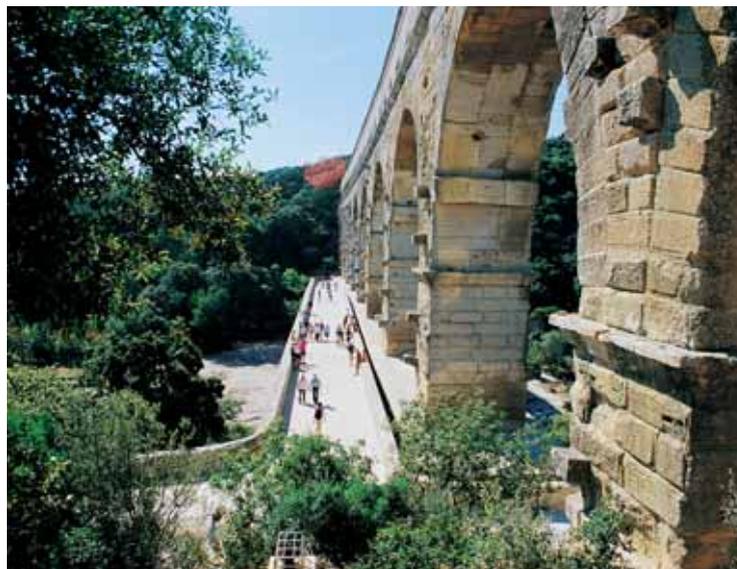
■ DÉROULER UN RUBAN DE BÉTON

Les deux bâtiments sont reliés par un chemin en béton de 1,5 km, qui traverse le Gardon en empruntant l'ancienne route départementale. Constan-



Mise à la forme des coffrages en tube d'acier avant le coulage du béton

Shaping of steel tube shuttering before pouring the concrete



Le ruban de béton emprunte l'ancien pont routier restitué aux piétons

The band of concrete is installed on the former road bridge restored to pedestrians

FORMULATION DU BÉTON (POUR 1 M³)

- Cailloux concassés calcaires 6/31,5 (carrière GSM de Roussas) : 1020 kg
- Sable silico-calcaire roulé lavé 0/3 (carrière de Bellegarde) : 900 kg
- Ciment CPA-CEM I 52,5 PMES Lafarge : 330 kg
- Superplastifiant Cerplast : 0,30 % du poids de ciment
- Entraîneur d'air : 0,15 % du poids de ciment
- Fibres polypropylène 12 mm : 700 g
- Eau : 170 l
- Slump : 10 - 11 cm



Humidification de la couche support en tout-venant compacté avant le coulage du béton

Moistening of the subgrade layer of compacted crusher-run material before pouring the concrete

Acheminé par camion-toupie, le béton est sommairement réparti

Transported by revolving drum truck, the concrete is distributed rapidly



Interposition tous les 25 m d'une épaisseur de polystyrène pour créer le joint de dilatation

Insertion of a polystyrene spacer every 25 m to create the expansion joint



Éclairages encastrés dans la piste en béton
Lighting fixtures built into the concrete path

Nivellement du béton à la règle

Levelling of concrete by rule



te, sa largeur de 4,5 m est celle de la chaussée du pont. "Au lieu d'essayer de concurrencer maladroitement la teinte des pierres du pont ou d'adopter un pavage risquant de pasticher l'aspect de ses pierres, mieux vaut trancher avec une surface minérale continue offrant une teinte proche des pierres du paysage. Cette teinte claire en fait une voie assez discrète qui s'efface dans le paysage tout en différant de la teinte jaune des pierres du pont", explique Laurent Huët, du cabinet Cusy-Maraval, architectes d'opération, des espaces extérieurs et concepteurs de la route.

Le mélange d'un ciment gris clair, de sable jaune, de granulats blancs issus de carrières voisines permet de reconstituer cette teinte locale sans avoir besoin de recourir à des colorants. Ce travail sur le sable et les granulats, suivi de la réalisation de différents échantillons, a fait que les premiers



Pulvérisation d'un produit de cure
Spraying of a cleaning product

essais coulés en place étaient les bons. Plusieurs essais de finition (balayé, désactivé, sablé...) ont permis de retenir l'hydrosablage – ou gommage – pour obtenir l'aspect d'un béton lisse qui a déjà vieilli, et qui a donc déjà du vécu, souhaité par les architectes.

"L'objectif était aussi de donner l'illusion d'un ruban simplement posé sur le site, pour mieux le respecter. Une image de réversibilité qui laisserait penser qu'il suffit de simplement le dérouler si nécessaire", ajoute Laurent Huët. Les conséquences sont une largeur constante, celle du pont, et, au niveau des arêtes, une garde au sol de quelques centimètres qui matérialise clairement le décollage de ce ruban de béton par rapport au sol du site. Sa surface continue répond aussi à un autre besoin : celui d'offrir aux personnes à mobilité réduite une parfaite accessibilité au pont depuis les parkings.

■ TOUT CONCENTRER SUR CE CHEMIN EN BÉTON

"Pour valoriser le pont du Gard et préserver au mieux le site en évitant l'éparpillement, tous les éléments techniques sont concentrés sur la chaussée : éclairages, signalétique par peinture au sol plutôt que des poteaux, mobiliers extérieurs tels que les bancs, les poubelles...", commente Véronique Bombal, responsable des aménagements extérieurs de la Chambre de commerce et d'industrie du Gard. Tous les détails ont été scrupuleusement étudiés, comme les poubelles enterrées. "Au nombre de

treize, ces poubelles prennent chacune place dans une fosse de 1,9 m de profondeur, accueillant un bac en polyester renforcé de fibres de verre d'une capacité de 3,5 m³. Hors du sol n'apparaît qu'un tube en inox brossé avec un tiroir de collecte dessiné par Maarten Van Severen. Une simple visseuse-dévisseuse sans fil suffit ensuite pour faire remonter le bac pour le vider", explique Jean-Marie Alamel-le, directeur des opérations de l'entreprise Ecollect ayant construit ces équipements.

■ UNE DALLE FLOTTANTE DE 6500 M²

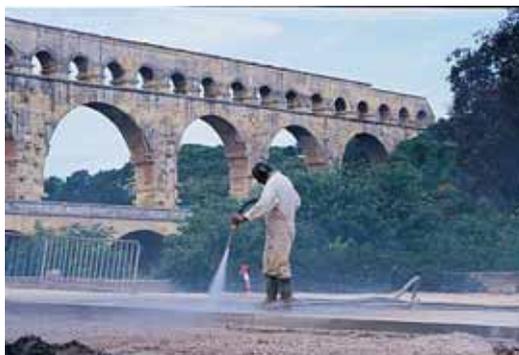
Au niveau du pont routier longeant le pont du Gard proprement dit, la première étape des travaux consiste à décaisser l'ancienne chaussée en enrobé jusqu'à la pierre support pour mettre en place une étanchéité. Ensuite, une première couche de béton dans laquelle sont disposés les différents réseaux précède la mise en place d'une couche de tout-venant concassé 0/30. Une fois les caissons préfabriqués en béton destinés à recevoir les éclairages mis en place, suit le coulage de la chaussée en béton sur une épaisseur de 15 cm, d'un parapet à l'autre. Parallèlement est construit un parapet en pierre pour limiter l'accès à l'aqueduc romain et les dégradations qui s'ensuivent.

Sur la rive, pour les parties adoptant le trajet de l'ancienne route départementale, le reprofilage de l'ancienne chaussée passe par le décapage de l'enrobé et un apport en tout-venant concassé 0/30. Après compactage, le béton est coulé sur une épaisseur de 15 cm.

"Pour le reste de la chaussée, après décapage de la terre végétale et du remblai, puis la mise en place d'un feutre antipoinçonnement (géotextile), la chaussée se compose de 35 cm de tout-venant 0/80 compacté au rouleau, puis de 15 cm de tout-venant 0/31,5 également compacté", explique Jacky Gautier, chargé d'affaires de l'entreprise Rouméas. Des réservations sont ménagées dans la chaussée pour les poubelles enterrées. Un double rail métallique de section carrée mis sur place à la forme sert de coffrage lors du coulage du béton. Là encore, le coulage du béton s'effectue sur 15 cm d'épaisseur.

Acheminé par camion-toupie, ce béton provient de la centrale de BPE Béton Chantiers (Lafarge) d'Uzès (Gard), située à 15 km du chantier. Pendant les quelques jours où cette centrale a dû fermer, le béton venait de la centrale de L'Ardoise (même département), située à 25 km. "L'autocontrôle au départ de chaque camion-toupie permet d'obtenir un résultat homogène d'un bout à l'autre du chantier", précise Jean-Marie Moussu, agent technico-commercial de Béton Chantiers.

Tout d'abord sommairement réparti, le béton est ensuite nivelé à la règle, puis soigneusement ta-



Hydrogommage au jet d'eau haute pression additionné de sable

Jetting by high-pressure water jet with added sand



De profondes réservations sont prévues à l'emplacement des poubelles enterrées

Deep recesses are planned at the location of the underground refuse bins



Pour mieux préserver le site, la signalétique est peinte directement sur la chaussée béton

For improved conservation of the site, the signage is painted directly on the concrete pavement



Seul un tube inox émerge au-dessus des poubelles encastrées sous la chaussée béton

Only one stainless steel tube emerges above the refuse bins built in under the concrete pavement

UN VESTIGE DE 2000 ANS

Construit au 1^{er} siècle après Jésus-Christ, le pont du Gard est une partie de l'aqueduc de 50 km de long qui alimentait en eau la ville de Nîmes à l'époque gallo-romaine.

Formé de trois ponts superposés de 6, 11 et 35 arcades, le pont du Gard est solidement ancré sur le massif rocheux. Haute de 48 m, longue de 490 m, son arche centrale enjambe le Gardon grâce à une ouverture de 24,50 m. Il n'a plus été utilisé à la fin de l'empire romain (début du VI^e siècle). En 1743, les États du Languedoc décident de construire un pont accosté du côté de l'amont de l'aqueduc (achevé en 1747), c'est le pont utilisé il y a peu de temps encore par les automobilistes.

En 1840, le pont du Gard figure sur la première liste des Monuments historiques classés, instituée par Prosper Mérimée. Le pont du Gard s'inscrit dans un site naturel typique du paysage méditerranéen, lui-même classé au titre de la loi de 1930.

En 1985, le pont est classé au patrimoine mondial par l'Unesco. Il est retenu également en France par la mission "2000 en France" pour la célébration de l'an 2000 au titre de sa mise en lumière.

loché. Sa souplesse permet d'épouser facilement les courbes et les pentes de ce chemin en formant un ruban continu. La largeur constante de la chaussée (4,5 m) implique un joint de retrait tous les 5,5 m ; un joint de dilatation avec polystyrène est posé tous les 25 m.

L'hydrosablage a lieu 24 à 48 heures après le coulage du béton. Cet hydrogommage nécessite du sable (quartz cristal 00) qui permet un décapage au jet d'eau haute pression par rotations de la lance. Des dalles de transition avec d'autres voies ou des accès privés sont coulées en béton balayé pour se distinguer du cheminement béton.

Sur l'ensemble de l'opération, en vitesse de pointe, 400 à 600 m² journaliers sont réalisés les jours de coulage. "Juste fibré, ce béton est adapté à la circulation des piétons et ponctuellement à celui des véhicules de service", résume Laurent Serre, qui assure le suivi de chantier.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

DDE du Gard (pont) et Chambre de commerce et d'industrie de Nîmes (rives)

Maitre d'œuvre

Jean-Paul Viguier, architecte (mise en lumière du pont du Gard : James Turrell)

- Mobilier extérieur : Maarten Van Severen
- Aménagement paysager : Laure Quoniam
- Requalification du chemin : Jean-Paul Viguier
- Signalétique : Evelyne Deltombe
- Architectes d'opération (chemin et aménagements extérieurs) : Gilles Cusy et Michel Maraval
- Terrassements généraux et VRD : entreprises Lauthier (pont) et Rouméas TP (rives)
- Sols béton : sociétés Empreintes (Vaucluse) et Entreprise Sol (Drôme)
- Hydrosablage : EINAPF

ABSTRACT

A band of concrete for the Gard bridge

J. Abdo

Adopting the colour of the local stones, a concrete path, cleaned by sand jetting, links elegantly and discreetly the two banks of the Gard Bridge site, while giving the impression of being simply placed in relief on the site to preserve its authenticity.

A major tourist attraction with around two million visitors per year, the Gard Bridge will become even more attractive thanks to a major protection and development operation covering a total of 56 ha. This involves cleaning this prestigious site of various unwanted elements, closing the departmental highway to restore it to pedestrians, and creating two museums and two parking lots set up with the utmost discretion. To that can be added illumination for a night-time show covering the bridge, the rocky buttresses on which it is established, the surrounding vegetation and the Gardon River. The entire architectural project was entrusted to Jean-Paul Viguier.

fuertes rocosos en los cuales se inserta, la vegetación circundante y el río Gardón. El conjunto de este proyecto arquitectónico ha sido encargado a Jean-Paul Viguier.

RESUMEN ESPAÑOL

Una cinta de hormigón para el puente del Gard

J. Abdo

Al adoptar un tono semejante al de las piedras locales, un camino de hormigón, engomado por hidroarenado, une con elegancia y discreción las dos márgenes del emplazamiento del puente del Gard, al mismo tiempo que da la impresión de haber sido sencillamente colocado, en relieve, en el emplazamiento para preservar su autenticidad. Lugar turístico destacado, con cerca de dos millones de visitantes por año, el puente del Gard habrá de ser aún más seductor debido a una importante medida de protección y de acondicionamiento que ocupa un total de 56 hectáreas. La operación emprendida tiene por objeto limpiar este prestigioso lugar de diversos elementos parásitos, cerrar la carretera departamental para uso de los peatones, crear dos museos y dos aparcamientos implantados de la forma más discreta. Viene añadirse a todo ello un espectáculo nocturno de sonido y luz que englobará el puente, los contra-

ORGAGEC'02

Matériaux organiques, génie civil, environnement et santé Un mélange hétérogène, un avenir commun ?



■ QUEL AVENIR POUR LES MATÉRIAUX ORGANIQUES ?

Les 13, 14 et 15 mars 2002, au Futuroscope de Poitiers, le Laboratoire central des Ponts et Chaussées, à l'initiative de Yves Mouton, directeur scientifique adjoint, lançait ORGAGEC'02 sur le thème "Les matériaux organiques : un avenir pour le génie civil ? Des questions pour l'environnement". Une solide organisation enrichie d'une série de débats passionnants et de réunions de travail actives ont permis de procéder à un "état de l'art" relativement complet. Les questions concernant la santé et l'environnement, à priori difficiles d'accès pour des ingénieurs et des scientifiques ont reçu un accueil inédit tant ce sujet est finalement au cœur des préoccupations de tous. Applications courantes ou innovations, les travaux de génie civil intègrent, peu ou prou, des principes devenus incontournables : risques zéro et principes de précaution, santé et développement durable pour les hommes et notre planète...

L'idée d'ORGAGEC s'inscrit directement dans les orientations prioritaires de son organisateur, le Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC) : conserver le patrimoine d'infrastructures et d'ouvrages existants ; impliquer l'infrastructure dans la sécurité de la route en maîtrisant l'impact de ces dernières sur l'environnement, tout au long de leur cycle de vie ; sécuriser les ouvrages et les sites par une meilleure connaissance et la maîtrise des risques ; optimiser les ouvrages de génie civil en zones urbaines en prenant en compte leur caractère multi-usages ; favoriser l'introduction de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies dans le génie civil et l'exploitation des infrastructures routières.

L'originalité de la démarche réside dans l'idée d'explorer dans cet esprit le monde mal connu des matériaux organiques en scientifiques, ingénieurs et chercheurs, mais avec le concours de spécialistes

de l'environnement et de la santé. Ce dernier point a fait peur à certains mais les téméraires qui n'ont pas hésité à franchir le pas n'ont eu aucun regret.

■ LES MATÉRIAUX ORGANIQUES... UN DÉVELOPPEMENT GALOPANT

Cela peut être une des conclusions du colloque. Et Michel de Longcamp (Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques), l'a démontré à plusieurs reprises au cours de ses interventions.

L'évolution des produits comme des méthodes pour construire s'inscrit dans l'univers du progrès technologique et n'a rien à envier aux industries dites de pointe. Bétons, métaux, bois sont rejoints par les "matières plastiques", en substitution parfois mais plus souvent en accompagnement, participant ainsi à la valorisation des performances des matériaux dits traditionnels. Les matériaux organiques, omniprésents sur les chantiers de construction doivent leur place aux chimistes qui ont su les diversifier, les spécialiser et les optimiser pour les rendre dans bien des domaines, incontournables.

Un matériau organique est d'abord un matériau, tout comme le béton, matériau minéral ou l'acier, matériau métallique. Sa structure chimique élémentaire comporte essentiellement du carbone et de l'hydrogène et de faibles quantités d'azote, d'oxygène et d'autres éléments éventuels selon le cas. Présents de façon assez récente dans l'univers de la construction, les matériaux organiques, dont la majorité est constituée des "polymères", sont le fait du génie des hommes, chimistes de métier. Si cela est flatteur pour ces derniers qui y trouvent un juste retour de leurs travaux, cela entraîne souvent une forte suspicion du public qui ignore la vraie part des "matières plastiques" dans la construction. Matériaux d'avenir dans le passé, ils sont aujourd'hui omniprésents. Ils représentent même une sorte d'avenir pour le génie civil à la condition de ne pas les opposer aux autres produits mais au contraire en les considérant comme complémentaires, voire capables d'une parfaite osmose avec tout autre matériau.

Cela impose aux chimistes organiciens de sortir de leur laboratoire pour s'intégrer dans les équipes de professionnels. Cette démarche s'est faite avec succès pour les bitumes et les bétons à hautes performances, mais il y a encore du chemin à par-

Yves Mouton
DIRECTEUR SCIENTIFIQUE ADJOINT
Laboratoire central des Ponts et Chaussées

Théodore Tsakyrellis
CONSEIL EN COMMUNICATION



Michel de Longcamp président de la commission Bâtiment du Syndicat des Producteurs de Matières Plastiques (SPMP)



Jacques Roudier, directeur général du Laboratoire central des Ponts et Chaussées (LCPC)



De gauche à droite, Vicente Leoz Argüelles, chargé de la mise en œuvre de la directive Produits de construction à la Commission européenne; Jacques Roudier, directeur général du LCPC; Bernard Halphen, directeur du Laboratoire de mécanique des Solides à l'école Polytechnique, Palaiseau, président du comité d'organisation d'ORGAGEC'02; Yves Mouton, directeur scientifique adjoint du LCPC et secrétaire général d'ORGAGEC'02; Bernard Lombardi, directeur du Groupement professionnel des bitumes

► courir. L'effort de communication entrepris pour débarrasser les "plastiques" et les "produits chimiques" de leur image péjorative ou inquiétante, doit se poursuivre et s'amplifier à tous les niveaux. Les "plastiques" représentent moins de 1 % en masse des produits utilisés dans le BTP quand le béton arrive en tête avec 71 %. Mais la part des polymères, modeste en apparence, recouvre de larges et nombreuses utilisations, souvent avec de faibles quantités... donc pas dangereuses... C'est déjà une réponse aux réactions primaires du néophyte vis-à-vis de la chimie. Ce n'est pas pour autant une manière d'éluider la prise en compte de la préservation de l'environnement et des impacts sur la santé, motivation prioritaire d'ORGAGEC qui avait pour souci élémentaire de sortir les matériaux organiques de leur ghetto culturel, enjeux "environnement et santé" inclus. Et cela dans l'esprit des préoccupations de la Communauté européenne par la priorité donnée au "développement durable". En France, le BTP est le second marché des matières plastiques, derrière l'emballage, avec 20 % ou 6,850 millions de tonnes (total 34,250 millions de tonnes). Pour le génie civil seuls 12 % sont utilisés en réalisations neuves et 6 % en rénovation/entretien. Par exemple, pour les produits consommés uniquement par le génie civil, les composites textiles représentent 128 000 t et les produits bitumineux 45 000 t. Les films d'étanchéité, employés à 60 % dans le génie civil, comptent pour 280 000 t. Les adjuvants dont les superplastifiants et polymères utilisés à 15 % pèsent 73 000 t. Les isolants, tels les PSE et XPE, dont la part génie civil est de 20 %, additionnent 271 000 t. Enfin les canalisations (notamment PVC), 40 % de leur production dans le génie civil, affichent un tonnage de 1,104 million. D'autres applications comme le gainage des fibres optiques, en polyéthylène haute densité (PEHD), né du progrès du transport de l'information a représenté l'usage de 200 000 t en 2001. Dans

dix ans ce chiffre est appelé à tripler. Autre apport révélateur des polymères : les bétons prêts à l'emploi (BPE) : si le marché des bétons adjuvantés demeure encore faible, sans nul doute l'avenir apparaît comme particulièrement prometteur. On constate, dans les pays très consommateurs de ciment, que dans le cas où la qualité maximum est exigée, les adjuvants sont incorporés dans 80 % des BPE. L'Europe, en 1998, a utilisé 121 500 t de superplastifiants. Notons, entre autres pays que l'Allemagne compte pour 41 %, la France 13 %, la Suisse et la Belgique chacun 9 %, l'Italie 6 % et le Royaume Uni 5 %. On peut penser que l'augmentation des besoins, l'avènement de normes et de nouvelles méthodes de calcul imposeront les BPE adjuvantés, quel que soit leur niveau de performances. Cela ouvrira aux polymères un marché de 6 millions de tonnes.

■ QUELS POLYMÈRES POUR LE GÉNIE CIVIL, PETITE MISE AU POINT

Où trouve-t-on des matériaux organiques dans les ouvrages de génie civil ?

Aujourd'hui un grand pont comporte très souvent un viaduc d'accès en béton et une large travée culminante en ossature métallique. La partie métallique de l'ouvrage doit être protégée de la corrosion. On lui applique généralement un système de peintures, produits dont le constituant essentiel est le liant organique, ou encore un revêtement en polymère réactif adhérent. Les travées reposent sur des piles par l'intermédiaire d'appareils d'appui destinés à permettre le fonctionnement mécanique correct de la structure. Ces accessoires sont constitués le plus souvent d'éléments en élastomère fretté. Les corniches de l'ouvrage peuvent être aussi fabriquées en polyester armé ou en métal enrobé d'un polymère. Le viaduc d'accès est en béton adjuvanté. Les adjuvants, constituants à part entière du béton hydraulique et plus particulièrement les plastifiants ou superplastifiants, produits que l'on range sous la dénomination d'adjuvants rhéologiques. On peut rappeler le grand saut technologique fait grâce à ces derniers qui, en permettant au béton frais de se mettre en œuvre aisément, a permis de reconsidérer les problèmes de mise en œuvre avec un regard neuf.

Mais dans ce domaine tout n'est pas dit : si l'on pousse la logique de l'association des molécules organiques avec les matrices cimentaires jusqu'à l'échelle nanoscopique, on en arrive à des structures nouvelles, curiosités de laboratoire aujourd'hui, produits industriels demain, dont il est impossible d'envisager aujourd'hui les limites. Ajoutons enfin pour ce qui est des matériaux à ma-

trice cimentaire que les bétons à hautes performances pour grands ouvrages ne sont pas les seuls à intéresser le constructeur. Le développement des procédés d'incorporation de fibres organiques et l'utilisation des mortiers spéciaux comportant l'ajout de polymères organiques non réactifs continue d'intéresser les chercheurs et les utilisateurs. Ce dernier point nous amène au renforcement et à la réparation des structures où les polymères organiques ont joué et continuent à jouer un rôle de premier plan.

La réparation doit engendrer la prévention pour éviter les désordres

Tous les spécialistes du béton savent que leur meilleure amie est l'eau et qu'elle devient rapidement leur pire ennemie.

Faut-il étancher un pont ? On sait aujourd'hui que la réponse à cette question est oui. Nos collègues américains ont appris à leurs dépens que la durée de vie d'un ouvrage sans étanchéité est nettement plus faible et que ce choix n'est finalement pas le meilleur.

Les matériaux d'étanchéité utilisés pour les ouvrages aériens sont tous de nature organique, qu'il s'agisse d'asphalte (naturel ou synthétique), de feuilles préfabriquées, bitumineuses ou non, de films minces adhérant au support ou de produits mis en œuvre à haute cadence par des moyens routiers, procédé d'introduction récente dans la technique routière. On entre ici dans le domaine majeur de l'utilisation des polymères organiques manufacturés en génie civil : les géomembranes dont le concept initial limité aux applications en géotechnique, s'est ensuite imposé pour toute application destinée à faire barrière à l'eau.

Abordons la géotechnique à partir du renforcement d'un sol pour la réparation d'un remblai. Les matériaux organiques se différencient essentiellement selon leur rapport avec l'eau. Deux catégories : les géomembranes imperméables à l'eau d'un côté et de l'autre les géotextiles et produits apparentés tels les géogrilles, géoespaceurs, géoconteneurs, nappes alvéolaires, et géocomposites en général qui sont au contraire perméables.

Les géotextiles sont devenus des produits classiques, à tel point qu'ils ne semblent plus exciter sérieusement l'appétit des chercheurs. Les géomembranes par contre font encore l'objet d'interrogations, par exemple en ce qui concerne leur durée de vie, en raison de l'importance prise par les problèmes de protection de l'environnement. Comment répondre à un appel d'offres qui demande une durabilité de 120 ans pour un dispositif d'étanchéité dont les constituants les plus importants n'existaient pas il y a 120 ans ?

La réalisation de déversoirs pour les eaux de ruissellement routier, de réservoirs tampon pour la pro-

tection de l'environnement, de cuves pour le confinement des déchets, la construction de structures réservoir pour le rejet différé des effluents urbains, la réalisation de remblais légers sur sols compressibles, voilà quelques domaines où les "matières plastiques" ont fait faire des progrès décisifs au génie civil au cours des dernières décennies.

LES MATÉRIAUX ORGANIQUES, À NOTRE SANTÉ...

Le génie civil s'intéresse à ce qui est au-dessus du sol : ponts, viaducs, ouvrages d'art ; ce qui est en surface : routes et chaussées et leurs abords et ce qui est en dessous, classé globalement dans le domaine de la géotechnique tels les remblais, terrassements, retenues d'eau...

La confection des routes est fortement consommatrice de matériaux organiques. Cette situation ne date pas d'hier et les études qui ont été faites par l'industrie routière sur les bitumes ont permis d'emmagasiner une grande expérience pour la connaissance des liants organiques en général.

Voici quelques exemples recueillis, soit dans le cadre de communication en ateliers, soit au cours de la séance inaugurale, soit encore relevés dans les débats ou lors de la table ronde.

Pour les routes le bitume, un produit naturel...

Bernard Lombardi, directeur du Groupement professionnel des bitumes, prouve que la technologie d'utilisation des bitumes est vieille de 5000 ans. On en trouve des traces notamment en Mésopotamie où les Sumériens, Akkadiens et Assyriens, possédaient des sources de bitume... Là où le bitume fluide jaillissait du sol et coulait à sa surface, les hommes le récupéraient et le plus souvent le mélangeaient à des minéraux ou à des matériaux organiques. Ce bitume fût employé comme mortier pour la construction des remparts ou des palais mais surtout pour assurer l'étanchéité des terrasses, des citernes, des canalisations et des navires... Le bitume fût aussi utilisé à des fins artistiques et a fait preuve d'une telle longévité que les hommes peuvent retrouver les témoignages de multiples et ancestrales utilisations.

Les routes modernes doivent offrir une bonne résistance par temps de pluie, être durables, confortables, antidérapantes, exemptes de poussière, faciles à creuser et à réparer, de construction aisée et rapide tout en restant peu onéreuses. Les liants hydrocarbonés, en général et le bitume en particulier, n'ont cessé de répondre à ces impératifs.

Mais le bitume naturel n'existe pas partout et il est apparu rapidement nécessaire de trouver son équivalent. La solution : le pétrole brut, cette "huile de

ORGAGEC'02 COMITÉ SCIENTIFIQUE

Président : François Vahl, président de la Commission technique de la FNTF, Paris

Secrétaire : Yves Mouton, LCPC, Paris

Membres

- Pier Luigi Bonora, université de Trento, Italie
- Roger Cabridenc, ministère de l'Environnement (F)
- William Dab, ministère de la Santé (F)
- Roger Duval, IUT GC, Cergy Pontoise (F)
- Jean-Pierre Gourc, LIRIGM, Grenoble (F)
- Thomas Keller, EPFL, Lausanne (S)
- Jérôme Laplane, CNDB, Paris
- Rémi Pochat, LCPC, Paris (F)
- Jean-Marie Rigo, université de Liège (B)
- André Stawiarski, GPB, Bruxelles (B)
- Antonio Torres Marques, INEGI, Porto (P)
- Simon Watkins, BP Oil, Sunbury on Thames (GB)

**ORGANISATION
DU COLLOQUE
COMITÉ D'ORGANISATION**

Président : Bernard Halphen, école Polytechnique, Palaiseau

Secrétaire : Yves Mouton, LCPC, Paris

Membres

- Daniel André, LCPC, Paris
- Guy Auburtin, CNAM-IHIE, Angers
- Jean-Paul Benneton, LRPC, Lyon
- Jean-François Caron, ENPC, Marnela-Vallée
- Jean-Luc Clément, LCPC, Paris
- Robert Cope, CSTB Grenoble
- Louis Demilecamps, Dumez-GTM, Nanterre
- Dominique Douguet, ministère de l'Environnement
- Patrice Hamelin, IUT A Génie Civil, Lyon
- Gérard Hemond, SOLEM, Genève
- Hélène Jacquot, ministère de l'Équipement, Paris La Défense
- Laurent Lasausse, SN FORES, Paris
- Denis Le Cheviller, SYNAD, Paris
- Bernard Lombardi, GPB (Groupe-ment professionnel des bitumes), Paris
- Michel de Longcamp, SPMP, Paris
- Michel Paulin, Ecole d'Architecture de Lyon
- Christian Such, LCPC, Nantes
- Michel Thibieroz, Technasol, Tarbes
- Théodore Tsakyrellis, Conseil en communication

► pierre" générée par l'accumulation géologique d'organismes microscopiques, provenant essentiellement du plancton marin.

Le bitume d'aujourd'hui est un produit normalisé de longue date et, quand on connaît la complexité de sa fabrication on n'a plus idée de le considérer comme un sous-produit. C'est la coupe la plus lourde de certains pétroles bruts, soutirée en fond de tour "sous-vide" sans transformation chimique. Les chimistes admettent que le bitume est un équilibre colloïdal, dans lequel les agrégats d'asphaltènes peptisés par les résines sont dispersés dans une phase huileuse continue. La famille des asphaltènes renferme des molécules de masse élevée et qui se présentent sous la forme d'un solide. Certaines structures de ces composés sont du type polycyclique agrégées et liées par des atomes métalliques donnant un arrangement connu sous le nom de porphyrine. Les composés porphyriniques remplissent les fonctions physiologiques fondamentales dans toutes les cellules vivantes aussi bien végétales qu'animales. Par exemple une porphyrine combinée au fer se trouve dans les hémoglobines et les myoglobines. Une autre combinée au magnésium se trouve dans la chlorophylle, une autre encore, combinée au cobalt, est présente dans la molécule de la vitamine B12.

Le bitume réagit aux sollicitations mécaniques comme un matériau visco-élastique, et à la température comme un matériau thermoplastique. En vérité, tout se passe comme si les asphaltènes constituaient le squelette, les résines jouant le rôle des muscles et les huiles la chair. Le bitume est un liant naturel performant et économique, insoluble dans l'eau il résiste à de nombreux produits chimiques et est parfaitement recyclable. C'est un ami de l'environnement. A ce jour, l'homme ne sait toujours pas synthétiser un produit aussi polyvalent que le bitume pour un coût équivalent à celui qui consiste simplement à le recueillir tel que la nature l'a préparé. Le bitume, produit naturel millénaire, a prouvé qu'il était un liant d'avenir.

"Eviter la libération de H2S"

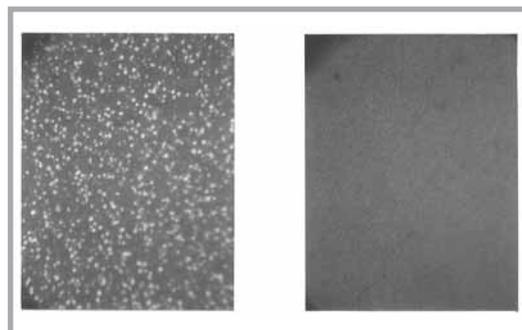
Pour Jérôme Marcelloux, la vulcanisation des liants routiers modifiés offre une conclusion allant dans le sens de la santé. En France, les liants bitumi-

neux modifiés par des polymères sont aujourd'hui largement utilisés dans la technique routière. Leur développement au niveau mondial est le fruit d'avantages techniques et économiques. Ils permettent une meilleure résistance des enrobés à l'orniérage, une réduction sensible des fissurations et les réductions d'épaisseurs permises entraînent des économies significatives. La bonne adhésion des bitumes modifiés avec les granulats et l'augmentation de la cohésion sont des gages de durabilité même sous de forts trafics. Et dans le cas des enduits superficiels, les risques de ressuage et/ou de glaçage en saison chaude, et de mauvaise tenue des gravillons en saison froide sont très nettement limités. Le procédé Appia permet de minimiser la quantité de SBS à apporter pour améliorer les performances du bitume. Il évite également la décantation qu'engendre la compatibilité partielle de ces éléments. La mise au point d'un système de vulcanisation incorporant de l'oxyde de zinc permet d'éviter la libération d'H2S tant au niveau des usines que des chantiers.

"Le destin de l'homme est lié à celui de la forêt"

Pour Jean-Frédéric Python, ingénieur de Fribourg, l'utilisation du bois dans les ouvrages de génie civil est possible et doit se développer. Responsable de l'entretien et du suivi de 800 ouvrages d'art du réseau routier cantonal en Suisse il est également chef de projet pour de nouvelles constructions de ponts et d'assainissement de ponts du même réseau routier.

Le bois dans le génie civil était déjà utilisé par les égyptiens, les vénitiens, les chinois et durant le Moyen Âge. Il a progressivement été oublié depuis l'industrialisation, l'épopée de l'acier et, plus récemment, il a été écarté par le siècle du béton que nous venons de vivre. Mais le III^e millénaire sera aussi la renaissance de l'utilisation de ce matériau. Les nouvelles technologies nous permettront de mieux utiliser le bois. Ce matériau – que nous avons en profusion dans nos régions – ne peut plus être négligé. Les forêts mondiales produisent chaque année 50 milliards de m³ de bois et nous en utilisons seulement 3,5 milliards de m³ annuellement. L'importance du bois dans notre système écolo-



gique et du cycle des forêts dans notre vie quotidienne constitue un enjeu capital pour l'environnement : "le destin de l'homme est lié à celui de la forêt, travaillons avec le bois"!

Recyclage ? Pas avant 100 ans !

Louis Demilecamps, directeur technique de GTM Construction souligne que l'emploi des polymères trouve une place à tous les stades de la vie d'un ouvrage. Il insiste sur la nécessité d'inscrire toute construction dans la durée en maîtrisant par exemple des outils prévisionnels sur la réaction des matériaux dans le temps, leurs implications environnementales, l'élaboration et le calage de "modèles" traitant des aspects mécaniques et chimiques. Pour lui le génie civil doit avoir une vision particulière du temps : 2 ans hier ; 10 ans aujourd'hui, 100 ans demain. Enfin précisera-t-il, pour développer les matériaux organiques dans le génie civil, les métiers concernés (chimie, mécanique...) doivent trouver un vocabulaire commun pour favoriser une compréhension réciproque.

Mise en œuvre, moins de risques pour la santé

Jean-Paul Benneton, ingénieur au LRPC de Lyon s'arrête sur les ponts, barrages, bassins, canaux, réservoirs, tunnels, centre de stockage de déchets où il convient d'établir une barrière à l'eau, soit pour protéger l'ouvrage lui-même, soit pour protéger l'environnement. Dans cette grande diversité de réalisations aux morphologies multiples et où les conditions de mise en œuvre des procédés d'étanchéité et leurs contraintes en service sont très différentes, les matériaux organiques se sont imposés comme une solution de base. Ils constituent actuellement l'intégralité de la panoplie des procédés d'étanchéité de pont avec une place majeure pour les produits bitumineux. La préservation de la santé liée à l'utilisation de liants bitumineux très chauds doit se réduire avec l'apparition de nouvelles techniques d'application automatisées. Le recyclage des produits bitumineux en fin de vie suit la même évolution que celle des matériaux bitumineux recyclés en technique routière. La part des résines, actuellement faible, devrait s'accroître sensiblement du fait de l'apparition de produits nouveaux, particulièrement pour des superstructures d'ouvrage dont la protection devient maintenant plus fréquente. Les problèmes d'hygiène sont du même ordre mais à un degré moindre du fait de l'absence de solvant au contraire de la peinture. Les géosynthétiques (géomembranes et géotextiles) sont maintenant largement utilisés pour l'étanchéité d'ouvrages en terre de recueil des eaux de ruissellement routier. La qualité des réalisations s'améliore pour obtenir la satisfaction totale des maîtres d'ouvrage.

La mise en œuvre de ces produits ne semble donc pas poser de problèmes d'hygiène majeur. Et le progrès est signé de l'étude préalable qui en est faite.



De gauche à droite, Henri Van Damme, directeur du laboratoire de physico-chimie structurale et macro-moléculaire à l'ESPCI ; Pier Luigi Bonora professeur à l'Université de Trento (Italie) ; François Vahl président de la commission Technique de la FNTF ; Jean de Giacinto architecte ; William Dab, médecin, professeur titulaire de la chaire "Hygiène et Sécurité" du CNAM

"Revaloriser une profession"

Robert Diez, président de la sous-commission Béton de la FNTF illustre l'importance prise par l'utilisation des adjuvants organiques dans la formulation des bétons actuels par l'exemple des bétons autoplacants, véritables produits nouveaux qui ont transformé de fond en comble les méthodes de construction.

Le béton autoplacant bouleverse les chantiers et les conditions de travail. Connus au Japon depuis les années 80 et apparus en Europe depuis la fin des années 90, les bétons autoplacants ont déjà été employés en France sur des centaines de chantiers de bâtiment et de génie civil. Les connaissances actuelles sur ces bétons, leurs formulations et leurs propriétés, quel que soit le niveau de résistance demandé (de 25 à 80 MPa), sont d'ores et déjà suffisantes pour les mettre en œuvre couramment. Fin 1998, la FNTF, représentée par sa sous-commission Béton, à laquelle s'est associée la FFB, s'est assurée que rien, dans la réglementation actuelle, ne s'opposait à la réalisation de béton autoplacant. De nombreux domaines restent encore à explorer pour apprécier toutes les richesses de ce matériau sous ses divers aspects : recommandations pratiques d'emploi, nouvelles méthodes de travail, mais aussi réglementaires (quelles incidences sur le calcul des ouvrages ?) et sociaux (simplification de tâches, sécurité, réduction des nuisances sonores, cadences de coulées...). La profession poursuit son engagement pour mieux comprendre ce matériau qui, en raison de sa souplesse et de ses propriétés, modifie profondément les chantiers et améliore considérablement les conditions de travail.

Le confort, facteur de santé

Quoi de neuf sur le chemin de fer ? Jean Ehrsam, Alstom Transport s'intéresse particulièrement à la voie ferrée, élément clé d'un système de transport

De gauche à droite, Simon Watkins directeur technique de BP International; Jérôme Laplane architecte-ingénieur; Françoise Conso, médecin, professeur et chef du service de Pathologie professionnelle à l'hôpital Cochin; Pierre Troadec, président de la commission Environnement de l'AIMCC; Jean-Marc Merillot de l'Ademe, centre d'Angers



Vicente Leoz Argüelles, chargé de la mise en œuvre de la directive Produits de construction à la Commission européenne



guidé. Elle doit assurer un certain nombre de fonctions et présenter certaines caractéristiques. Dès l'origine des voies ferrées, les rails ont été posés sur des traverses, en bois, ayant pour fonction la répartition de la charge sur le sol et le maintien de l'écartement des rails.

Les voies posées sur béton répondent naturellement aux mêmes exigences. Si le coût des voies sur béton a longtemps été notablement supérieur à celui des voies sur ballast, cet écart tend à se réduire sensiblement notamment quand le raisonnement porte sur une longue durée. Ces voies sont essentiellement utilisées pour les transports urbains, métro ou tramway, justifiant ainsi l'intérêt des bétons fibrés.

Mais notons, au-delà des techniques employées les avantages offerts à la collectivité, au donneur d'ordre et à ses prestataires, mais aussi au voisinage du chantier, riverains, automobilistes, commerçants qui trouvent ainsi leur compte dans l'utilisation de bétons fibrés à hautes caractéristiques. La durée des travaux est réduite et donc les nuisances dont souffrent les riverains telles que restrictions de circulation et accès aux commerces de proximité sont limitées dans le temps. Le coût des travaux d'infrastructure comme celui des prestations de maîtrise d'œuvre et d'ouvrage est revu à la baisse. La qualité des ouvrages est accrue et les charges de maintenance et de leurs contraintes sont allégées.

Sécurité, critère de bonne santé...

Dans sa communication, Jean-Louis Mahuet rappelle que l'étanchéité des ouvrages souterrains en France est un concept relativement récent, puisqu'il est seulement apparu à la fin des années 1960.

C'est pour cette raison que l'utilisation des systèmes d'étanchéité à base de matériaux organiques s'est considérablement développée, et ceci principalement pour les tunnels creusés et les tranchées couvertes. La généralisation de l'utilisation de systèmes d'étanchéités à base de matériaux organiques a conduit l'administration française à se doter de textes réglementaires facilitant la spécification et la prescription de ceux-ci. C'est ainsi qu'est

apparu en janvier 1992 le Fascicule 67 - Titre III du Cahier des clauses techniques générale "Etanchéité des ouvrages souterrains". Ce document, complété depuis par les recommandations du groupe de travail n° 9 de l'Association française des travaux souterrains (AFTES) constitue la référence réglementaire pour l'établissement des marchés publics de travaux d'étanchéité en France.

L'évolution future des spécifications des cuvelages d'étanchéité à base de matériaux organiques vise d'une part l'optimisation des caractéristiques physico-mécaniques des films minces et d'autre part intègre les paramètres incontournables d'hygiène, de sécurité et de résistance au feu en ambiance confinée. Conformément à la circulaire interministérielle n° 200.63 du 25 août 2000, les matériaux constituant le cuvelage devront avoir un classement de résistance au feu, au minimum M1.

■ EN GUISE DE CONCLUSIONS...

Bien communiquer et franchement...

C'est le thème de l'intervention de Pierre Troadec, président de la commission Environnement de l'AIMCC, cette association (qui est cofondatrice de l'association HQE) regroupe la quasi-totalité des fabricants de produits de construction qui adhèrent pleinement à son objectif fédérateur : œuvrer pour la réalisation d'ouvrages respectueux de l'environnement, sains et confortables. Il s'agit en fait de privilégier l'engagement des maîtres d'ouvrage dans un système de management environnemental stimulant la responsabilisation et la mobilisation des compétences de l'ensemble des acteurs concernés par l'édification, l'adaptation et la gestion d'une construction. La HQE indique le niveau d'exigence souhaitable en matière de qualité environnementale. Les fabricants de produits de construction font partie des acteurs concernés. Le "choix intégré des procédés et produits de construction" ne constitue qu'une des quatorze cibles de la HQE, mais celle-ci reste un point essentiel aux yeux des maîtres d'œuvre à qui incombe généralement la responsabilité de ce choix qui doit s'opérer dans des conditions de transparence et de rigueur.

Les membres de l'AIMCC entendent rappeler que tous les produits de construction ont des caractéristiques environnementales et sanitaires différentes, comme le sont leurs caractéristiques techniques et économiques. Il appartient aux décideurs de sélectionner les produits de construction, mis en œuvre conformément aux règles de l'Art et aux prescriptions du fabricant, qui répondent aux qualités recherchées sur les plans techniques, environnementaux et sanitaires, dans le cadre du budget fixé. Il est donc de la responsabilité des membres de l'AIMCC de fournir les caractéristiques

téristiques environnementales et sanitaires de leurs produits comme ils l'ont toujours fait pour les caractéristiques techniques. Mais qu'il est primordial que la prise en compte de ces critères dans la sélection des produits s'opère sur des bases saines et franches et que les réponses attendues soient comparées à un même référentiel gage de leur pertinence, de leur fiabilité et de leur sincérité.

La norme expérimentale XP P01010 matérialise ce référentiel consensuel. Elle est maintenant disponible grâce à l'Afnor qui a su mobiliser l'ensemble des parties intéressées : Pouvoirs publics, maîtres d'ouvrage, concepteurs, constructeurs, fabricants de produits de construction et utilisateurs. Cette nouvelle norme s'appuie sur des normes internationales pertinentes comme ISO 14040 et suivantes pour l'inventaire du cycle de vie et ISO 14020 et ISO TR 14025 pour la rigueur de la communication.

Les premières fiches de caractéristiques environnementales établies par les industriels de la construction selon ce référentiel vont progressivement être rendues disponibles et une bonne vingtaine devrait être publiée avant l'été 2002.

Les décideurs vont donc être de plus en plus confrontés à la cohabitation de caractéristiques environnementales et sanitaires fournies selon le référentiel XP P01010 et dans ce cas, chaque information a une signification et une pertinence identiques pour tous les matériaux s'y référant.

L'obligation d'adopter des critères de hiérarchisation transparents nécessite d'exploiter une vingtaine de données environnementales et sanitaires, Cette difficulté, bien réelle, mobilise les industriels et l'association HQE qui vont devoir la prendre en compte dans les prochains mois sans oublier tout l'intérêt du référentiel normatif XP P01010 que la France va s'efforcer de promouvoir au niveau international.

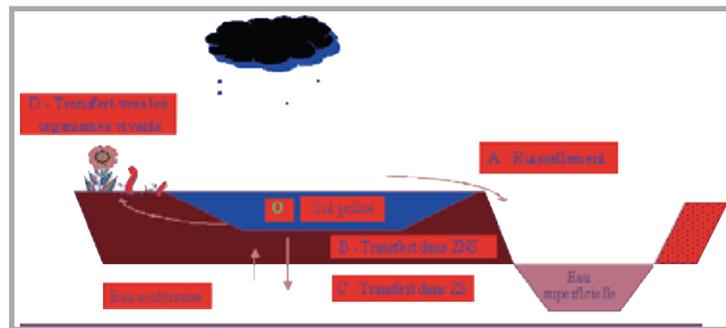
La France n'est pas le premier pays à fournir des données environnementales sur les produits de construction mais elle est le premier pays européen à le faire selon une norme, ce qui est essentiel pour assurer cette transparence unanimement souhaitée.

Approche méthodologique de la prise en compte de la contrainte environnementale lors de l'utilisation de matériaux organiques en génie civil

Ce point a été particulièrement développé par Yves Perrodin, directeur du laboratoire des Sciences de l'Environnement de l'E.N.T.P.E.

L'utilisation des matériaux organiques dans le domaine du génie civil nécessite, comme pour les autres matériaux potentiellement polluants, de vérifier au préalable leur non impact sur l'environnement. Actuellement, sur le plan européen, on ne

dispose pas de procédures d'évaluation adaptées spécifiquement aux matériaux organiques. Par ailleurs, les procédures de contrôle des matériaux portent à ce jour essentiellement sur la caractérisation des matériaux eux mêmes et ne reflètent que très peu le comportement et l'impact des matériaux en place dans leur environnement. Il est donc nécessaire de développer des méthodologies permettant d'étudier le comportement environnemental des matériaux organiques "en situation" ou "en scénario".



Deux types d'approches sont envisageables :

- ◆ la première est basée sur des observations et études *in situ*. Elle est une étape incontournable pour appréhender la réponse des écosystèmes soumis à des perturbations d'origine anthropique. Toutefois, du fait de la complexité des milieux naturels, elle ne fournit qu'une réponse globale et n'aboutit qu'à un constat (comparaisons amont-aval, avant-après perturbation...) et permet difficilement d'identifier les différents mécanismes mis en jeu, et donc de prédire les impacts futurs sur l'environnement de l'utilisation de tel ou tel matériau ;

- ◆ la seconde approche, qui a pour but cette prédiction, correspond aux méthodologies d'évaluation des risques écologiques (ou écotoxicologiques, si l'on ne parle que de l'impact des polluants). Ces méthodologies, actuellement en cours de développement dans d'autres domaines, exigent de travailler en milieu simplifié, le plus souvent en laboratoire, où tout ou partie des facteurs environnementaux sont maîtrisés. Elles comprennent l'étude successive du "terme source" de la pollution (caractérisation de l'écotoxicité intrinsèque des matériaux utilisés, quantification et étude de la variabilité spatio-temporelle des flux de polluants émis par l'ouvrage...), du devenir de ces polluants dans l'environnement (identification et quantification des mécanismes de transfert, de dispersion, de rétention et de transformation des polluants) ainsi que l'étude de la réponse des communautés vivantes dans les conditions spécifiques d'exposition du scénario étudié.

Le développement d'une procédure adaptée aux matériaux organiques utilisés en génie civil, est à mettre au point dans le cadre d'un travail interdisciplinaire (chimistes, géotechniciens, hydrogé-

logues, biologistes,...), et peut tirer profit des travaux récents effectués pour l'étude du comportement environnemental d'autres matériaux potentiellement polluants utilisés en génie civil, ou mis en dépôts contrôlés. On peut notamment citer la méthodologie européenne ENV 12-920 pour l'étude du comportement des déchets en conditions spécifiées (CEN TC-292, 1997), la méthodologie Ademe pour l'étude de l'écocompatibilité de déchets minéraux valorisés en tant que matériaux (Mayeux et Perrodin, 1996), la méthodologie d'évaluation des risques écologiques liés à la mise en dépôt des sédiments (Babut et al, 2001), ainsi que les projets de normes cadres des commissions Afnor X31-E et ISO/TC-190 (ISO, 2001) qui correspondent à des outils opérationnels de l'application des méthodologies nationales d'évaluation des risques écologiques liés aux sites pollués.

L'utilisation des matériaux organiques en génie civil a probablement peu d'impact sur l'environnement dans bien des cas. A l'inverse, dans certaines situations, elle pourrait perturber significativement les écosystèmes terrestres et/ou aquatiques, ainsi que participer à la dégradation de la ressource en eau potable.

Les paramètres qui peuvent conduire à l'une ou l'autre de ces situations sont fonction du matériau lui-même, mais aussi et surtout du mode et du contexte de leur utilisation. C'est pourquoi l'évaluation des risques écologiques qu'ils engendrent nécessite au préalable, comme pour les autres matériaux potentiellement polluants, de définir précisément les scénarios dans lesquels ils vont être mis en œuvre. Ces derniers étant définis, on pourra, en s'appuyant sur les méthodologies existantes, développer des méthodologies d'évaluation des risques écologiques adaptées à leurs spécificités. Celles-ci prendront notamment en compte le caractère plus ou moins biodégradable des matériaux organiques ainsi que leur sensibilité aux substances ayant un caractère de solvant organique.

Quand on a la santé...

Guy Auburtin, médecin épidémiologiste et directeur de l'Institut d'hygiène industrielle et de l'environnement (IHIE) précise les rapports entre matériaux organiques, génie civil et santé.

Evoquer ensemble les matériaux organiques, le génie civil et la santé, c'est se situer dans la problématique de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires.

Quand on pense spontanément aux risques et aux matériaux on évoque un des aspects du risque : le danger, c'est-à-dire le potentiel intrinsèque des substances à provoquer tel ou tel type d'effet indésirable. Or le risque ne se limite pas au danger. Il est la combinaison du danger et de l'exposition des populations à ces substances ou à leur dérivés. Quelles sont les populations concernées ? Les tra-

vailleurs qui, d'un bout à l'autre de la chaîne allant de la production à la mise en œuvre de ces produits, peuvent être exposés constituent une première cible.

Certaines populations non professionnelles peuvent être concernées. Lesquelles ? Comment peuvent-elles être exposées ?

Il faut alors prendre en compte le devenir des polluants, notamment en fonction du transfert dans les milieux divers et des phénomènes d'exposition. Dans le cadre, aujourd'hui incontournable, de la mise en œuvre du principe de précaution ces réflexions doivent être à la fois plausibles et très ouvertes. La prise en compte des incertitudes, loin d'amener à négliger la réflexion, est l'objet même de la démarche.

Il s'agit par ailleurs de situer cette démarche dans un contexte de santé publique. Si des risques existent, que peuvent-ils représenter pour la collectivité ? Dans quelle mesure sont-ils acceptables ou inacceptables ? Que représentent ces risques face aux bénéfices des travaux publics ? Cette dernière réflexion peut être conduite au niveau global de la gestion des infrastructures, mais aussi au niveau particulier de la santé publique elle-même.

Le colloque ORGAGEC'02 se situe au cœur de ces réflexions : que sait-on aujourd'hui du potentiel dangereux des produits organiques utilisés dans le génie civil ? Que sait-on aujourd'hui des possibilités d'exposition des populations en milieu professionnel et environnemental ? Comment prendre en compte ces connaissances et leurs incertitudes dans une démarche d'évaluation des risques ? Les mêmes questions se posent à propos des autres cibles de l'environnement que sont la faune et la flore sauvage.

... Et l'avenir ?

ORGAGEC'02 prenait en compte d'abord les matériaux et regardait ensuite leurs conséquences sur l'environnement et la santé. N'y aurait-il pas lieu de poursuivre le travail entrepris en préparant un prochain ORGAGEC qui inverserait l'ordre de ces facteurs ? Le LCPC et ses partenaires institutionnels, notamment le CSTB, l'IHIE et l'ENTPE, en collaboration avec les fédérations industrielles qui l'ont soutenu activement dans sa démarche, réfléchissent actuellement à l'organisation d'une prochaine manifestation qui pourrait être ORGAGEC'04 par exemple.