

Travaux

n° 758

MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

- Environnement et Patrimoine. Deux priorités pour les Travaux Publics
- Maîtrise de l'environnement et innovations de chantiers
- Inscrire le progrès dans l'environnement : la démarche d'un terrassier
- Faisabilité et certification ISO 14001 pour chantiers et carrières
- Intégrer le développement durable dans l'activité d'une entreprise routière
- Les contraintes environnementales sur le second viaduc de la Severn et le tunnel immergé de l'Øresund

LES DÉCHETS ET LE RECYCLAGE

- Recyclage et valorisation des sous-produits dans l'industrie routière
- Le cycle des déchets dans la maintenance industrielle
- Le recyclage : une question de volonté

EAU

- Barrières et confinements actifs
- La nouvelle station d'épuration d'Arras
- Exemples de gestion des eaux pluviales en Seine-Saint-Denis
- Haliotis (Nice). Une nouvelle unité de traitement des graisses
- Orly : Travaux sous haute sécurité dans un émissaire d'envergure

BRUIT

- Prévion et traitement du bruit sur les chantiers de travaux publics
- Traitement du bruit (murs et revêtements) dans les infrastructures routières

PAYSAGE ET ENVIRONNEMENT

- Autoroute A16 : Amiens - Boulogne. Exemple de l'insertion d'une autoroute dans le paysage
- Archéologie préventive. Méthodes de prospection archéologique non destructives
- Donzenac : un village-étape en Corrèze

Environnement

Daniel Tardy
Président
de la FNTF



Pourquoi ce numéro "hors normes" de *Travaux*, entièrement réservé à l'Environnement ? Notre revue n'a-t-elle pas pour vocation première de décrire des ouvrages et leur construction ? Nos lecteurs ne trouvent-ils pas, dans chaque article, un ou plusieurs passages montrant que l'environnement, son respect, son amélioration très souvent, sont pris en considération pour chaque ouvrage, dès la conception et jusqu'aux réalités concrètes des chantiers ? Au surplus, les équipements de toutes natures (infrastructures de transport, barrages, alimentation en eau, assainissement...) n'ont-ils pas pour raison d'être l'amélioration du cadre de vie et ne contribuent-ils pas, très souvent, à son embellissement, tel le pont du Gard pour ne citer qu'un seul exemple ?

Alors pourquoi ce numéro ? En fait, nous avons voulu montrer que l'Environnement n'est pas seulement une contrainte de plus pour les constructeurs, avec son coût et la remise en cause des projets. Nous avons voulu montrer aussi que les entreprises de travaux publics "ne font pas de l'environnement" seulement comme monsieur Jourdain faisait de la prose, mais qu'elles s'efforcent au contraire de le faire avec méthode et avec talent, comme un bon écrivain fait de la bonne littérature.

Daniel Ponchon, président de la commission Environnement et Patrimoine de notre fédération, expose, dans l'avant-propos, comment notre profession a su passer "des contraintes à l'adhésion" pour aboutir à une collaboration durable avec le ministère de l'Environnement, avec la création de cinq groupes de travail mixtes ayant chacun des objectifs précis. Quel meilleur témoignage de cette collaboration que le fait que la préface de ce numéro nous soit donnée par Dominique Voynet ?

On retrouve trois des cinq thèmes des groupes de travail précités, mais aussi d'autres, dans les différents articles de ce numéro.

Le "management environnemental" est traité dans les premiers articles. Sous des formes variées, ils montrent bien que les entreprises de travaux publics ne sont pas en train de "se construire" une "culture verte", comme l'écrivait Anne Bauer, en parlant des entreprises en général ⁽¹⁾, mais bien de consolider et de formaliser leur "culture verte" qui fait partie depuis toujours de leur "culture" tout court.

On verra que le recyclage des déchets et leur utilisation comme matériaux de construction sont, depuis toujours, l'objet de recherches et d'innovations, spécialement en technique routière, grosse consommatrice de matériaux et donc très sensible aux coûts de transport.

D'autres articles donnent des exemples d'ouvrages d'évacuation ou d'épuration d'eaux pluviales ou usées, de protection de nappes phréatiques contre les risques de pollution, ou encore de protection contre le bruit des chantiers ou des usagers eux-mêmes (que les constructeurs de motos n'en font-ils autant !).

Enfin une place est réservée au paysage, à son respect, à son embellissement même. Comme l'écrivait Philippe Levaux, ici même ⁽²⁾, pour la parution du livre *Regards, l'art des grands travaux* qui présente vingt-deux grands ouvrages : "en évoquant, à leur propos le pont du Gard, ou les Cathédrales, ou les Pyramides, huit personnalités d'origines très diverses, veulent exprimer qu'au-delà de leur utilité, présente et future, ces ouvrages sont et resteront des éléments d'un patrimoine artistique durable, témoins d'une époque et de l'excellence de ses bâtisseurs". Nul doute que les prochains "rubans d'or" et autres "rubans verts" qui seront décernés le 25 novembre prochain ne viennent consacrer l'enrichissement de notre patrimoine par des réalisations d'aujourd'hui.

On le voit, le sujet est vaste. Il est donc traité incomplètement dans ce numéro. C'est dire qu'il aura une suite.

(1) *Les Echos* - mardi 9 mars 1999.

(2) *Travaux* n° 737 - décembre 1997, page 1.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. Tardy', written in a cursive style.



Notre couverture

A 43 Autoroute de la Maurienne

© SFTRF / F. Bataillard

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 35 09 95
Fax : (33) 0241 35 09 96
E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

MAQUETTE

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

VENTES ET ABBONNEMENTS

Colette Robert
RGRA
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 0140 73 80 05
E mail : revue.generale.des.routes.rgra@wanadoo.fr
France : 920 FF TTC
Etranger : 1100 FF
Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
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).

Éditions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 57304



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

12

PRÉFACE

Dominique Voynet

15

MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

◆ Environnement et Patrimoine. Deux priorités pour les Travaux Publics

- *Environment and heritage. Two priorities for public works*

D. Ponchon

◆ Maîtrise de l'environnement et innovations de chantiers

- *Environmental control and worksite innovations*

Ch. Buhot

◆ Inscrire le progrès dans l'environnement : la démarche d'un terrassier

- *Progress in environmental compliance : the viewpoint of earthworks firms*

X. Neuschwander, Ch. Buhot

◆ Faisabilité et certification ISO 14001 pour chantiers et carrières

- *Feasibility and ISO 14001 certification for worksites and quarries*

D. Lehot

◆ Intégrer le développement durable dans l'activité d'une entreprise routière. Le plan environnement entreprise

- *Integrating the notion of sustainable development in the activity of a road contracting firm. The corporate environment plan*

J.-P. Lemesle

◆ Les contraintes environnementales sur deux chantiers européens. Le second viaduc de la Severn et le tunnel immergé de l'Øresund

- *Environmental constraints on two major European projects. The second viaduct of Severn and the immersed tunnel of Øresund*

J.-P. Migeon

16

20

25

29

32

36

LES DÉCHETS ET LE RECYCLAGE

◆ La route : la plus grande carrière de France. Recyclage et valorisation des sous-produits dans l'industrie routière

- *The road : France's biggest quarry. Recycling and use of bi-products in the road industry*

J.-P. Lemesle

◆ Le cycle des déchets dans la maintenance industrielle

- *The waste cycle in industrial maintenance*

Ch. Racinoux, J.-Cl. Brochard

◆ Le recyclage : une question de volonté

- *Recycling : a matter of determination*

G. Lingenheld

42

47

50

Sommaire

novembre 1999

Environnement

Dans les prochains numéros

International

Ponts

Routes

Travaux urbains

Réhabilitation

d'ouvrages

Sols

et fondations

Tunnels

Terrassements

Barrages



EAU

◆ Barrières et confinements actifs : un concept prometteur. Exemples d'application aux pollutions par hydrocarbures lourds et solvants chlorés

- *Barriers and active confinements : a promising concept. Examples of application to pollution by heavy petroleum products and chlorinated solvents*

J.-J. Kachrillo, R. Lagarde, T. Vogel, P. Roudier, H. Steiger

◆ La nouvelle station d'épuration d'Arras

- *The new Arras treatment station*

D. Girardot, R. Barbareschi, N. Aujoulat, G. Brambilla

◆ Exemples de gestion des eaux pluviales en Seine-Saint-Denis

- *Example of rainwater management in the Seine-Saint-Denis region*

J.-L. Naudé

◆ Haliotis : la station d'épuration de la ville de Nice. Une nouvelle unité de traitement des graisses

- *Haliotis : the treatment station of the town of Nice. A new grease treatment station*

Ch. Allain

◆ Orly : Travaux sous haute sécurité dans un émissaire d'envergure!

- *Orly : safety works in a project of wide scope*

J. Genty, J.-L. Debrin

BRUIT

◆ Prédiction et traitement du bruit sur les chantiers de travaux publics

- *Prediction and treatment of noise at public worksites*

J. Reinhart

◆ Traitement du bruit (murs et revêtements) dans les infrastructures routières

- *Noise abatement (walls and surfacings) in road infrastructures*

Fr. Dutrey

PAYSAGE ET ENVIRONNEMENT

◆ Autoroute A16 Amiens - Boulogne. Itinéraire d'un paysage. Exemple de l'insertion d'une autoroute dans le paysage

- *Motorway A16 between Amiens and Boulogne. A landscape route. How to insert a motorway in the landscape*

B. Cathelain, Fr. Charlet

◆ Archéologie préventive. Des méthodes de prospection archéologique non destructives

- *Preventive archaeology. Non-destructive archaeological prospecting methods*

J.-P. Roth, H. Boisot

◆ La réhabilitation du centre bourg de Donzenac : un village-étape en Corrèze

- *Rehabilitating the centre of Donzenac : a stage-village in the Corrèze region*

Y. Laporte, R. Sicot

qualité

répertoire des fournisseurs

54

62

67

72

77

83

87

92

97

100

105

106

La Fédération Nationale des Travaux Publics regroupe 6 000 entreprises et 250 000 salariés, qui jouent un rôle considérable dans les domaines dont mon ministère a la responsabilité.

Les travaux publics ne comprennent pas seulement des infrastructures qui portent atteinte à l'environnement, mais aussi des ouvrages de protection de la nature, de prévention des nuisances et des risques, de traitement des pollutions, de gestion du cycle de l'eau, etc. Ils contribuent ainsi et de façon décisive à l'aménagement du territoire. Présentes et actives sur tout le territoire, les entreprises de travaux publics marquent, chaque jour, le pays de leur empreinte.

Il est donc naturel que mon ministère entretienne des relations approfondies et de confiance avec la Fédération Nationale des Travaux Publics. Les entreprises de travaux publics répondent à la demande publique de travaux, celle de l'Etat comme celle des collectivités locales et des établissements publics. Ce sont en effet ces institutions qui sont leur principaux donneurs d'ordres. Il ne faut donc pas imputer aux seules entreprises les insuffisances en matière de respect de l'environnement qui ressortent de certains ouvrages.

Au-delà de conditions de réalisation qui peuvent parfois être incriminées, ce sont bien plutôt les caractéristiques de la commande publique qui soulèvent le plus de difficultés. A la fin de ce siècle où il a été beaucoup construit, il nous faut impérativement nous interroger sur certains nouveaux projets d'équipements. Ainsi, lorsque nous avons à allouer l'effort d'investissement de la collectivité nationale, nous ne devons pas oublier le stock immense des équipements déjà réalisés qu'il convient d'entretenir ou d'améliorer. Ces équipements, partie intégrante de notre patrimoine, répondront ainsi mieux aux besoins de nos concitoyens et de nos entreprises,

ou, ce qui n'est pas contradictoire, prendront mieux en compte l'environnement.

La recherche de la meilleure utilisation de l'existant constitue une des novations majeures du passage des schémas d'infrastructures ou d'équipements prévus par les textes existants, aux schémas de services prévus par la loi d'orientation sur l'aménagement et le développement durable du territoire.

Cette attention renouvelée au patrimoine et aux besoins quotidiens ne conduit pas à refuser systématiquement la réalisation de nouveaux grands projets. Ceux-ci doivent simplement, aujourd'hui plus qu'autrefois, faire la preuve de leur utilité économique et sociale, montrer un impact territorial positif et présenter un bilan environnemental convaincant, externalités comprises.

Cette exigence, qui s'applique à tous les projets, ne se satisfait pas par la seule qualité du travail des professionnels concernés : maîtres d'ouvrage, concepteurs, entrepreneurs. Elle passe par une démocratie plus vivante qui, par la pratique du débat public et contradictoire, construit l'intérêt public au plus près des attentes de nos concitoyens.

Non, la concertation n'est pas du temps perdu ! Si les tribunaux administratifs sont aujourd'hui engorgés, si des jugements abrupts interrompent les chantiers, c'est souvent parce qu'on a voulu gagner du temps en éludant ce travail démocratique de confrontation des intérêts. Une meilleure prise en compte de l'environnement dans les travaux publics est un des enjeux d'un développement plus conforme aux exigences du développement durable.

La qualification de nos entreprises au respect de l'environnement n'est pas qu'une démarche citoyenne. C'est aussi un gage de qualité de leurs prestations, et, de plus en plus, un gage de compétitivité au sein du grand marché européen, pour les entreprises de travaux publics comme pour les autres.



■ **DOMINIQUE VOYNET**

**Ministre
de l'Aménagement
du territoire et de
l'Environnement**

La qualification de nos entreprises au respect de l'environnement n'est pas qu'une démarche citoyenne. C'est aussi un gage de qualité de leurs prestations, et, de plus en plus, un gage de compétitivité au sein du grand marché européen, pour les entreprises de travaux publics comme pour les autres.

Environnement et Deux priorités pour

Pour les entrepreneurs de travaux publics, l'environnement et le patrimoine sont deux dominantes de leur vie quotidienne. Aménageurs de l'espace, au contact de la nature et en charge de maîtriser la terre et l'eau depuis toujours, les entrepreneurs de travaux publics savent d'instinct ce que respect de l'environnement veut dire.

Constructeurs des infrastructures et des équipements publics, ils ont conscience d'enrichir, chaque jour un peu plus, le patrimoine collectif constitué par les ouvrages qu'ils réalisent.

CINQ GROUPES AU TRAVAIL

Le 22 décembre 1998, Dominique Voynet et Daniel Tardy ont mis en place cinq groupes de travail. Depuis, une quarantaine de fonctionnaires du ministère de l'Environnement et des entrepreneurs de travaux publics travaillent pour concrétiser les objectifs fixés. La coordination des groupes est assurée par Vincent Hussenot pour le MATE, Daniel Aucouturier pour la FNTP. Les groupes sont coanimés par :

Groupe "Déchets de chantier"

Benoît Dingremont pour le MATE, Christian Gonnet pour la FNTP

Groupe "Management environnemental norme ISO 14001"

Vincent Hussenot pour le MATE, Michel Paquier pour la FNTP

Groupe "Emploi-Formation"

Claudine Boucheron pour le MATE, Bernard Cliche pour la FNTP

Groupe "Chantiers propres"

Vincent Hussenot par intérim pour le MATE, Hubert Leprince pour la FNTP

Groupe "Points noirs Bruit"

Alexandre Dupont pour le MATE, Jean-Pierre Antoine pour la FNTP

■ L'ENVIRONNEMENT

L'environnement, de la contrainte à l'adhésion

Praticiens naturels de l'environnement, les entrepreneurs de travaux publics ont accueilli, dans un premier temps avec réserve, les propositions de Philippe Levaux qui, en 1989, à peine élu à la présidence de la FNTP, inscrivait l'environnement au rang de ses priorités. La grande majorité des français considéraient alors que le mouvement écologique était un effet de mode et disparaîtrait très vite.

La France devait s'équiper pour soutenir la concurrence européenne et la prise en compte de l'environnement, telle que le proposaient les environnementalistes de l'époque, constituait un frein au progrès technique, économique et social. Personne ne contestait la nécessité de faire davantage attention afin de minimiser les impacts des projets sur l'environnement, mais l'urgence du développement ne pouvait être remise en cause. Il faut souligner que l'émergence d'un concept nouveau, génère souvent une phase de radicalisation qui accentue les oppositions et les incompréhensions.

Fort heureusement, pour une fois, les positions ont évolué assez vite puisque, en moins d'une décennie, nous sommes parvenus à instaurer un dialogue constructif, en faisant reconnaître que les entrepreneurs de travaux publics sont des partenaires à part entière du respect de l'environnement. Cette évolution est due, pour une bonne part, à la rapide responsabilisation des milieux écologistes. En accédant aux différentes instances de décision dans les collectivités locales puis au gouvernement, leurs dirigeants ont modifié leurs discours précédents, pour prendre en compte les réalités économiques et sociales du pays.

De leur côté, les entreprises de travaux publics se sont très vite souvenues que leur fonction première est d'être au service du public, pour réaliser les équipements et les travaux que souhaite la population. Devant un marché qui change, l'entreprise s'adapte pour répondre à la demande et elle le fait d'autant plus vite que sa bonne santé en dépend. En cette fin d'année 1999, on peut considérer qu'avec nos interlocuteurs, qui sont devenus nos partenaires, nous partageons une lecture assez proche de l'idée qu'Hubert Reeves a su exprimer d'une façon très parlante :

"Il faut préserver à la fois l'industrie qui nous fait

vivre et l'environnement qui nous permet de vivre". C'est, notons-le, une autre façon d'expliciter le concept de développement durable qui, aujourd'hui, s'impose comme référence commune. Pour autant, nous restons conscients et vigilants car cet équilibre entre évolution et préservation, peut être, à tout moment, remis en cause si le dialogue venait à se rompre.

Ainsi, par exemple, il reste beaucoup à faire pour que l'on parvienne à débattre sereinement de l'utilité de l'automobile, des transports routiers et du ferroutage ou de la nécessité de mettre en œuvre un programme de remplacement des centrales nucléaires dont on sait que la fin de vie est programmée.

L'environnement, un dialogue pragmatique et concret

Depuis dix ans, la FNTP souhaitait nouer des liens durables avec le ministère de l'Environnement. Les ministres se sont succédés, sans que nous parvenions à franchir le cap des entretiens cordiaux qui ne débouchent pas, faute de reconnaissance mutuelle. Sans doute fallait-il du temps pour faire connaissance, s'apprécier et accepter une forme de partage, alors qu'à tort, les travaux publics se voyaient affublés d'une image de destructeurs de l'environnement et que les Verts étaient taxés d'intégrisme.

Un pas décisif a été fait, lorsqu'en 1996, Corinne Lepage, participant rue de Berri, au siège de la Fédération, à l'assemblée générale des Canaliseurs de France, approuva l'idée que nous pouvions, un jour, signer une convention de partenariat entre la FNTP et son ministère. Elle désigna pour les représenter et entamer les pourparlers, Vincent Hussenot.

L'arrivée au gouvernement, en 1997, de Dominique Voynet, en qualité de ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, pouvait faire craindre une remise en cause de cette situation. Philippe Levaux, alors président de la FNTP, décida qu'il devait sans tarder rencontrer la ministre. Ce fut d'ailleurs son premier contact avec un membre du nouveau gouvernement et cela constitue beaucoup plus qu'un geste symbolique. De cet entretien si l'on devait, pour l'Histoire, conserver le souvenir, il faudrait retenir qu'il fut franc et direct. Ce qui devait être dit... fut dit, par l'un et l'autre, sans faux-fuyant. Au total, cette franchise réciproque fut payante car, sur ce premier contact, s'est engagée une période fructueuse d'échanges et de découvertes réciproques qui, au deuxième

patrimoine

les Travaux Publics

semestre 1998, avec le nouveau président de la FNTP, Daniel Tardy, s'est traduite par une formalisation des relations entre le ministère et l'organisation professionnelle des travaux publics.

Des groupes de travail permanents

Le 22 décembre 1998, au cours d'une cérémonie dans les salons du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Dominique Voynet et Daniel Tardy, ont mis en place cinq groupes de travail qui fonctionnent suivant des règles identiques :

- ◆ un thème précis ;
- ◆ un ou des objectifs de réalisation concrets ;
- ◆ un délai court d'un an pour réaliser ces objectifs.

Comme souvent, on aurait pu en rester, après cette cérémonie, au stade des intentions d'autant que, peu nombreux étaient ceux qui croyaient à la pertinence d'un tel dispositif. Pourtant, en juillet 1999, la ministre et le président ont, ensemble, pris connaissance du rapport d'étape qui a été dressé à mi-parcours du délai imparti. Les résultats sont très positifs et démontrent qu'il est possible, grâce au dialogue et à une meilleure connaissance réciproque, de progresser.

Ainsi :

- ◆ le groupe de travail "Déchets de chantier" a établi, dans un premier temps, la spécificité des travaux publics en matière de déchets. Actuellement il prépare un guide pour les décideurs des collectivités locales, qui rappellera les questions qu'il convient de se poser, au moment de la programmation de tout projet d'équipement quant à l'élimination des déchets et des surplus ou pour l'utilisation de matériaux recyclés ;

- ◆ le groupe de travail "Chantiers propres" a lancé une étude pour l'édition d'un guide des "Bonnes pratiques" quant à l'exécution des chantiers. Ce guide sera destiné aux maîtres d'ouvrage, aux maîtres d'œuvre et aux entreprises ;

- ◆ le groupe de travail "Résorption des points noirs Bruit" lance un programme national de recherche, dont la présidence sera assurée par Claude Lamure, auteur d'un rapport sur ce thème, qu'il a réalisé à la demande de Dominique Voynet ;

- ◆ le groupe de travail "Management Environnemental" s'applique à la traduction de la norme ISO 14001, pour la rendre applicable aux chantiers de travaux publics, dont les caractéristiques diffèrent considérablement des installations industrielles fixes. Il recherche également les mesures

incitatives qui permettront aux entreprises de s'engager dans cette démarche.

Avec "Travaux Qualité", il met en place un dispositif optionnel, pour que les entreprises qui le souhaitent, accèdent, par étapes successives, à la certification ISO 14001, en bénéficiant des résultats obtenus pour l'acquisition de la certification ISO 9000 ;

- ◆ le groupe de travail "Formation et Emploi" s'attache à mettre en œuvre, en collaboration avec le ministère de l'Éducation Nationale, un dispositif de sensibilisation à l'environnement, pour les jeunes qui suivent les formations aux métiers de travaux publics.

Au total, le pari formé fin décembre 1998, est en passe d'être gagné. Des relations durables s'instaurent entre le MATE et la FNTP, chacun conservant ses propres options, mais dans la concertation et le respect mutuel.

L'environnement et l'apprentissage de la concertation

Les entrepreneurs de travaux publics ont constaté depuis longtemps les évolutions de la société car, sur le terrain, ils sont quotidiennement au contact des riverains et des usagers. Il est désormais bien établi que les citoyens ont un besoin grandissant d'informations. En plus, ils souhaitent être consultés sur les équipements qui viendront satisfaire les besoins, exprimés par ailleurs, pour l'amélioration de leur cadre de vie quotidien et le bon fonctionnement de la société.

L'intention des professionnels n'est pas de s'inscrire comme partie prenante dans les processus de décision. Ils remarquent pourtant que, très souvent, la confrontation entre les élus et leurs administrés ou les associations intermédiaires, conduit à des blocages ou à des retards, voire à des renoncements de mise en route de projets.

Les entrepreneurs de travaux publics estiment que, dans ce contexte, le moment est venu pour eux d'intervenir, en apportant leur expertise technique et faire ainsi bénéficier la collectivité de leurs capacités d'innovation, pour adapter les projets et trouver des solutions satisfaisantes pour tous.

C'est la raison pour laquelle, au sein de la commission Environnement de la FNTP, a été constitué un groupe de réflexion sur la "concertation" qui, en juin 1999, a formulé plusieurs propositions concrètes qui ont été remises à Dominique Voynet, dans le cadre, notamment, de son projet de réforme de l'utilité publique.

Daniel Ponchon



PRÉSIDENT
DE LA COMMISSION
ENVIRONNEMENT -
PATRIMOINE
FNTP



Le parc de Bercy à Paris XII^e

The Bercy park in Paris



Le parc de Bercy à Paris XII^e

The Bercy park in Paris

Le parc Georges Brassens à Paris XV^e
The Georges Brassens park in Paris



© Photo FNTP

Le parc Georges Brassens à Paris XV^e
The Georges Brassens park in Paris



© Photo FNTP



L'environnement, une organisation professionnelle qui se mobilise

En mentionnant plusieurs réalisations récentes ou en cours, dans le domaine de l'environnement, je n'ai présenté qu'une petite partie de notre action pour bien montrer l'intérêt que notre organisation professionnelle porte à l'environnement. Cet intérêt est très directement lié à la réalité vécue, au sein des entreprises, qui en effet, pour plus d'un quart, réalisent leur chiffre d'affaires avec des travaux liés à l'environnement.

La commission Environnement de la FNTP, réunit régulièrement plus de 70 entrepreneurs, administrateurs et délégués des fédérations régionales et des syndicats de spécialités.

Dans les FRTP et les syndicats de spécialités, des commissions Environnement fonctionnent et ainsi, par la dimension géographique et avec tous les métiers de la profession, un réseau s'est constitué, en quelques années, pour accompagner l'évolution et l'adaptation des entreprises vers ce qui est devenu un marché à part entière et en plein essor.

■ LE PATRIMOINE

Le patrimoine, un contenu à faire partager

Quand, s'adressant à nos contemporains, l'on parle de patrimoine, immédiatement se forment des

images assez précises, représentant des valeurs ou des biens liés à la culture, à l'histoire, au folklore.

Il est aisé d'en faire l'expérience, l'association Patrimoine et Monuments Historiques est une dominante, entretenue très efficacement par un large mouvement qui nous invite à conserver, entretenir et magnifier les héritages que nous ont légués nos aïeux.

Chaque année, avec un succès grandissant, les Journées du Patrimoine attirent un public de plus en plus nombreux, avide de retrouver ses racines et, sans doute, en recherche du "beau", une dimension parfois oubliée par notre époque où dominant efficacité et profit instantané.

Au-delà de ce patrimoine culturel, il existe à portée de main, un autre patrimoine, utilitaire, totalement ignoré, alors même que son usage quotidien est essentiel. Il s'agit du patrimoine constitué par toutes les infrastructures et les équipements collectifs que nous utilisons, sans même nous en rendre compte, tant sa proximité et sa banalisation d'usage s'imposent d'évidence.

Le patrimoine des équipements, un constat préoccupant

Les professionnels des travaux publics connaissent bien ce patrimoine, car ce sont eux qui le créent, tous les jours, et comme avant eux, pendant des générations sans cesse renouvelées, leurs prédécesseurs l'ont créé.

Imaginons un instant que ce patrimoine n'existe pas ou qu'il disparaisse. Plus de routes, plus d'autoroutes, plus de réseaux électriques, plus d'aéroports, plus de canalisations d'eau potable ou d'assainissement, plus de rues, plus de trottoirs, plus d'espaces aménagés, en un mot plus d'équipements collectifs. Cette vision apocalyptique d'un monde sans équipements collectifs montre bien toute la réalité et l'importance de ce patrimoine. Le temps est venu de s'interroger sur sa préservation car ce qui est fait aujourd'hui pour assurer sa gestion dynamique est notoirement insuffisant. D'ailleurs, je le précise immédiatement, la France n'a pas dans ce domaine une position particulière par rapport aux autres pays développés.

Seuls les Etats-Unis ont très récemment entrouvert les yeux. Après un demi-siècle d'une politique négligeant l'entretien de leurs ouvrages d'art et de leurs réseaux routiers, le constat est fait que la simple remise à niveau technique des existants et leur mise aux normes de sécurité impliquent des investissements très contraignants et difficiles malgré la santé florissante de leur économie.

En France, la situation n'est pas comparable mais à ne pas faire les investissements nécessaires, nous nous engageons dans un inexorable processus de dégradation qu'il sera de plus en plus difficile de freiner.

Le patrimoine des équipements : les travaux publics proposent

Très étonnamment le patrimoine des équipements est mal connu du grand public. Il n'existe pas d'inventaire quantitatif, consolidé au niveau national, permettant d'avoir une vision globale pour définir une politique d'ensemble quant à sa gestion et son entretien.

Bien sûr, inutile de rechercher un inventaire qualitatif général. Seules certaines organisations, de façon partielle et ponctuelle, sont en mesure de produire une expertise de leur ouvrage. Dans ces conditions, inutile également de rechercher une valorisation précise de ce patrimoine dont nous estimons de façon empirique la valeur de remplacement à quelque 10 000 milliards de francs, soit près du tiers de la fortune de la France et des Français, entièrement constitué grâce aux impôts et taxes versés par tous les habitants de ce pays, au fil des générations.

Mais au fond est-ce si important que cela, de savoir? Oui, pour une raison simple, évidente, mais que nous occultons, à savoir : "Tous les équipements ont une durée de vie limitée!". Cette durée de vie, variable suivant chaque type d'équipement, sa nature, son usage et son entretien, se situe dans une fourchette de 50 à 100 ans. C'est long, mais ce n'est pas l'éternité et, précisément, c'est seulement aujourd'hui, en cette fin de siècle, qu'apparaissent les premiers signes d'un vieillissement et, déjà dans certains cas, de dépérissement de nos équipements.

Il ne faut pas s'en étonner puisque notre XX^e siècle fut par excellence, dans nos pays industrialisés et développés, le siècle des équipements de toute nature avec, depuis 50 ans, l'accélération que nous avons connue. Les premiers ouvrages arrivent très naturellement en fin de vie. Il faut impérativement mieux les entretenir, les rénover, les réhabiliter et pour certains les remplacer.

A cela, s'ajoute l'évolution des besoins en matière de confort, de sécurité, de rapidité, de qualité, de préservation de l'environnement. Ces nouvelles exigences, compréhensibles et nécessaires, constituent un progrès pour le "mieux vivre" auquel nous aspirons tous.

Mais l'effet immédiat de ces nouvelles exigences est d'imposer l'adaptation permanente des équipements existants. Certains d'entre eux deviennent obsolètes du simple fait des modifications réglementaires, alors que dans leur conception d'origine ils répondaient parfaitement à la réglementation de leur époque.

Le problème est considérable, il se présente à nous, dès aujourd'hui, et ira en s'amplifiant tout au long du siècle qui commence. Aussi, les professionnels des travaux publics formulent une série de propositions :

◆ la constitution obligatoire et systématique d'un



© Photo FNTP

Le Pont Neuf à Paris
The Pont Neuf bridge
in Paris

inventaire exhaustif des équipements existants, tant quantitatif que qualitatif, dont la mise à jour sera permanente ;

- ◆ la valorisation de ce patrimoine pour déterminer sa valeur de remplacement ;
- ◆ la création d'outils permettant d'estimer la durée de vie des ouvrages ;
- ◆ la modification de la comptabilité nationale pour que l'État, les Collectivités locales et d'une façon générale tous les organismes qui réalisent des équipements sur fonds publics disposent d'une comptabilité "bilantiel" pour, comme les entreprises privées, amortir leurs investissements et provisionner l'entretien et le remplacement.

Ces propositions, la FNTP les a formulées, à l'occasion des Premières Assises du Patrimoine et du Développement local, qui se sont réunies en novembre 1998 à Strasbourg. Pour la première fois, les infrastructures et les équipements publics ont été présentés comme constituant un patrimoine dont il convient de prendre un très grand soin car il détermine toute notre vie économique et toute notre vie quotidienne.

Les 9 et 10 février 2000 se tiendront, à Tours, les II^e Assises du Patrimoine. Ce sera l'occasion de faire le point sur les propositions formulées 18 mois plutôt. Sans attendre, nous constatons que des progrès ont été accomplis. De plus en plus, une meilleure reconnaissance du patrimoine des équipements fait partie des préoccupations des responsables et des gestionnaires. Les réflexions sur la réforme de la comptabilité nationale progressent, et la nécessité d'investir pour l'entretien de grands réseaux de communication s'affirme.

Enfin, par une concomitance relativement inattendue, nous observons que la politique qui vise à une meilleure prise en compte du développement durable rejoint nos propositions par la valorisation des existants qu'elle implique. Ayant ainsi confirmation de la pertinence de leur démarche, à Tours, en février prochain, les professionnels de travaux publics rappelleront que les enjeux sont immenses pour notre pays, qui doit relever deux défis :

- ◆ la poursuite indispensable de l'équipement de la France pour maintenir un bon niveau de performance et trouver notre place dans la compétition européenne ;
- ◆ l'engagement d'une politique patrimoniale dynamique pour valoriser les existants.



© Photo FNTP

Jardin des Dunes dans le parc
de la Villette. Sol récréatif

The Dunes Garden
in the Villette park.
Recreational grounds

Maîtrise de l'environnement de chantiers

La nécessaire prise en compte des contraintes et exigences environnementales en phase travaux stimule les hommes à adapter leur manière de travailler. Des innovations individuelles (collecteurs de bouteilles plastiques...) ou collectives (arrosage linéaire automatisé...) voient le jour. De nouveaux matériels sont construits (Rotograd 6000, centrale de traitement de couche de forme 1 000 t/h...). De nouvelles organisations de management sont choisies par la direction (SME...). De nouvelles options techniques sont privilégiées (dérivations des cours d'eau...). Tous les salariés, les équipes, les services, l'encadrement de l'entreprise GTM Construction s'investissent dans la protection et le respect de l'environnement et le développement durable.

■ L'ENVIRONNEMENT : UNE PRIORITÉ POUR TOUS

L'entreprise GTM Construction par son mode de fonctionnement et son management a toujours su favoriser les innovations de l'ensemble de ses personnels. Chaque invention enrichit la culture de l'entreprise et valorise l'ouvrage réalisé pour le client. Il n'y a pas de petites idées : le collecteur à bouteilles plastiques "bricolé" par les compagnons construisant, sous la canicule, le grand mur terre armée du Vallon de Rogerville sur l'A29 (S.A.P.N./Scauroute Normandie) améliore à son niveau la qualité du travail et le respect de l'environnement. A la pointe de la technique, le guidage GPS du Rotograd 6000 économisant plusieurs milliers de mètres cubes de couches de forme, évite le gaspillage de matériaux et démontre la capacité de GTM Construction à innover.

Cette volonté s'exprime par la participation active de tous les services de l'entreprise.

Les services techniques

Le service géotechnique

Au sein de la division terrassement de GTM Construction, les services techniques contribuent fortement à cette prise en compte croissante des exigences environnementales. Ainsi le service géotechnique réalise les études géotechniques complémentaires qui permettent aux chantiers de la division Terrassement d'optimiser le mouvement des terres et de mieux gérer les dépôts et emprunts. A cet égard le laboratoire de Fleurines réalise près de cent études de traitement par an permettant de limiter le recours aux approvisionnements de carrière en réutilisant au maximum les matériaux du site.

Le service géotechnique a contribué à l'écriture du cahier des charges des centrales mobiles de traitement de couche de forme réalisées par le service matériel. Ces deux centrales permettent de maîtriser la confection de la couche de forme en contrôlant le malaxage, les "intrants" et les émanations de poussière. Cette technologie supprime le risque de dégagement intempestif de poussière lors des traitements sur place : le problème est éliminé à la source.

Le service matériel

A une autre échelle, le service matériel a développé l'élimination de ses DIS (Déchets industriels spéciaux) au niveau du centre de réparation de Valence mais aussi des cellules mécaniques chantier (la collecte des pneus, hydrocarbures, batteries, filtres, fûts, mais aussi "toner" de photocopieur et cartouche d'imprimante est maintenant organisée). Les zones de transfert de carburant (photo 1) sont aménagées et sécurisées, l'ensemble des installations de chantiers est conçu pour que chaque zone de stockage ou de manutention de produits polluants soit raccordée à un seul déshuileur. Une aire de lavage étanche est réalisée pour les engins de terrassement. Un caniveau récupère les eaux dirigées vers le bassin de décantation. Ce dernier est curé régulièrement et le déshuileur vidangé par une entreprise spécialisée dans le retraitement des huiles (photo 2).

Le Rotograd 6000

Depuis 1998, un nouvel engin de terrassement a été conçu par la division terrassement et l'entreprise Rabaud : le Rotograd 6000, machine mobile de fin réglage de couche de forme. Le guidage de l'outil de rabotage par GPS en X, Y, Z, permet d'atteindre une précision de +/-1 cm en altitude (pho-

Photo 1
Station de transfert de carburant contrôlée et sécurisée sur le TGV Méditerranée lot 13
Controlled and protected fuel transfer station on the Mediterranean TGV high-speed train (Lot 13)



Photo 2
Curage du bassin de décantation de l'aire de lavage
Securing of settlement basin in the washing area





et innovations

to 3). Cette caractéristique permet d'éviter le surdimensionnement des chaussées et de limiter le volume utilisé de matériaux nobles et dégager ainsi une économie substantielle.

Le guidage GPS nécessite un investissement amorti dès les cinquante premiers kilomètres par comparaison avec le guidage traditionnel.

Le service topographie

Il a développé le guidage GPS sur d'autres engins de terrassement (pulvimixeur, bouteur, niveleuse) qui génèrent de nouvelles économies de matériaux, par leur plus grande précision, et des gains de productivité.

Le service formation

Très impliqué dans la conception de nouveaux matériels, il a développé des référentiels de formation intégrant la prise en compte de l'environnement au quotidien sur les chantiers, dans les stages destinés aux chefs d'équipes et chefs de chantiers. Cinq nouveaux référentiels spécifiques consacrés à l'environnement complètent la panoplie de formations dispensées par l'ordre des Maîtres bâtisseurs (structure de formation propre à GTM Construction, qui valorise les compétences des hommes de l'entreprise et la transmission du savoir) (cf. : article "Inscrire le progrès dans l'environnement : la démarche d'un terrassier" dans ce numéro de *Travaux*).

Le service environnement

Celui-ci consolide les savoir-faire techniques et pratiques des hommes, de l'entreprise et crée des outils innovants pour assurer un management efficace de l'environnement. Ce service utilise et met en œuvre les technologies environnementales existantes et les adapte aux besoins des chantiers de terrassement. Il possède par exemple, un turbidimètre (mesure du trouble dans l'eau), un sonomètre (mesure du bruit). Des filtres à fines destinés à contrôler les rejets de chantiers dans l'environnement sont constitués d'un cadre en bois sur lequel un géotextile tendu (détourné de son usage initial) permet une filtration efficace des matières en suspension.

Cette technique éprouvée en 1996 sur A 39 section Choisey-Colonne (S.A.P.R.R./Scetauroute) a été reprise avec succès sur de nombreux autres chantiers. Le service environnement assure une veille technologique et technique et permet aux chantiers d'utiliser au meilleur rapport qualité-prix des



Photo 3
Le Rotograde 6000, machine mobile de fin réglage de couche de forme conçue par GTM Construction et la société Rabaud

The Rotograde 6000, a mobile machine for final subgrade finishing, designed by GTM Construction for the company Rabaud

Photo 4
Système d'arrosage linéaire automatisé au droit des serres de Pierrelatte sur le TGV Méditerranée lot 13

Automatic linear watering system at the Pierrelatte greenhouses on the Mediterranean TGV high-speed train line (Lot 13)

produits absorbants destinés à résorber des pollutions hydrocarbures. Des traitements *in situ* de terres polluées sont actuellement expérimentés. Le service environnement réalise la confection et le suivi des dossiers "loi sur l'Eau", installations classées pour la protection de l'environnement, étude d'impact et ouverture de carrière. Il assure l'information, la sensibilisation et la formation des personnels de l'entreprise.

Pour accroître son efficacité, il a développé deux bases environnement Intranet dédiées au management et à la veille réglementaire et normative (cf. : article "Inscrire le progrès dans l'environnement : la démarche d'un terrassier" dans ce numéro de *Travaux*).

Sur le chantier du TGV Méditerranée où le lot 13 traverse les serres de Pierrelatte – un site très sensible – l'équipe de chantier a retenu la solution d'un arrosage linéaire automatisé de la plate-forme TGV (photo 4). L'utilisation d'un programmeur a permis de maîtriser l'humidification de la plate-forme et de contrôler l'arrosage 7 jours/7 et 24 heures/24 selon les prévisions météorologiques. Le système comportait deux kilomètres de canalisation. Le résultat est éloquent : la consommation d'eau a été divisée par dix et aucune plainte n'a été enregistrée sur les dix hectares concernés.

Photo 5
Grand bassin tampon provisoire permettant d'alimenter les arroseuses qui éliminent les poussières

Large temporary buffer basin allowing the supply of watering systems for dust elimination



Photo 6
Protection d'un champ captant sur le TGV Méditerranée lot 13 par pose d'une géomembrane

Protection of a catchment field on the Mediterranean TGV high-speed train line (Lot 13) by the laying of a geomembrane



Photo 7
Dérivation provisoire d'un cours d'eau sur le TGV Méditerranée lot 11 au droit de la fouille de l'ouvrage hydraulique

Temporary diversion of a stream on the Mediterranean TGV high-speed line (Lot 11) at the site of excavation work for a hydraulic structure



Photo 8
Préservation de la végétation et conservation des berges du cours d'eau en limite de piste

Preservation of vegetation and conservation of river banks near the track



Pour pouvoir humidifier les pistes afin de limiter les poussières, l'encadrement du chantier doit repérer les points d'eau ou captages, choisir son approvisionnement (gratuit ou payant) en respectant les limites de la loi sur l'Eau, déterminer les moyens d'arrosage et éventuellement prévoir des bassins tampons provisoires (photo 5).

Par ailleurs, pour sauvegarder les champs captants, alimentant en eau potable les communes voisines, l'équipe chantier a proposé de garantir une protection contre la pollution en utilisant une géomembrane déroulée sur l'assise du remblai afin d'intercepter toute pollution éventuelle (photo 6). Dans un autre domaine, pour protéger les cours d'eau et réaliser les travaux à sec, des dérivations systématiques sont pratiquées avant toute intervention. Ces opérations courantes sont délicates : des protections en enrochement sont parfois nécessaires même en phase provisoire comme sur le TGV Méditerranée lot 11 (photo 7).

L'équipe "topographie" et l'encadrement de chantier minimisent les atteintes à l'environnement en respectant la végétation existante (photo 8).

Les agences

Elles ne sont pas non plus en reste. Le centre Travaux Méditerranée d'Eguilles travaille depuis 1995 sur le marché des déchets.

Dans le cadre des travaux préparatoires du TGV Méditerranée, au niveau de Cavailon (RFF-SNCF) l'entreprise a participé au retraitement d'une décharge brute dans le but de trier les déchets par catégories en les séparant des matériaux du site. L'installation comportait notamment un trommel (crible rotatif), un électroaimant, une soufflerie et un poste de tri manuel. Depuis, les expériences se sont renouvelées dans les centres de stockage de déchets, soit une douzaine de marchés pour ce seul centre de travaux.

La filiale de dragage de la division terrassement, Tournaud, a mis en place avec succès en 1998 son SME (Système de management environnement) calqué sur celui en vigueur dans les grands travaux. Ainsi, l'entreprise a acquis un turbidimètre embarqué qui permet de suivre la qualité du pompage des dragues suceuses (afin de mieux maîtriser la charge sédimentaire). Pour diversifier les prestations proposées à ses clients, l'entreprise GTM Construction a récemment acquis deux nouvelles filiales à caractère environnemental marqué, Navarra Services spécialisée dans la dépollution pyrotechnique et démolition Delair réputée pour la technique du foudroyage des constructions.

CONCLUSION

Chaque salarié de l'entreprise participe donc activement à ces nouvelles réalisations respectueuses de l'environnement. L'environnement ne doit pas

être considéré comme une contrainte mais comme une opportunité pour redéfinir les méthodes de travail, pour inventer des nouveaux procédés matériels et développer de nouveaux services pour les clients.

Comme la réglementation environnementale, extrêmement abondante est en perpétuel renforcement, il est donc primordial de repenser le métier de constructeur. Nous ne réalisons plus seulement des ouvrages, nous participons à l'intégration de ces ouvrages à leur environnement, dans un cadre législatif rigoureux.

Dans le cadre de son prix de l'Innovation 1999, groupe GTM a créé un prix spécial pour l'environnement : cette initiative de la direction démontre bien que l'environnement est une valeur partagée par l'ensemble des acteurs de l'entreprise, du salarié au dirigeant. C'est un acte de responsabilité et un gage de professionnalisme.

ABSTRACT

Environmental control and worksite innovations

Ch. Buhot

The necessary allowance for environmental constraints and requirements in the works phase stimulates engineers to adapt their way of working. Individual innovations (plastic bottle collectors, etc.) or collective innovations (automatic linear watering, etc.) have appeared. New equipment is being built (Rotograde 6000, 1,000-t/h subgrade treatment plant, etc.). New management organisations are chosen by officials (SME, etc.). New technical options are favoured (diversion of rivers and streams, etc.). All employees, teams, departments and staff of the company GTM Construction are committed to environmental protection and compliance, as well as to sustainable development.

RESUMEN ESPAÑOL

Dominio del medio ambiente e innovaciones en las obras

Ch. Buhot

La necesidad de tener debidamente en cuenta los imperativos y requerimientos medioambientales en la fase de las obras estimula a los hombres para que adapten sus métodos de trabajo. Diversas innovaciones individuales (colectores de botellas de plástico, etc.) o colectivas (riego lineal automatizado, etc.) ven cada día la luz. Se construyen para ello nuevos equipos y maquinaria (Rotograd 6000, centrales de tratamiento de la capa de coronación de terraplén de 1 000 t/hora, etc.). Nuevas organizaciones de gestión empresarial se ponen en práctica por la dirección, etc. (SME...). Nuevas opciones técnicas pasan a ocupar la primera fila (derivaciones fluviales, por ejemplo). Todos los asalariados, los equipos, los servicios y el encuadramiento de la empresa GTM Construction ponen todo su interés en cuanto a la protección y el respeto del medio ambiente y el desarrollo sostenible.



Inscrire le progrès dans l'environnement

La démarche d'un terrassier

Depuis sa création, l'entreprise "verte" GTM Construction a toujours eu la volonté de maîtriser l'impact de ses activités sur l'environnement. En 1994 le service environnement terrassement met en place un SME (Système de management environnement) basé sur la norme Afnor X30-200 qui servira de modèle à l'ISO 14001 parue fin 1996. La maîtrise des techniques de terrassement respectueuses de l'environnement permet à la division terrassement de satisfaire ses clients (maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre) sur les chantiers sensibles.

Aujourd'hui la division terrassement réalise un chiffre d'affaires de un milliard de francs et investit dans la formation de son personnel pour garantir la prise en compte rigoureuse de l'environnement.

Avec son expérience, la qualité technique de ses équipes, la motivation de chaque salarié, ses innovations techniques et informatiques, son système de management environnement éprouvé depuis 5 ans, la démarche naturelle de la division terrassement GTM Construction est aujourd'hui l'obtention de la certification ISO 14001 courant 2000.

L'expérience de la division terrassement de GTM Construction est le pilier du développement continu de son système de management environnemental.

En 1994, un premier responsable environnement est nommé sur le chantier de l'A29 - Vallon de Rogerville près du Havre. Ce chantier phare de la prise en compte de l'environnement contractualisée avec le maître d'ouvrage SAPN et le maître d'œuvre Scetauroute, constitue le point de départ d'une formalisation des acquis et des savoir-faire de l'entreprise en la matière. C'est le premier PAE (Plan d'assurance environnement) rédigé par un spécialiste de l'environnement (figure 1).

DES CONSEILLERS FORMATEURS

En 1995, la division terrassement de GTM Construction crée – c'est une première chez les terrassiers – une cellule indépendante de la production pour assurer le contrôle externe environnement de ses chantiers : le SET (Service environnement terrassement).

Cette démarche répond au lancement par la SNCF des premiers lots de construction de la ligne nouvelle du TGV Méditerranée, revendiquant un SOPAE (Schéma organisationnel du plan d'assurance environnement) comme partie intégrante du jugement de l'offre des entreprises candidates.

Le SET se renforce avec deux nouveaux experts environnement, Yannick Aubert et Eric Mazières, in-

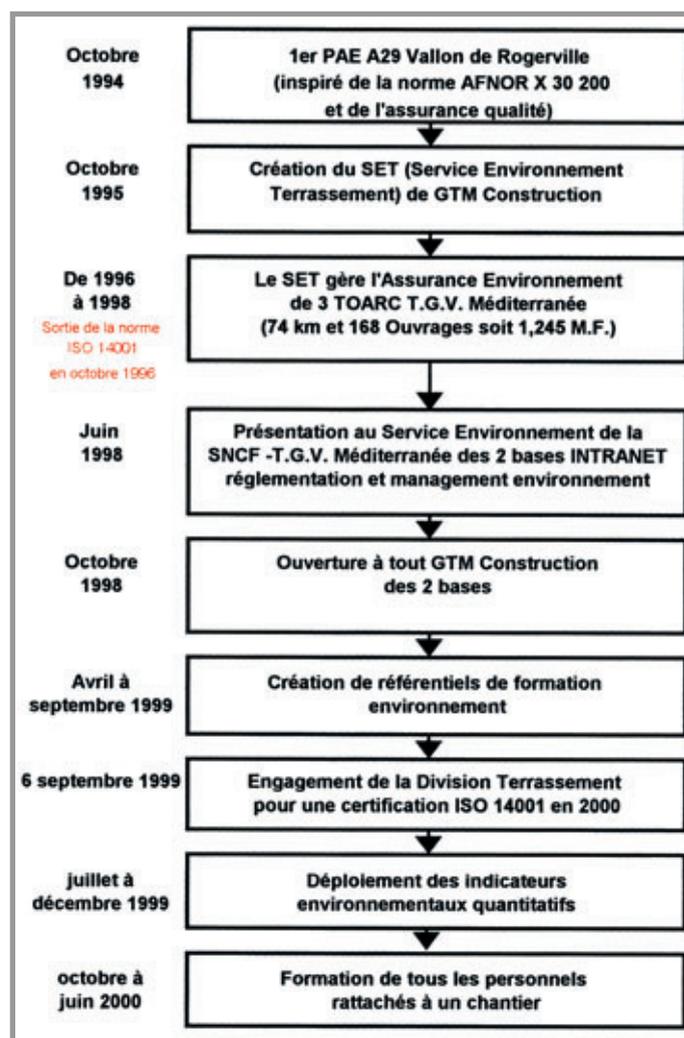


Figure 1
Création progressive du SME (Système de management environnemental) de la division terrassement dès 1994

Gradual creation of the EMS (Environmental Management System) of the earthworks division in 1994

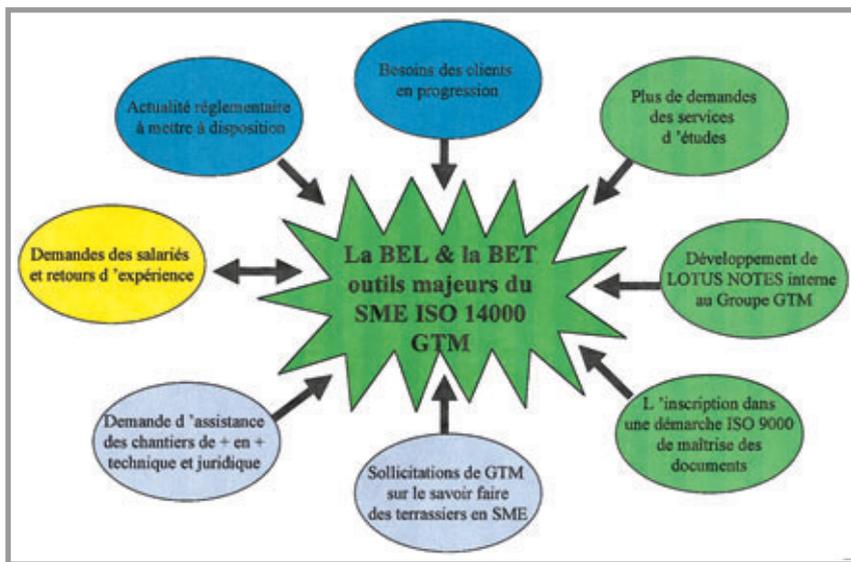


Figure 2
Une meilleure adéquation aux besoins de coordination, communication et sensibilisation
Better matching of coordination, communication and information needs

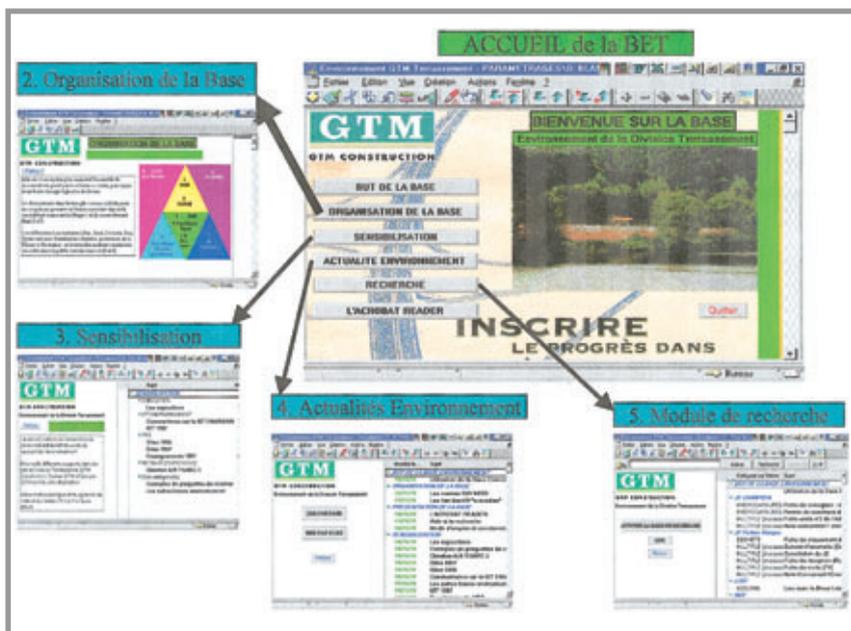


Figure 3
La BEL (Base environnement loi) et la BET (Base environnement terrassement) : le management environnement et la réglementation en "surfant" sur Intranet
The BEL (base-environment-law) and the BET (base-environment-earthworks) : environmental management and regulation by Intranet surfing

tion multichantier efficace et économique, une consolidation et un échange immédiat des expériences et des documents, notamment l'analyse des PAE, des procédures et des constats d'anomalies.

Les experts sont là pour conseiller, contrôler, attester et consolider cette prise en compte effective de l'environnement.

En effet, si pour l'assurance qualité, l'obtention des critères de qualité requis par le client suffit, pour l'environnement, il faut satisfaire à des exigences plus difficiles à cerner et donc inspirer confiance et parfois négocier avec les services de l'Etat, les associations et les riverains, car chacun d'eux peut mettre en cause l'entreprise, le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage.

■ LA BEL ET LA BET : LA CAISSE À OUTILS DU MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

L'actuelle réglementation environnementale en renforcement constant et la nécessité de maîtriser ces nouvelles contraintes d'assurance environnement imposées par les clients, nécessitent souvent les conseils des spécialistes.

Devant la multiplication des demandes internes et afin de diffuser plus amplement les informations capitalisées depuis plus de cinq ans, le service environnement de la division terrassement de GTM Construction a mis sur pied dès 1997 deux bases "Lotus Notes" – logiciel de communication informatique sur réseau Intranet, commun au groupe GTM – intitulées la BEL (Base environnement loi) et la BET (Base environnement terrassement) (figure 3).

Elles sont dédiées respectivement à l'analyse juridique environnementale appliquée aux chantiers et au management environnement global.

La BEL contient les textes législatifs les plus couramment utilisés dans le secteur des BTP et concernent par exemple : les poussières, le respect des riverains, la mesure du bruit, la gestion des déchets, les préventions des pollutions, la réglementation amiante etc.

La BET permet à l'utilisateur une recherche autonome des informations par de multiples portes d'entrée. Elle recueille les données environnementales disponibles pour tous les utilisateurs autorisés, de la candidature à un marché jusqu'au règlement final, en passant par la mise en place et la gestion de l'assurance environnement sur chantiers (plan d'assurance environnement, procédure d'exécution, journal environnement, constat d'anomalie, fiche de suivi (figure 4), mais aussi rapport de synthèse, veille technologique et concurrentielle, marché lié à l'environnement).

La convivialité des bases permet à tout utilisateur, branché par un simple modem, d'accéder rapide-

▶ tervenant simultanément sur plusieurs chantiers. Ces responsables environnement doivent savoir écouter, dialoguer, négocier et former les responsables chantiers. Ils doivent établir une relation constructive entre l'entreprise et le client, mais aussi avec les tiers (services de l'Etat, collectivités, concessionnaires, associations, riverains...). Sur le terrain comme en réunion, leurs interventions permettent d'intégrer aux travaux à réaliser les exigences environnementales contractuelles et réglementaires, afin de garantir le respect des obligations communes de l'entreprise, du maître d'œuvre et du maître d'ouvrage (figure 2).

QUELQUES REPÈRES

- Date de création de la division terrassement : 1995
- Moyens : trois experts environnement
- Matériel : deux bases Intranet, équipements de mesure (turbidimètre, sonomètre...)

■ UN FONCTIONNEMENT EN RÉSEAU

Le premier travail du SET a été de recenser, analyser et classer les pratiques et savoir-faire des hommes de l'entreprise. L'environnement n'est pas une affaire de spécialistes isolés mais de la responsabilité de tous.

L'organisation du SET en réseau permet une ges-

ment et directement à l'information réglementaire et aux documents de management environnemental adaptés à son besoin.

■ SAVOIR COMMUNIQUER POUR COMMUNIQUER SON SAVOIR

La BEL et la BET, fils conducteurs de la démarche ISO 14001, capitalisent l'expérience acquise sur le terrain pour la mettre à disposition sur micro-ordinateur. Les deux bases permettent de satisfaire à de nombreuses exigences des normes ISO 9001 et 14001 traitant de la mise à jour et de la diffusion des documents.

Elles autorisent dès maintenant la duplication du système de management environnement de la division terrassement à l'ensemble des activités GTM Construction. L'extension de ces bases au groupe GTM est étudiée.

La BEL et la BET contribuent à la sensibilisation et au conseil de tous les personnels d'encadrement sur chaque chantier, afin qu'ils puissent intégrer régulièrement la protection de l'environnement dans leurs projets, partager les retours d'expérience et innovations de l'ensemble des chantiers.

Elles renforcent la valorisation des expériences et compétences des équipes de GTM Construction au service des clients et plus globalement dans une perspective de développement durable. C'est-à-dire une pérennité des activités de l'entreprise en partenariat avec le client.

L'aboutissement logique de cette démarche est concrétisé par la lettre d'engagement de Guy Raoul, directeur de la division terrassement (figure 5).

■ UNE MEILLEURE MAÎTRISE DES IMPACTS

Afin d'appuyer la démarche de développement durable sur le principe de l'amélioration continue une série d'indicateurs spécifiques aux activités de la division terrassement est actuellement déployée. En complément des indicateurs du plan environnement d'entreprise de groupe GTM suivi depuis 1992, ces nouveaux indicateurs de l'impact de nos activités permettent de quantifier les nuisances produites et de valider les pistes d'amélioration ou de progression possibles : la gestion des anomalies environnementales fait partie de ces indicateurs mais aussi le taux de récupération de chaque déchet...

Un logiciel spécifique permettra de développer l'autocontrôle et d'optimiser les audits internes comprenant les indicateurs et la vérification des exigences de la norme ISO 14001.

Ces indicateurs simples correspondent à une évaluation quantitative et sur l'ensemble des sites, des activités de l'entreprise.

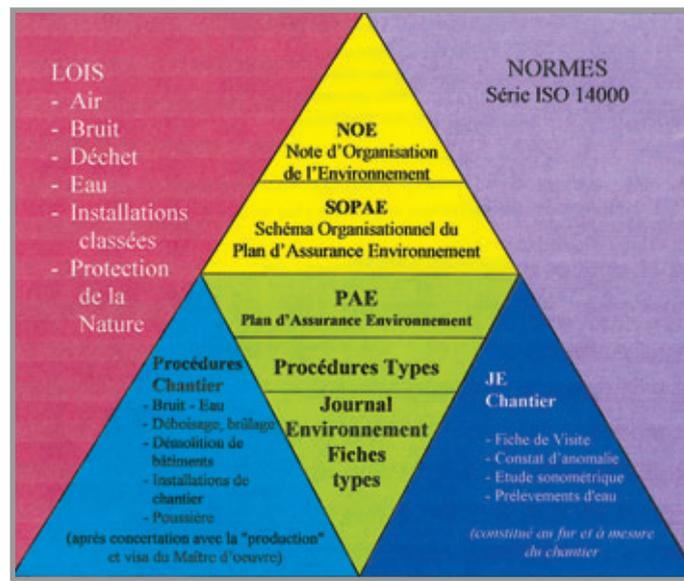


Figure 4
Organisation de l'assurance environnement au cours de l'avancement d'une affaire
Organisation of environmental assurance during the advance of a project

L'ENGAGEMENT ENVIRONNEMENT

Le développement durable et le respect de l'environnement deviennent chaque jour davantage des priorités pour l'entreprise, pour ses clients et pour chacun de ses salariés.

Trois préoccupations sous-tendent cette politique environnementale :

- ◆ intégration de l'environnement à toutes les étapes du développement et de la vie des ouvrages ;
 - ◆ recherche permanente de la maîtrise des impacts de ses activités sur l'environnement en privilégiant la prévention des pollutions et les technologies propres tout en contrôlant les risques de pollutions accidentelles ;
 - ◆ conformité et suivi des rejets et des nuisances tant vis-à-vis des tiers que du cadre de vie.
- Dès 1994, la division terrassement de GTM Construction crée un service environnement. En 1995, son Système de management environnemental voit le jour. En 1998, GTM Construction capitalise ce savoir sur un serveur Intranet. En 1999 la division terrassement s'engage dans la formation structurée de l'ensemble de son personnel et met en place des indicateurs environnementaux de ses activités.

La division terrassement en tant qu'entreprise citoyenne, s'engage :

- ◆ à respecter les exigences contractuelles, réglementaires et les autres exigences auxquelles elle a souscrit ;
- ◆ à favoriser l'expression des attentes non explicites de ses partenaires ;
- ◆ à participer aux côtés de ses interlocuteurs à une meilleure intégration de ses activités et à déve-

lopper pour cela des relations partenariales.

S'appuyant sur ces acquis, la division terrassement vise maintenant à obtenir la certification ISO 14001 dans l'année 2000 pour l'ensemble de ses activités grands travaux et agences.

Cette volonté s'appuie sur un programme de formation et sur la participation du personnel à tous les niveaux de l'organisation, notamment pour la prévention et le traitement de la pollution. Le service environnement assure le déploiement d'un système d'organisation permettant une amélioration continue de la maîtrise environnementale de ses activités.

Les objectifs sont définis annuellement par la direction et communiqués à l'ensemble du personnel.

Les progrès réalisés par l'entreprise sont publiés annuellement.

La devise de la division Terrassement "Inscrire le progrès dans l'environnement" est le moteur de l'innovation technique et de l'investissement des hommes dans leur métier d'aménageur au service de la collectivité.

Guy Raoul

DIRECTEUR DE LA DIVISION TERRASSEMENTS

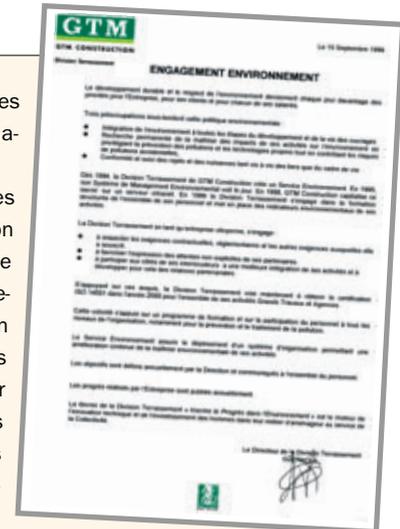


Figure 5
Lettre d'engagement environnement de la division terrassement
Environmental commitment letter of the earthworks division

■ SENSIBILISATION ET INFORMATION DES PERSONNELS

Il est intéressant de partager chaque expérience ou réalisation liée à l'environnement. Depuis 1994, des expositions présentent les dispositions environnementales des chantiers les plus remarquables. Ces planches photographiques sont utilisées à plusieurs niveaux. Elles attestent et illustrent les



travaux réalisés par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise, valorisent le travail des équipes, sensibilisent les nouveaux intervenants au respect de l'environnement, expliquent aux personnels ce que l'entreprise attend d'eux. Ces supports pédagogiques permettent de visualiser les travaux à réaliser sur un chantier qui débute.

■ UN PROGRAMME DE FORMATION ENVIRONNEMENT

Le partage des savoir-faire et des retours d'expérience est un objectif essentiel de toute entreprise. L'ordre des Maîtres bâtisseurs, structure de formation propre à GTM Construction qui valorise les compétences des hommes de l'entreprise et de la transmission du savoir, va donc tout naturellement être utilisé. La formation est structurée autour de quatre référentiels destinés :

- ◆ à la direction et aux chefs de service ;
- ◆ aux conducteurs de travaux ;
- ◆ aux chefs de chantier ;
- ◆ aux chefs d'équipe.

Un niveau expert environnement est également prévu pour 2000.

Chaque référentiel traite de l'environnement, de la norme ISO 14001, des lois environnementales, de l'assurance environnement sur chantier, des dispositions techniques de protection, des interfaces, etc.

■ DES SALARIÉS CITOYENS

L'expérience a démontré une motivation profonde et spontanée des salariés qu'il fallut coordonner et diriger.

La BEL et la BET, dossier lauréat aux prix de l'innovation 1999 groupe GTM (concours interne dont le jury est composé de collaborateurs, de clients, et de spécialistes) confirme la pertinence d'une centralisation des informations, du fonctionnement en réseau et de l'adéquation du support Intranet au besoin des utilisateurs répartis sur différents chantiers. L'environnement ne se gère pas du bureau, mais sur le terrain et par la responsabilisation des hommes : les forces vives de l'entreprise. C'est l'investissement quotidien de ses salariés qui permet à GTM Construction de progresser dans ce domaine et c'est leur professionnalisme et leur motivation qui continueront de garantir le haut niveau de compétence que trouvent les clients dans une entreprise citoyenne.

Forts de ces atouts consolidés et de la performance renforcée de ses personnels, l'entreprise "verte" et tous ses salariés sont dès maintenant "Prêts pour le troisième millénaire".

ABSTRACT

Integrate progress in the environment. The approach of a earthworks firm

X. Neuschwander, Ch. Buhot

Since its creation, the "green" company GTM Construction has always been committed to the control of the environmental impact of its activities. In 1994, the earthworks environment department instituted an environment management system (EMS) based on French (AFNOR) standard X30-200 that was to serve as the model for ISO 14001 issued at the end of 1996. The control of environment-compliant earthworking techniques enables the earthworks division to meet the requirements of its clients (municipalities and contracting agencies) on sensitive sites.

Today, the earthworks division has revenues of FF1 billion and invests in the training of its personnel in order to guarantee rigorous compliance with the environment.

With its experience, the technical quality of its teams, the motivation of each employee, its technical and computer innovations, and its environmental management system that has proven its effectiveness in the past 5 years, it is natural today for the GTM Construction earthworks division to work towards ISO 14001 certification during the year 2000.

RESUMEN ESPAÑOL

Integrar el progreso en el medio ambiente : el enfoque de una empresa de movimientos de tierras

X. Neuschwander y Ch. Buhot

Desde su fundación, la empresa "verde" GTM Construction ha expresado siempre la voluntad de dominar el impacto de sus actividades sobre el medio ambiente. En 1994, el servicio medio ambiente y movimientos de tierras, pone en aplicación un sistema de gestión empresarial del medio ambiente, fundado en la norma Afnor X30-200 que ha servido de modelo a la norma internacional ISO 14001, publicada a finales de 1996. El dominio de las técnicas de movimientos de tierras con el debido respeto del medio ambiente, permite a

la división de movimientos de tierras dar entera satisfacción a sus clientes (empresas contratantes y responsables técnicos), en las obras sensibles.

En la actualidad, la división movimientos de tierras realiza una cifra de negocios de mil millones de francos e invierte cuantiosas sumas para la formación de su personal para poder garantizar la asunción rigurosa de la protección del medio ambiente.

Debido a su experiencia, a la calidad técnica de sus equipos, la motivación de cada uno de los miembros de su personal, sus innovaciones técnicas e informáticas, su sistema de gestión empresarial del medio ambiente, que han venido dando sendas pruebas de valía desde hace 5 años, el enfoque natural de la división de movimientos de tierras de GTM Construction consiste actualmente en la obtención de la certificación ISO 14001 durante el transcurso del año 2000.

Faisabilité et certification ISO 14001 pour chantiers et carrières

Etre ou ne pas être ISO 14001 ? Pour de nombreux industriels, la conquête de nouveaux marchés passe aujourd'hui, entre autres raisons, par une anticipation des problèmes environnementaux et dépasse le stade de la simple mise en conformité réglementaire pour adopter une attitude volontariste. La question que l'on peut se poser est comment cette démarche, qui implique une stratégie à long terme, peut-elle s'appliquer à une activité de type chantier considérée comme activité temporaire ?

■ GÉNÉRALITÉS

La norme ISO 14001 relative aux Systèmes de Management Environnemental (SME) "prescrit les exigences relatives à un système de management permettant à un organisme de formuler une politique et des objectifs prenant en compte les exigences législatives et les informations relatives aux impacts environnementaux significatifs. Elle s'applique aux aspects environnementaux que l'organisme peut maîtriser et sur lesquels il est censé avoir une influence. Elle n'instaure pas elle-même de critères spécifiques de performance environnementale".

L'intégration dans la stratégie de l'entreprise d'une dimension environnementale repose essentiellement sur les principes d'une boucle d'amélioration continue (figure 1).

Un chantier est par définition : un "site, terrain où ont lieu des travaux de construction, de réparation ou d'exploitation". On y associe plus ou moins la notion de durée définie dans le temps : on peut en effet avoir des chantiers de longue durée tels que la construction du tunnel sous la Manche, la construction d'un ouvrage d'art, les travaux liés à l'aménagement d'une ligne TGV, ou bien encore des chantiers très ponctuels tels que ceux liés à des activités de réparation (rupture de canalisation, fuite de gaz...).

Les principales incidences des chantiers sur l'environnement concernent :

- ◆ le sol, le sous-sol : modification de surface, dépôt de poussières, salissures de voirie... ;
- ◆ les eaux de surface et les eaux souterraines : modification physique d'un cours d'eau, pollution par rejet ou infiltration... ;
- ◆ le milieu atmosphérique : émissions diverses (liées aux installations, à la circulation des véhicules et engins de chantiers), odeurs ;
- ◆ le milieu naturel : dommages, défrichements, pollutions ;

- ◆ les riverains : nuisances sonores, vibrations, émissions lumineuses, modification de la circulation ;
- ◆ le patrimoine culturel et le paysage : impact visuel, non respect de la propreté ;
- ◆ les déchets.

Bien qu'étant une activité industrielle (extraction et traitement de granulats par exemple), une carrière peut être assimilée à un chantier par la similitude des impacts qu'elle peut engendrer sur l'environnement.

Du fait de leur caractère temporaire et de leurs effets sur l'environnement plus ou moins limités dans le temps, les chantiers sont restés plus longtemps à l'écart des préoccupations environnementales que certaines activités permanentes. Aujourd'hui, ces préoccupations se sont étendues aux activités pour lesquelles les gênes occasionnées, étant affichées comme temporaires étaient alors tolérées.

■ FAISABILITÉ

La question relative à la faisabilité de la mise en place d'un SME sur un chantier en général, trouve sa réponse dans la norme ISO 14001 elle-même, en particulier au chapitre 1 qui précise que ladite norme "est applicable à tout organisme qui souhaite mettre en œuvre, maintenir et améliorer un système de management environnemental...".

En fait, c'est la mise en œuvre du SME qui doit être gérée au cas par cas. Ainsi, pour un chantier, le niveau de détail et de complexité du Système de Management Environnemental, l'importance de la documentation, le niveau des ressources qui lui sont allouées... dépendront de la taille de l'entreprise et de la nature du chantier. Dans le cadre d'une mise en place en vue d'une certification, la tendance serait alors de certifier un organisme plutôt que le site d'un chantier.

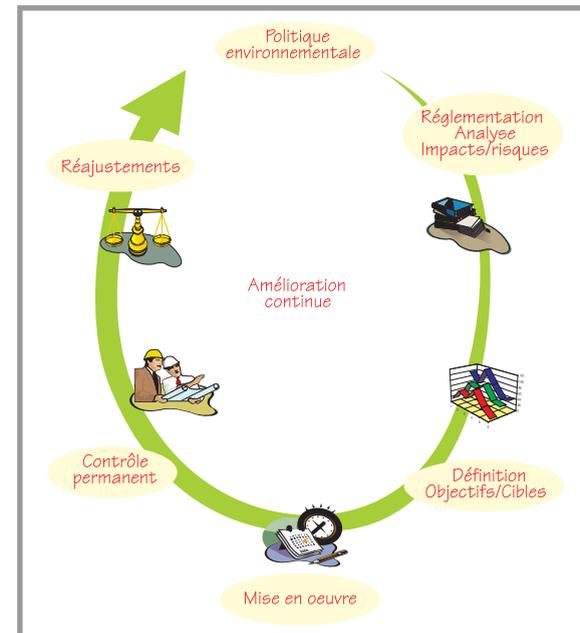


Figure 1
La dimension Environnement dans l'entreprise : une "boucle d'amélioration continue"

The environmental dimension in the firm : a "continuous improvement" loop

► ■ **MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL ET CERTIFICATION**

La mise en œuvre d'un SME nécessite que soient fixés d'une part un périmètre (un ou plusieurs sites) et d'autre part un champ (une ou plusieurs activités) de certification ou d'auto-déclaration de conformité à la norme ISO 14001. Rappelons en effet que cette norme est applicable à tout organisme qui souhaite notamment "rechercher la certification - l'enregistrement de son SME auprès d'un organisme extérieur, réaliser une auto-évaluation et une auto-déclaration de conformité à la présente norme internationale".

L'entreprise établit alors son SME qui répond aux exigences de la norme ISO 14001 pour un périmètre et un champ – de certification si tel est le cas – donnés, c'est-à-dire :

- ◆ définition d'une politique environnementale ;
- ◆ planification : identification des aspects environnementaux, exigences légales et autres exigences, objectifs et cibles, programme de management environnemental ;
- ◆ mise en œuvre et fonctionnement : structure et responsabilités dans l'entreprise, formation, sensibilisation et compétence, communication, élaboration et maîtrise du système documentaire, maîtrise opérationnelle ;
- ◆ contrôle et action corrective : surveillance et mesure, non conformité, action corrective et action préventive, enregistrement, audits du SME ;
- ◆ revue de direction (figure 2).

Dans la pratique, l'application à un chantier est spécifique dans le sens où les éléments nécessaires à sa bonne réalisation peuvent varier d'un chantier à un autre notamment en ce qui concerne :

- ◆ la connaissance de la planification environnementale du chantier :
 - les aspects environnementaux du chantier : connaissance de la sensibilité des sites concernés,
 - les exigences légales et autres à respecter sur le chantier,
 - le programme de management environnemental pour atteindre les objectifs et cibles ;
- ◆ la gestion des interfaces :
 - les plaintes des riverains,
 - les documents relatifs aux fournisseurs et aux sous-traitants,
 - les demandes externes ;
- ◆ la connaissance du SME :
 - les procédures à appliquer par le personnel, les sous-traitants...,
 - les enregistrements (mesures, comptes rendus...).

Prenons l'exemple d'un projet d'aménagement d'une infrastructure linéaire (chantier de longue durée) pour lequel un "système" a été mis en place. Dans ce système la politique environnementale a été déclinée en deux temps avec d'une part un engage-

ment général de la direction de la maîtrise d'œuvre et d'autre part un engagement plus spécifique de la direction du chantier.

L'identification des aspects environnementaux du chantier a été réalisée à partir de l'étude de la sensibilité de la zone concernée par le projet, à travers :

- ◆ l'analyse de paramètres sensibles de l'environnement du chantier :
 - facteur air lié à la production de poussières,
 - qualité des sols à mettre en relation avec d'une part leur qualité pour l'agriculture et d'autre part leur sensibilité aux infiltrations,
 - protection des eaux souterraines et de surface : champs captants, puits privés, assèchement de cours d'eau..., risques de pollution de la nappe,
 - protection de la faune et de la flore : espaces protégés, espèces rares...,
 - niveaux sonores,
 - trafic routier, etc. ;
 - ◆ l'analyse de sites sensibles sur le tracé du chantier conduisant à la définition de contraintes :
 - protection des champs captants et des eaux de surface,
 - maintien des réseaux de drainage et d'assainissement existants,
 - lutte contre le dégagement de poussières à l'extérieur des emprises du chantier, etc. ;
 - ◆ l'analyse des contraintes de calendrier qui ont dû être intégrées dans le planning des travaux :
 - défrichages (de septembre à février),
 - dérivation de cours d'eau,
 - brûlage de résidus de défrichage (autorisé du 15 octobre au 15 mars et soumis à déclaration du 15 mars au 31 mai, interdit du 1^{er} juin au 15 octobre),
 - rétablissement de communication, etc. ;
- Ceci a été traduit sous forme de tableaux synthétiques répertoriant les éventuelles nuisances pour l'environnement liées aux activités du chantier (installation, terrassement, assainissement...).
- Les exigences légales et autres à respecter sur le chantier ont fait l'objet d'une analyse thématique par rapport aux différents textes et documents applicables. L'ensemble de ces éléments a permis de définir des objectifs et des cibles.
- La mise en œuvre du système s'appuie notamment sur :
- ◆ la définition de l'organisation du chantier avec en particulier un directeur des travaux, un contrôle externe environnement, un responsable environnement... pour chacun desquels il est mentionné le statut et les missions lui incombant ;
 - ◆ les moyens et modes de formation, sensibilisation du personnel à l'environnement ;
 - ◆ la communication ;
 - ◆ l'élaboration et la maîtrise du système documentaire : procédures, journal environnement, tableaux de synthèse environnement, tableaux thématiques environnement... ;
 - ◆ la maîtrise opérationnelle grâce notamment à

des procédures pour le personnel du chantier, les entreprises sous-traitantes et pour les fournisseurs.

Les procédures *ad hoc*, – le suivi des fiches de visite des différents travaux du chantier, des fiches d'anomalie précisant son origine et les solutions envisagées, des fiches de réception établies à l'occasion de la levée d'un point d'arrêt (point sensible pour lequel la détection d'une non conformité a des conséquences majeures et difficilement ou onéreusement réparables), l'élaboration de notes concernant le chantier – permettent pendant la durée du chantier de surveiller et de mesurer régulièrement les caractéristiques des activités qui peuvent avoir un impact sur l'environnement, de prendre des mesures de réduction de tout impact éventuel, de mener à bien les actions correctives et préventives envisagées.

Les mesures réalisées (analyses d'eau, mesures acoustiques...), les fiches élaborées, les courriers relatifs à l'environnement échangés, les comptes rendus de réunion font l'objet d'un classement spécifique, ce qui constitue le Journal environnement du chantier. Le Journal environnement est consultable à tout moment par le maître d'œuvre, l'encadrement de l'entreprise, ou en cas d'audit. De plus, à la fin des travaux, l'entreprise est en mesure de faire la synthèse des problèmes répertoriés et des solutions mises en œuvre pendant le déroulement du chantier.

Des réunions à intervalles réguliers permettent de faire le point sur l'évolution du chantier en particulier en ce qui concerne la définition des risques environnement, l'enchaînement de ses différentes phases, l'exécution des diverses tâches...

Dans cet exemple, le but recherché n'était pas celui de la certification du Système de Management Environnemental mis en place. En fait, ce Système a été établi suite à la demande du maître d'ouvrage de disposer à l'instar d'un Plan Assurance Qualité, un Plan Assurance Environnement, et c'est naturellement sur la norme X30-200* "norme française relative aux Systèmes de Management Environnemental" que s'est appuyé le maître d'œuvre pour établir son système.

■ BIBLIOGRAPHIE

- Norme EN ISO 14001 - Systèmes de Management Environnemental. Spécifications et lignes directrices pour son utilisation.
- Dossiers d'experts - Le Management Environnemental - La Lettre du Cadre Territorial.
- Guide pour la prise en compte de l'environnement sur les chantiers - GTM Entrepouse.

* Norme en vigueur à l'époque, c'est-à-dire avant la sortie de la norme ISO 14001.

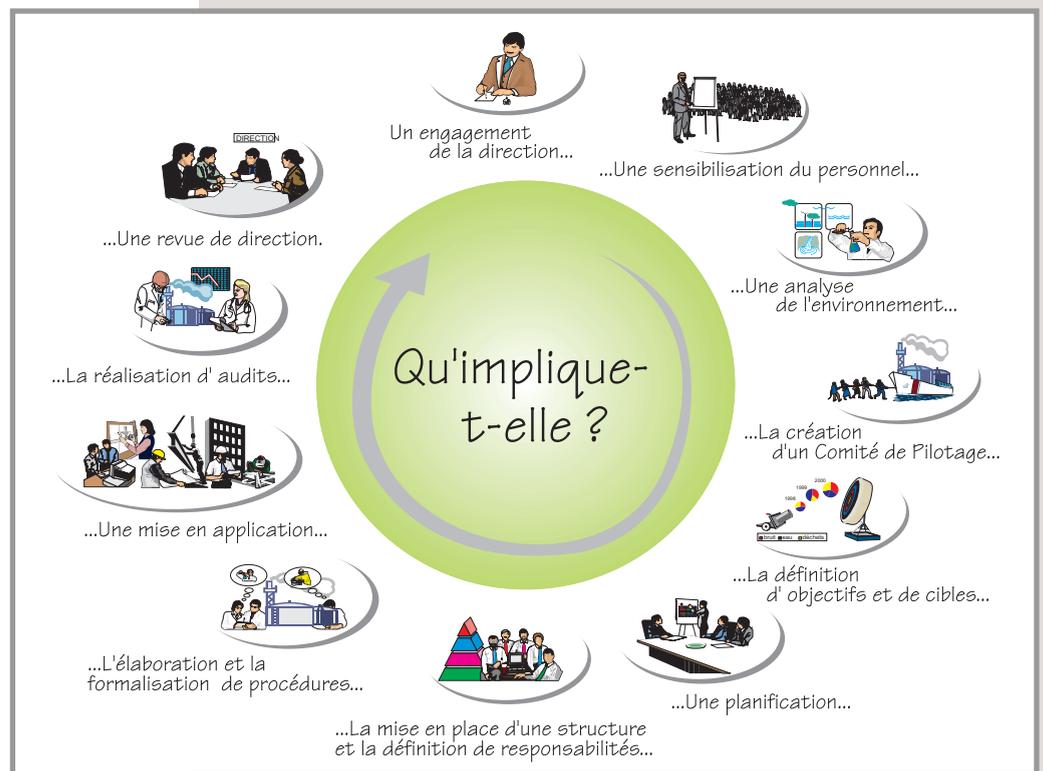


Figure 2
Quelles sont les implications de la norme ISO 14001 ?

What are the implications of ISO 14001 ?

ABSTRACT

Feasibility and ISO 14001 certification for worksites and quarries

D. Lehot

To be or not to be ISO 14001 certified? For many industrial firms, the winning of new markets today requires, among other things, the anticipation of environmental problems. This goes beyond simple compliance with regulations, and calls for deliberate and determined initiatives. The question one may ask is : how can this approach, which involves a long-term strategy, be applied to a project worksite type of activity considered to be temporary ?

RESUMEN ESPAÑOL

Factibilidad y certificación ISO 14001 para obras y canteras

D. Lehot

¿ Ser o no ser ISO 14001? Para numerosos industriales, la conquista de nuevos mercados tiene paso obligado, entre otros motivos, por una anticipación de los problemas medioambientales y sobrepasa la etapa de la simple puesta en conformidad reglamentaria para adoptar una aptitud resueltamente decidida. El problema que cabe plantearse reside en saber ¿ cómo este enfoque, que presupone una estrategia a largo plazo, puede tener aplicación en una actividad de tipo obras de construcción considerada como actividad temporal ?

Intégrer le développement d'une entreprise routière

Le plan environnement

L'entreprise de travaux publics et de travaux routiers en particulier, véhicule une image très négative vis-à-vis de l'environnement et a dû, à ce titre, mettre en place depuis quelques temps des démarches pour lever un certain nombre de paramètres ayant un impact fort. L'entreprise Jean Le-fevre (EJL) est la première entreprise à avoir concrétisé cette prise en compte et s'être souciée du développement durable bien avant que ce terme soit à la une des démarches internationales.

■ LES ORIGINES DE L'IMAGE DES TRAVAUX PUBLICS

Le fort besoin en matériaux naturels issus de carrières et de gravières a nécessité l'ouverture de nombreux gisements dont l'exploitation ne respectait pas toujours les éléments constitutifs de notre environnement et dont l'abandon en fin de vie était souvent la règle. Les méthodes ont fortement évoluées depuis quinze ans, mais l'image est restée ancrée dans la population.

Pendant la réalisation de l'ouvrage, une route par exemple, la phase terrassement montre une atteinte au paysage, qui disparaîtra avec la mise en service de celui-ci, mais qui aura laissé là encore un image négative dans les esprits. Les mouvements de divers matériels engendrés par la réalisation du chantier perturbent l'environnement immédiat de celui-ci et laisse auprès des riverains une image négative (bruit, poussières, vibrations, émissions sonores et éventuellement gazeuses, tas de déchets stockés sur place...).

La réalisation d'une route neuve ou la réfection d'une route ancienne provoquent une gêne aux usagers (ralentissement, poussières, boues, attente près de feux tricolores...) qui laisse chez ceux-ci une image négative de l'activité.

Dans l'industrie routière, l'importance moyenne des chantiers entraîne des déplacements fréquents d'où une activité foraine nécessitant des installations sommaires laissées au plus près et ne permettant pas un aménagement soigné d'où une image très négative de l'entreprise, des personnes y travaillant et avec des conséquences négatives sur les futurs vocations.

L'apparition de la démarche qualité au début des années quatre-vingt-dix (ISO 9000) et celle de la

démarche environnementale courant 96 (ISO 14000) a permis d'améliorer un bon nombre d'impacts. EJL s'est lancé très tôt dans cette démarche d'amélioration de l'image, d'une façon volontariste, qui, dès 1993, s'est concrétisée par la mise en place par la direction générale d'une politique environnementale.

■ LE PLAN ENVIRONNEMENT ENTREPRISE

Depuis très longtemps EJL a intégré dans sa démarche la notion d'économie de matériaux naturels en développant l'utilisation :

- ◆ de schistes de houille pour la réalisation de remblais et couches d'assises de chaussées ;
- ◆ de laitiers de hauts-fourneaux pour la réalisation de remblais, de couches d'assises de chaussées et la confection de granulats et liants routiers ;
- ◆ de granulats issus du traitement des bétons de démolition.

Mais c'est en 1993 que la direction générale de l'entreprise a décidé d'officialiser sa démarche en interne par une déclaration de politique environnementale orientée vers la mise aux normes de l'ensemble de ses installations industrielles.

La nomination d'un directeur de l'environnement spécialement chargé de mettre en place cette politique a démontré l'importance donnée à cette démarche, aussi bien en interne qu'en externe.

Un corps d'auditeurs environnement a été formé en interne, composé de personnes volontaires ayant déjà d'autres fonctions dans l'entreprise (responsables du matériel, responsables techniques, responsable qualité et sécurité) et exerçant dans les différentes entités géographiques.

Au sein de la direction juridique, une personne a été affectée à la veille juridique en matière d'environnement afin d'assurer en temps réel l'information sur l'évolution de la législation.

Un Conseil de l'environnement placé sous la présidence du directeur général et regroupant le directeur de l'environnement, les auditeurs environnement et le service juridique, a été créé dans le but de :

- ◆ mettre en place une méthode de réalisation des audits internes des sites, uniforme pour toute l'entreprise ;
- ◆ définir des indicateurs environnementaux représentatifs de la démarche et facilement mesurables à l'échelle de l'ensemble de l'entreprise ;
- ◆ se réunir deux fois par an : en début d'année

Déchets de chantier
Worksite scrap





durable dans l'activité

entreprise

pour définir les objectifs d'actions pour l'année en cours et en fin d'année pour en faire le bilan et préparer l'année suivante ;

◆ orienter vers d'autres cibles la démarche environnementale.

Un Plan environnement entreprise (PEE) est établi chaque année par le directeur de l'environnement afin de faire le bilan, publié en interne, de toutes les actions marquantes entrant dans le cadre de notre politique et montrant l'évolution des indicateurs.

L'ensemble de ces structures étant appuyé par la direction de la communication par la mise en place de campagnes publicitaires axées sur la protection de l'environnement (1994, 1998).

Les audits environnementaux

L'entreprise gère environ 350 sites industriels (carrières, centrales d'enrobage, centrales de malaxage, centrales à béton, usines de transformation de liants, centre de traitement de déchets). La réalisation d'audit environnemental consiste à :

◆ réunir l'auditeur de la région dont dépend le site, un auditeur tiers venant d'une autre région et le responsable du site ;

◆ faire l'état des obligations administratives et réglementaires propres à chaque site ;

◆ faire la liste des non conformités constatées ;

◆ dresser un planning de la levée de ces non conformités intégrant les urgences dans le temps et les incidences financières en matière d'investissement.

Les résultats de l'audit sont transmis à la direction régionale pour validation et mise en place des actions et au directeur de l'environnement.

Des audits de suivi périodiques sont réalisés afin de constater la mise en place des engagements pris, et transmis aux mêmes destinataires que l'audit initial.

Une synthèse nationale de l'ensemble des audits permet de relever les non conformités les plus fréquentes et permet au Conseil d'environnement d'engager des actions ponctuelles spécifiques année après année.

Les actions d'amélioration

Plusieurs types d'actions ont été engagés :

◆ la connaissance de l'ensemble de la législation sur l'environnement dans les carrières est souvent une non conformité qui a amené le Conseil de l'environnement à créer un logiciel d'assistance aux

exploitants. Cet outil appelé DADEM, installé sur un nombre de sites de plus en plus important permet aux responsables d'exploitation d'avoir rapidement la synthèse de toutes leurs obligations administratives, de toutes les mesures à suivre régulièrement et à fournir aux autorités de contrôle et des informations à donner au personnel et aux tiers (RGIE, arrêté du 22 septembre 1994) ;

◆ la connaissance des règles élémentaires de la législation sur l'environnement sur l'ensemble des sites industriels est souvent une non conformité qui a amené le Conseil de l'environnement à mettre en place des formations spécifiques ou à introduire des volets sur l'environnement dans le cadre des formations techniques existantes. La création d'un "challenge vert" destiné à mettre en valeur les actions individuelles ou collectives en faveur de la protection de l'environnement, permettra d'accentuer notre démarche en faveur du développement durable ;

◆ la production de poussières sur les sites industriels est souvent une non conformité qui a permis d'orienter les investissements vers des matériels plus performants en matière de respect de l'environnement.

■ L'ÉVOLUTION DE L'ACTION DE LA DIRECTION ENVIRONNEMENT : LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

De l'orientation donnée en 1993 par la direction générale, il est apparu nécessaire de l'élargir à la réalisation d'audits environnementaux de sites fixes de l'entreprise ne faisant pas partie des installations classées : ateliers d'entretien des matériels,



La poussière :
une nuisance
Dust pollution



bureaux des agences de travaux, zones de parking des matériels, poste de distribution de carburants, etc.

L'approche de la date d'application de la loi sur les déchets du 13 juillet 1992 a mobilisé l'action de la direction de l'environnement sur la gestion de ses propres déchets de chantier depuis 1998. Le corps d'auditeurs internes a établi un état des quantités de déchets produits annuellement, leurs natures ainsi que leurs "destinées". A partir de ces éléments des actions orientées vers le recyclage ont été définies et sont en cours de réalisation. Les audits de suivi permettront d'en mesurer l'évolution.

La prochaine action sera l'audit des chantiers mais sa mise en place demande une approche particulière due à la spécificité de ceux-ci. Mais déjà des actions ont été entreprises : aménagement des aires de vie des chantiers, vêtements uniformes pour les ouvriers, signalisation adaptée, pots catalytiques sur les engins de chantier, équipement du parc de véhicules au GPL, etc.

La cellule recherche et développement a intégré les recommandations du Conseil environnement en axant ses recherches sur des produits économes en matières premières (ULM, BBTM), recyclables facilement en fin de vie, utilisant la valorisation de nos déchets et de ceux des autres industries (MIOM : SCORGRAVE, SCORCIM, SCORMOUSSE, SCORCAN, béton de bois recyclés, recyclages en place à froid ou à chaud).

■ LE PLAN ENVIRONNEMENT ENTREPRISE (PEE) ET L'ISO 14001

Le PEE mis en place depuis 1993 est bien antérieur à la parution des normes ISO 14000, mais il constitue une étape importante vers celles-ci. C'est pourquoi la direction de l'environnement assiste les auditeurs environnement sur deux sites : une carrière et un centre de recyclage qui ont décidé d'aller vers la certification ISO 14001.

La mise en place de ce PEE a permis de sensibiliser progressivement l'ensemble du personnel de l'entreprise au respect de l'environnement et de modifier les méthodes de travail habituelles en intégrant la notion de développement durable dans toutes les étapes de la réalisation d'un ouvrage.

■ BIBLIOGRAPHIE

Revue générale des routes. Hors série 1, 1999. Page 94. La prospection de l'environnement, une stratégie globale dans la perspective du XXI^e siècle. J.-P. Lemesle.

ABSTRACT

**Integrate the sustainable development in the activity of a road contracting firm
The corporate environment plan**

J.-P. Lemesle

Public works contractors, and in particular highway engineering contractors, convey a very negative image with respect to the environment. They have accordingly been required in recent years to work towards improved environmental compliance. Jean Lefebvre was among the first firms to have taken concrete action in this area, becoming involved in sustainable development long before this expression became a key word internationally.

RESUMEN ESPAÑOL

**Integrar el desarrollo sostenible en la actividad de una empresa viaria.
Plan medioambiental de empresa**

J.-P. Lemesle

La empresa de obras públicas y de obras viarias en particular, contiene una imagen sumamente negativa con respecto al medio ambiente y, como tal, ha tenido que implementar desde hace ya algún tiempo, diversos enfoques destinados a eliminar cierto número de parámetros que tienen un fuerte impacto. Jean Lefebvre es la primera empresa constructora que ha dado forma concreta a esta acción y teniendo constantemente en su mente las preocupaciones derivadas del desarrollo sostenible, y ello mucho antes que este término fuese acuñado como uno de los enfoques internacionales.

Les contraintes environnementales

Le second viaduc de la immergé de l'Øresund

L'exécution des chantiers du second pont sur l'estuaire de la Severn au Royaume Uni et du tunnel immergé de l'Øresund au Danemark a nécessité un important travail de préparation et de suivi du point de vue environnemental centré sur des points particuliers très différents et tout à fait spécifiques mais qui, dans chaque cas, ont nécessité une structure à part. Une bonne anticipation résultant d'une expérience de gestion acquise permet de gérer ces contraintes à la satisfaction des partenaires sans perturber la marche du chantier.

Dumez-GTM a réalisé récemment deux grands projets, l'un en Grande-Bretagne, l'autre au Danemark. Le présent article a pour objet de dénombrer les principales contraintes environnementales auxquelles ils ont été soumis et comment elles ont été traitées.

■ LE SECOND VIADUC DE LA SEVERN (Juin 1992 - Juin 1996)

Description du projet

L'ouvrage de 5 126 m de longueur et 37 m de tirant d'air traverse l'estuaire de la Severn 5 km en aval du pont suspendu existant (*Travaux* n° 697 et 719). L'essentiel des piles est fondé sur des caissons multicellulaires en béton armé, dont les coquilles sont préfabriquées à terre.

Les viaducs d'accès de 2 103 et 2 077 m respectivement sont composés de travées standardisées de 98 m et constitués de deux poutres caisson monocellulaires en béton précontraint solidarisiées, formant un tablier de 33,20 m de largeur.

L'ouvrage principal est un pont à haubans de 948 m composé de cinq travées (quatre de 98 m et une travée centrale de 456 m) et de deux consoles de 49 m. Le tablier est une structure mixte acier-béton.

Les méthodes de construction ont été choisies en tenant compte des conditions climatiques environnantes : le lieu est en effet soumis à une des plus fortes marées au monde (14 m), des courants importants ainsi qu'à des vents violents.

Le site et les spécificités environnementales

Le site qui a été retenu, un estuaire difficile d'accès, objet de très fortes marées, résultait d'études préliminaires menées de 1984 à 1986 complétées en 1990 et 1991 par des études environnementales, qui avaient pour objectif de définir l'état initial de la zone concernée. C'est aussi un site protégé SSI (special scientific interest) en particulier au titre de la nidification d'un grand nombre d'oiseaux migrateurs. Les travaux s'effectuaient dans une zone peu peuplée ; la construction du pont, facteur de désenclavement, était, dans l'ensemble, bien vue par une population qui était quand même très attachée à son cadre de vie. Les points les plus délicats de ce point de vue étaient :

- ◆ l'importance des marées qui entraîne sur des périodes courtes d'importants phénomènes de dépôt et d'érosion ; toute pollution locale pouvait ainsi se diffuser rapidement et profondément ;
- ◆ le système karstique très fissuré du côté Gallois avec la présence d'eaux souterraines est très sensible aux infiltrations (turbidité, contamination bactériologique, infiltration de polluants : huiles, solvants, eau de mer). Cette nappe est utilisée pour l'alimentation en eau potable et pour les besoins industriels d'une brasserie ;
- ◆ le risque d'inondation au-delà des digues en place pouvait contaminer tout le réseau de drainage latéral ;
- ◆ les zones présentant un intérêt écologique :
 - les "Saltmarsh" et "l'Eelgrass" situées sur les bancs de sable bordant l'estuaire,
 - les fossés de drainage gallois (invertébrés et flore),
 - la présence de sites pour les oiseaux migrateurs.

Les engagements

Dans ce site sensible, le mode de réalisation des travaux avait fait l'objet d'engagements de la part du groupement Laing-GTM.

Ceux-ci résultaient de la prise en compte des caractéristiques environnementales du site et des conclusions des nombreuses études réalisées par des bureaux d'études très spécialisés en amont du projet. Ces engagements portaient sur la protection de l'environnement et furent axés en particulier sur :

- ◆ la prise en compte des crues et des inondations potentielles ;
- ◆ le choix des méthodes de travail utilisées et le

Estuaire de la Severn.
Vue aérienne d'ensemble
du chantier
*Severn estuary. General aerial
view of site*



sur deux chantiers européens

Severn et le tunnel

Jean-Pierre Migeon



**DIRECTEUR QUALITÉ -
ENVIRONNEMENT -
SÉCURITÉ**
Dumez-GTM

choix de l'implantation des limites des aires d'installation de chantier;

- ◆ la maîtrise des émissions de bruit et de poussières;
- ◆ le respect des contraintes écologiques, en y incluant tout particulièrement la qualité des eaux. Cette politique de protection s'est traduite par :
 - ◆ la production d'une analyse préliminaire d'impact qui a été fournie au stade de l'appel d'offres suite à la demande du gouvernement britannique;
 - ◆ la réalisation d'un programme complet de protection de l'environnement qui a été incorporé dans la loi d'approbation du projet en 1990 au stade de la préparation du chantier;
 - ◆ la mise en place effective des mesures correspondantes dans la rédaction des procédures de travaux;
 - ◆ l'intégration dans l'organisation du chantier d'un responsable environnement (Environmental Liaison Officer) détaché du bureau d'études SGS Environnement pour la mise en place d'un programme de suivi.

Contrôles et suivis mis en place

Pour s'assurer de l'efficacité des mesures de protection prises, un programme de contrôles a été mis en place; il comprenait :

- ◆ l'observation périodique de la faune et de la flore aquatique à quinze postes fixes dans les fossés gallois avec contrôle de la qualité des eaux tous les trois mois;
- ◆ le comptage des passages d'oiseaux migrateurs de novembre à mars (nombre, espèce, localisation);
- ◆ des mesures de bruit provenant du chantier pour vérifier les engagements pris en matière d'horaires de travail et de niveau acoustique;
- ◆ l'observation quantitative des émissions de poussières;
- ◆ l'observation annuelle des algues (densité, nombre, espèces) dans l'estuaire;
- ◆ le suivi de la topographie des vases tous les trois mois pour mettre en évidence l'érosion ou l'envasement liés à la digue provisoire côté gallois;
- ◆ le suivi des zones découvertes à marée basse dans l'estuaire pour déterminer les variations de courant.

D'autre part des mesures spécifiques mais plus classiques de protection de l'environnement propres au chantier ont été mises en place :

- ◆ bassin de décantation des eaux de lavage des toupies;
- ◆ déshuileur pour retenir les hydrocarbures;



Estuaire de la Severn.
Plan de situation
*Severn estuary.
Location*

- ◆ lavage des roues de camions;
- ◆ barrages flottants et absorbants de secours;
- ◆ bâchage des camions sur les voies publiques;
- ◆ bennes pour la récupération des déchets;
- ◆ stockage de polluants sur rétention;
- ◆ merlons de 2 à 5 m de haut autour de l'aire de préfabrication pour protéger les riverains du bruit.

Suivis et bilans

Le suivi sur les oiseaux (comparatif hiver 92/93 et hiver 91/92 avant travaux)

Les observations ont été réalisées sur les deux rives avec quatre relevés côté gallois et six du côté anglais répartis en amont et aval des zones de construction. Bien que les observations aient mis en évidence une réduction du nombre des oiseaux, l'impact du chantier (bruit de fond, circulation d'engins) a semblé moins préjudiciable que la circulation de personnes à pied associée à des impacts sonores irréguliers!

Le suivi de la qualité des eaux

Il concernait quinze points d'observation relatifs à :

- ◆ la qualité des eaux des fossés;
- ◆ la présence d'invertébrés;
- ◆ la végétation.

Le suivi de l'Eelgrass

L'impact du chantier est indirect par les modifications de sédimentation. Le suivi, trois à quatre fois par an, portait sur l'étendue et la densité des pieds de cette herbe.

Les mesures de poussières

Des dispositifs de recueil ont été mis en place dès le démarrage du chantier dans les jardins des riverains susceptibles d'être concernés. Ces me-



Estuaire de la Severn.
Vue aérienne de l'ouvrage terminé

Severn estuary. Aerial view of complete structure

Øresund. Vue aérienne générale du site
 Øresund. General aerial view of site



► mesures n'ont pas été maintenues sur toute la durée du chantier; les résultats obtenus n'étant pas significatifs et souvent faussés par les brins d'herbe provenant de la tonte des pelouses!

Les mesures de bruit

Une station permanente a été installée sur chaque rive et des stations de mesures mobiles ponctuelles ont été mises en place : cinq côté gallois, six côté anglais. Ces unités mobiles ont permis d'effectuer les mesures au voisinage des riverains qui se plaignaient. Elles ont conduit à la mise en place de doubles vitrages, capotages des silos d'agrégats et à la mise en place de silencieux sur les barges.

Les plaintes reçues

Une ligne téléphonique a été mise à la disposition du public permettant de recueillir les plaintes des deux rives non formulées par courrier. Sur une période d'un peu moins de quatre ans 135 appels, – soit environ un tous les onze jours ont été reçus –, donnant lieu à explications, aménagements et/ou modifications. La gestion de ces appels était effectuée par le responsable environnement et le système adopté semble avoir donné satisfaction aux riverains, grâce, en particulier, au très bon relationnel de l'agent environnement.

■ LE TUNNEL IMMÉRGÉ DE L'ØRESUND (Juillet 1995 – Juillet 2000)

Description du projet (Travaux n° 732)

Øresund est le nom du détroit qui sépare le Danemark de la Suède. C'est l'accès à la péninsule scandinave pour qui vient de l'Europe de l'Ouest. Le projet consiste à remplacer les ferries actuellement utilisés par un pont et un tunnel sous-marin permettant un accès direct autoroutier et ferroviaire; le raccordement entre le tunnel et le pont se faisant sur une île artificielle, l'ensemble couvrant environ 16 km.

La traversée de l'Øresund va de l'aéroport de Co-

penhague à la ville de Lernaken au sud de Malmö. Le projet qui contourne l'île de Saltholm, réserve naturelle, a fait l'objet de trois contrats principaux : tunnel, dragages et pont.

Le contrat exécuté en groupement par Dumez-GTM concerne exclusivement le tunnel immergé. Celui-ci a une longueur totale de 3510 m pour une autoroute à 2 x 2 voies et une voie ferrée à double voie qui sera un record du monde pour ce type d'ouvrage.

Le contrat porte aussi sur la construction des rampes et portails d'accès aux deux extrémités qui comprennent les bâtiments techniques abritant les installations de ventilation, et les raccordements aux réseaux routiers et ferroviaires.

Méthodes de construction

Préfabrication des éléments de tunnel

Elle est faite dans un Yard situé dans la partie nord du port de Copenhague. Les segments de tunnels de 22 m de longueur sont coulés en une seule phase en atmosphère homogène et contrôlée, donc dans une usine. La technique du pont poussé est employée. Chaque caisson de 175 m de long est constitué de huit segments d'environ 22 m. Chaque fois qu'un segment a été coulé, l'ensemble est poussé hors de l'usine jusqu'à une zone de finitions située à l'intérieur d'une enceinte inondable. Lorsque le caisson est terminé et obturé à chaque extrémité, l'enceinte est noyée jusqu'à ce qu'il flotte et soit amené au-dessus d'un bassin profond qui communique avec la mer.

Mise en place des éléments de tunnel

Précédemment équipé de pontons qui permettront de le soutenir pendant son immersion, le caisson est sorti du Yard. Il est ensuite remorqué et amené au contact du dernier élément immergé. La topographie est assurée par un système qui permet une précision de positionnement inférieure à 50 mm. Le caisson est posé sur un lit de graviers réglé très précisément. Après pose, la tranchée, exécutée dans le cadre du contrat de dragage est remblayée avec du sable et le toit du caisson est recouvert avec des enrochements de protection de façon à reconstituer le fond marin au niveau où il était avant l'exécution de la tranchée.

Il y a donc trois sites de chantier terrestres : le yard de préfabrication, les accès (terre et île artificielle), et un site maritime : la pose en mer des tronçons de tunnel.

Approche des problèmes environnementaux

Les chantiers proprement dit comme le yard de préfabrication sont situés dans des contextes apparemment peu exigeants en matière d'environnement : ♦ pour le yard : partie nord du port de Copenhague;

environnement industriel classique d'un port ;

◆ pour le chantier des accès : remblais de dragage à proximité d'un dépôt Scandinavian Airlines et de l'aéroport de Copenhague et de terrains vagues d'une part, et île artificielle au milieu du détroit d'autre part. Dans les deux cas, ni habitation à proximité, ni cadre naturel à préserver. Néanmoins, le client a imposé des contraintes sévères d'environnement qui peuvent se classer en deux catégories principales :

- ◆ confort de chantier et de voisinage ;
- ◆ souci d'un chantier impact zéro sur l'écosystème marin.

Ces préoccupations coexistaient avec la présence, nécessairement sonore, des avions en cours d'atterrissage et la servitude de laisser passer des agents de l'aéroport chargés d'éloigner les oiseaux migrateurs risquant d'endommager les réacteurs desdits avions !

Elles ont conduit à la mise en place de procédures très précises dont la mise au point a nécessité une cellule de cinq personnes à plein temps pendant 18 mois avec l'aide de bureaux d'études. La gestion du système ainsi défini a conduit au maintien d'une cellule de deux ingénieurs et une secrétaire pendant toute la durée du chantier. Cette cellule environnement dépendait directement du directeur adjoint. Elle rapportait mensuellement au comité exécutif et l'informait des démarches en cours auprès des autorités concernant le renouvellement des permis.

Ces autorités n'étaient d'ailleurs pas uniquement le client mais aussi les agences ou services de l'environnement aux différents niveaux (national, district, communal). Par ailleurs, des services spécialisés imposaient, en plus, des contraintes transversales. Tout ceci explique l'importance du dispositif qui a dû être mis en place, finalement beaucoup plus lourd que celui du pont sur la Severn. Plusieurs raisons peuvent le justifier : la sensibilité particulière des Scandinaves à l'écologie, le fait que ce chantier démarre quatre ans après celui de la Severn et la différence des traditions administratives.

Le principe gouvernant la mise au point de ces procédures était "zéro pollution" : obtenir un état final qui soit écologiquement inchangé voire meilleur que l'état avant travaux.

Quatre procédures relatives à l'environnement ont été établies dans le but de contrôler l'impact du chantier sur l'environnement extérieur, dans le respect des critères et valeurs ressortant des divers permis. Elles étaient applicables pour les trois sites d'activité terrestre et couvraient les grands domaines suivant :

- ◆ suivi et traitement des matériaux excavés ;
- ◆ suivi et traitement de l'eau (nappe, eaux de ruissellement, eaux de décharge des bassins, eaux usées et eaux de process) ;
- ◆ suivi et contrôle des niveaux de bruit et vibrations pendant la préparation des sites et l'exécu-



Øresund. Vue aérienne de l'usine de préfabrication

Øresund. Aerial view of prefabrication plant

tion des ouvrages. La procédure incluait aussi le suivi et contrôle des surpressions sous-marines dues à d'éventuelles explosions si ce procédé d'exécution venait à être utilisé.

- ◆ suivi et contrôle des émissions dans l'air de poussières et polluants.

Suivi et traitement des matériaux excavés et déchets

Fond marin pollué

La réalisation de la zone de préfabrication des caissons dans la partie nord du port de Copenhague nécessitait l'excavation d'un fond marin légèrement pollué de métaux lourds et plus spécialement de mercure.

Cette couche de sédiments pollués fut systématiquement mise à l'écart par stockage sur place dans un dépôt mis à disposition par les autorités portuaires de la ville. Un contrôle visuel par scaphandriers, réalisé conjointement avec l'agence de l'environnement danoise permettait de s'assurer du retrait complet de la couche polluée.

Sols potentiellement pollués

La construction des rampes et portails d'accès et de la zone de préfabrication nécessitait une excavation au travers de matériaux d'apport situés au-dessus du fond marin et des sols situés sous le fond marin. Les matériaux d'apport pouvant être pollués, un suivi particulier des excavations dans ce matériau fut réalisé.

Trois classes de contaminations furent distinguées :

- ◆ les sols non pollués pouvant être réutilisés dans les sites de construction ;
- ◆ les sols légèrement pollués qui sont alors stockés comme précédemment en des lieux mis à disposition par les autorités ;
- ◆ les sols fortement pollués relevant alors de dispositions particulières, en accord avec les autorités locales.

Plusieurs étapes de contrôle des terres étaient effectuées depuis l'inspection visuelle (coloration foncée des terres), présence d'odeurs plus ou moins



prononcées, prélèvements en sacs étanches répertoriés avec mesures à l'aide d'équipements spécifiques permettant la détection de produits pétroliers, benzène et dérivés, autres hydrocarbures, métaux tels que cuivre, zinc, baryum.

Déchets

Le tri des déchets a été institué en définissant quatre catégories principales de déchets :

- ◆ ceux nécessitant un traitement particulier tels que PVC, huiles, déchets chimiques... ;
- ◆ ceux pouvant être recyclés tels que métaux, câbles, cartons et papiers, plastiques ;
- ◆ autres déchets combustibles ;
- ◆ autres déchets non combustibles devant être – soit mis en décharge – soit utilisés (gravats béton) comme matériaux de remplissage.

Une procédure en cascade permet d'affecter les divers déchets recensés dans leur catégorie respective.

A chaque catégorie de déchets était affecté un code couleur et un type de container spécifique, notamment pour ceux nécessitant un traitement ultérieur.

Rejets à la mer depuis le bassin de décantation

Les eaux provenant de la mise à niveau de la tranchée recevant les caissons subissaient un épannage dans le bassin de sédimentation de West Island avant rejet à la mer. Ce rejet était journalièrement contrôlé par une station automatique de mesure et prise d'échantillon, suivi d'une analyse en laboratoire accrédité.

Rejets vers le réseau eaux usées

Les eaux usées rejetées directement ne firent l'objet d'aucun suivi particulier. Celles transitant par des stockages intermédiaires firent l'objet de mesures quantitatives avant rejet.

Rejets des eaux de process vers le réseau eaux usées

Avant rejet, les eaux de process étaient contrôlées sur trois points :

- ◆ matières en suspension (via un bassin de décantation) ;
- ◆ teneur en huile (via un séparateur) ;
- ◆ contrôle du pH et ajustement par une station automatique.

La qualité en sortie d'exutoire était régulièrement contrôlée par prélèvements et analyses par un laboratoire accrédité.

Suivi et contrôle des niveaux de bruit et vibrations

Des limites de niveaux de bruit, selon les différentes périodes de la journée et pour les différents types de bâtiments (habitations ou bureaux), ont été définies par les autorités danoises pour chacun des sites après étude des conditions avant travaux. En fonction des sites et des équipements utilisés des calculs de niveaux de bruit ont été menés sur les plus proches habitations ou bureaux afin de valider les méthodes de construction envisagées ou de préparer les alternatives nécessaires.

Ces calculs furent menés par un bureau d'acoustique, les mesures de contrôle étant effectuées par l'ingénieur environnement assisté d'un spécialiste de la mesure de bruit.

Une procédure identique pour le suivi et le contrôle des vibrations (dues aux explosions sous-marines) a été mise en place mais non poursuivie ; cette méthode de travail n'ayant pas été utilisée.

Suivi et contrôle des émissions de poussières et polluants

Le suivi journalier des émissions de poussières par les divers sites travaux était réalisé visuellement par l'ingénieur environnement. L'arrosage des routes et des stockages était déclenché dès que le risque d'émission de poussières était jugé trop important (notamment à proximité de l'aéroport) ou lorsqu'une plainte émanant du voisinage était enregistrée.

Øresund.
Vue générale du détroit
Øresund. General
view of straits



Suivi et traitement des eaux

Nappe

Tout rabattement de nappe créait un risque d'introduction d'eau de mer. Une procédure de contrôle du niveau de la nappe et de sa qualité fut mise en place pour les trois sites. Les mesures de niveaux étaient réalisées sous l'autorité de l'ingénieur environnement. L'analyse de la qualité de la nappe était réalisée par un laboratoire extérieur.

Eaux usées

Rejets à la mer des eaux de ruissellement et eaux souterraines

Les autorités de Copenhague ayant fixé une valeur limite en quantité et qualité des rejets en mer, ces deux éléments firent l'objet d'un suivi aux différents exutoires tout comme leurs équipements : pièges à sable et séparateur d'huile.

Les émissions de poussières et polluants depuis les usines de production étaient contrôlées de manière équivalente, l'ensemble de ces mesures étant confié à une entreprise spécialisée dans ce type d'analyse.

Rapports - Enregistrements

Pour l'ensemble des quatre procédures environnementales tous les résultats, mesures, analyses... ont fait l'objet d'enregistrements et de rapports mensuels diffusés simultanément au client et aux autorités danoises.

Le respect des contraintes environnementales n'a pas donné lieu, en cours d'exécution, à des difficultés particulières et le démarrage du chantier n'a pas été affecté par la mise au point des procédures qu'elles imposaient. Ceci parce que le chantier a su, dès le début, employer les moyens appropriés pour répondre aux exigences du contrat et aux demandes des autorités concernées.

■ CONCLUSION

Cet article démontre bien que les items classés sous le thème environnement n'ont pas beaucoup de points communs ; il est difficile de les rassembler sous des têtes de chapitre générales à part la pollution des nappes et la gestion des déchets qui ressortent de la propreté de chantier. Les thèmes spécifiquement écologiques relatifs à l'écosystème sont à traiter au cas par cas et ressortent de décisions et d'études préalables effectuées par le maître d'ouvrage et les autorités locales compétentes. Les chantiers cités en exemple ne se déroulant pas en milieu urbain, l'aspect "exigence des populations" n'a pas eu l'importance qu'elle peut légitimement avoir sur d'autres chantiers.

Il apparaît en revanche très clairement que les contraintes d'environnement – quelles que soient leurs natures –, nécessitent une préparation soignée en faisant appel à des bureaux spécialisés, un suivi attentif et la mise en place, à titre permanent sur le chantier, d'une structure de dialogue, tant avec les populations et les autorités locales, qu'avec les entités en charge des questions d'environnement.

Il y a là une exigence désormais incontournable. Mais une bonne préparation, une bonne capitalisation de savoir-faire d'un chantier à l'autre permettent de gérer efficacement cette nouvelle contrainte sans mettre en péril le déroulement du contrat.

ABSTRACT

Environmental constraints on two European projects. The second viaduct of Severn and the immersed tunnel of Øresund

J.-P. Migeon

The work on the second bridge over the Severn estuary in the United Kingdom and the immersed tunnel of Øresund in Denmark called for extensive preparation work and monitoring from the environmental viewpoint. This involved very different particular points which were quite specific but which, in each case, required a special structure. Proper anticipation enabled by acquired management experience allows these constraints to be dealt with to the satisfaction of all players and without disturbing the works.

RESUMEN ESPAÑOL

Imperativos medioambientales en dos obras europeas. El segundo viaducto del Severn y el túnel sumergido del Øresund

J.-P. Migeon

La ejecución de las obras del segundo puente en el estuario del Severn, en el Reino Unido, y del túnel sumergido del Øresund, en Dinamarca, han precisado un importante trabajo de preparación y de seguimiento desde el punto de vista medioambiental, orientado hacia aspectos particulares sumamente diferentes y absolutamente específicos, pero que, en cada caso, han precisado una estructura por separado. Una correcta anticipación, derivada de la experiencia de gestión conseguida, permite la gestión óptima de estos imperativos para mayor satisfacción de los asociados, sin perturbar el desarrollo de las obras.

La route : la plus grande carrière Recyclage et valorisation dans l'industrie routière

L'industrie routière consomme plus de 50 % de la production nationale de granulats (380 millions de tonnes). Elle produit 100 millions de tonnes de sous-produits et rebuts de fabrication qui demandent une autre issue que le stockage définitif.

La prise en compte de ces deux phénomènes, bien avant que la notion de développement durable ne devienne la ligne directrice d'une politique, a conduit l'industrie routière à réutiliser, valoriser et recycler ses propres sous-produits et ceux des autres industries. Cette technologie subit une nouvelle évolution avec l'échéance de la mise en place de la loi du 13 juillet 1992 sur la gestion des déchets.

Les techniques de traitement des sous-produits étant efficaces il faut aller vers une politique volontariste d'utilisation des produits issus de cette chaîne, qui permettrait de lever un certain nombre de freins tels que : terminologie, normes d'utilisation, "mieux disant", surqualité, variantes interdites dans les appels d'offres -, tout en progressant d'une manière scientifique.

Dans cette logique Jean Lefebvre (EJL) œuvre, depuis plus de 35 ans, à la mise au point des techniques de recyclage pour produire des matériaux se substituant à ceux issus de l'exploitation de ressources non renouvelables.

Unité de traitement
des mâchefers d'ordures
ménagères
à St-Ouen-l'Aumône

Processing unit
for household-refuse
incineration clinker at
St-Ouen-l'Aumône



■ LES SOUS-PRODUITS DES AUTRES INDUSTRIES

Les laitiers de haut fourneau

Le laitier de haut fourneau est un coproduit de la fabrication de la fonte qui se présente sous deux formes : vitrifiée et cristallisée. Ces produits existent en quantité importante sous forme de terrils qui sont venus modifier les paysages lorrains, du Nord et du Sud-Est.

Le laitier vitrifié est utilisé comme liant grâce à son hydraulité, dans la fabrication de matériaux pour assises routières (graves et sables laitiers). Le laitier cristallisé étant utilisé après concassages et criblages comme granulats dans la fabrication de matériaux d'assises de chaussées.

Le laitier est maintenant un produit qui est codifié au travers de normes françaises et européennes, et largement utilisé et accepté par les maîtres d'ouvrages publics et privés, principalement dans les régions proches des gisements.

La qualité environnementale des laitiers a été testée *in situ* en particulier pour le relargage des métaux lourds. Les résultats très probants ont permis à l'OCDE de les considérer comme produit à part entière. L'exploitation des terrils permet de remettre les paysages dans leur état initial ce qui valorise d'autant le recyclage de ce produit.

Les cendres de centrales thermiques

Ces cendres issues de la combustion, sont de natures différentes en fonction du combustible utilisé (houille ou lignite) et du lieu de récupération (foyer ou cheminée).

Les réserves sont importantes et se présentent sous forme de terrils et bassins de décantation qui

modifient le paysage voire le sous-sol des sites (environ douze en France).

Les cendres issues de la lignite ont une activité hydraulique qui permet de les assimiler à un liant pour la fabrication de matériaux d'assises routières (graves et sables cendres).

Les cendres issues de la houille ont une activité pouzzolanique qui leur confère une aptitude exceptionnelle au compactage dans les remblais routiers et d'assainissement. Les cendres répondent à des normes ainsi que les produits fabriqués en mélange. La qualité environnementale des cendres a été testée *in situ* et grâce à des règles strictes d'utilisation et à leur caractères pouzzolanique et hydraulique, l'impact est nul. L'utilisation des cendres permet de réaménager les sites exploités et leur rendre leur état initial.

Les schistes houillers

Ce sont des stériles provenant de l'exploitation charbonnière qui se présentent sous deux formes : naturelle de couleur noire et ayant subi une oxydation combustion de couleur rouge.

Ces matériaux sont stockés en terrils ; les réserves actuelles sont importantes et exploitées entre autres dans l'industrie routière, principalement dans les régions proches des gisements (Nord, Lorraine, Centre, Midi).

L'industrie routière utilise les schistes noirs dans la confection de remblais et de couche de forme et les schistes rouges dans la confection de remblais en zone humide et en assises de chaussées traitées aux liants hydrauliques.

L'exploitation des terrils permet la remise en l'état des sites afin de les rendre utilisables.

Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MIOM)

L'incinération des ordures ménagères produit des cendres sous fours appelées MIOM qui, séparées des cendres sous cheminées, appelées RE-FIOM, sont utilisables après traitement, dans l'industrie routière. La réglementation très stricte (circulaire du 9 mai 1994 du MATE) sur la valorisation des MIOM en technique routière, régit l'ensemble de la chaîne depuis les contrôles réalisés par le producteur jusqu'à ceux réalisés par l'utilisateur, en passant par le transformateur. La traçabilité est à la base de cette utilisation.

EJL a mis au point depuis plus de 6 ans un processus de traitement sur des centres dédiés (CTVM)

de France des sous-produits

Jean-Pierre Lemesle



**DIRECTEUR
DE L'ENVIRONNEMENT**
Jean Lefebvre

destiné à une valorisation optimale des matériaux en assises de chaussées, lui permettant de se distinguer de ses concurrents. Les brevets SCORCIM (traitement aux liants hydrauliques) et SCORMOUSSE (traitement aux liants hydrocarbonés) ont permis d'augmenter la part de MIOM valorisables et d'accéder ainsi à un marché plus important.

Il existe un classement des MIOM dans le guide technique des remblais, mais il n'existe aucune norme sur l'utilisation en assises routières. E.J.L. s'est donc créée un référentiel afin d'assurer une utilisation optimale de ces matériaux.

Au-delà du respect de la circulaire de 1994, E.J.L. a réalisé des chantiers expérimentaux afin de suivre dans le temps les relargages d'éventuels polluants. Des publications à ce sujet mettent en exergue la qualité environnementale des produits E.J.L.

Le gisement n'est pas très important, en légère diminution par la mise en place de tris sélectifs en amont, mais est disponible à proximité des centres de production et des lieux d'utilisation évitant ainsi des trafics importants de camions.

Les matériaux de démolition d'ouvrages autres que chaussées

Seuls sont pris en compte les bétons provenant de la démolition d'ouvrages d'art, de structures de bâtiments en béton exempts de plâtre, bois, plastiques et de petits ouvrages.

Les gisements sont disponibles dans les grandes agglomérations et font l'objet d'un traitement particulier (criblage, concassage, séparation d'éléments indésirables) sur des installations fixes ou mobiles. Les matériaux issus de ce traitement sont utilisés dans la construction d'assises routières avec ou sans traitement aux liants.

La norme sur les granulats obtenus à partir de bétons de démolition permet de les caractériser séparément des matériaux naturels. La législation considère ces matériaux comme inertes vis-à-vis de l'environnement, la présence de sulfates n'étant qu'un frein technique à leur utilisation.

Les sables de fonderie

Ce sont des sables de Fontainebleau qui ont servi au moulage de pièces de fonderie et qui souillés ne peuvent pas y être réutilisés. Le gisement est relativement peu important, très disséminé sur le territoire et contient des phénols. Selon le taux de phénol, les sables seront utilisables en remblais ou traités aux liants hydrauliques.



**Installation
de concassage
de béton de Gonesse**

**Installation of a concrete
crushing system
in Gonesse**

Les plastiques

Ce sont surtout des PVC et des PE, mais l'utilisation en techniques routières reste marginale. Des compressions de PVC permettent de réaliser des remblais allégés sur des zones de faible portance, de confectionner des éléments pour la réalisation de murs antibruit et de réaliser des fibres qui, incorporées lors de la construction d'un remblai, lui donne une meilleure tenue. Des granulats de PE incorporés dans les liants routiers augmentent les performances de ceux-ci.

Les pneumatiques

Le gisement existant, réparti sur tout le territoire national, est constamment renouvelé et présente très souvent une atteinte au paysage. L'utilisation dans l'industrie routière se fait suivant trois orientations :

- ◆ incorporation des pneus dans le corps d'un remblai afin de le renforcer ;
- ◆ broyage des pneus sous forme de granulats incorporés dans la fabrication d'enrobés routiers (atténuation du bruit de roulement) et dans la fabrication de sols sportifs et d'aires de jeux pour enfants ;
- ◆ broyage des pneus sous forme de poudre incorporée aux bitumes afin d'en améliorer les performances.

Mais les consommations restent encore très faibles, et rencontrent souvent des obstacles écologiques (remblais avec pneus) qui nécessitent des adaptations particulières des supports.

Les boues de stations d'épuration des eaux résiduaires

L'épandage agricole des boues de STEP est aujourd'hui le principal exutoire de ces déchets, mais il est fortement contesté et des solutions de remplacement existent au travers de l'incinération. Cel-



Déchets de béton de démolition du BTP

**Demolition concrete from the building and
public works sector**

**Rebuts
d'enrobés
Asphalt waste**



**Régénération
de la couche de roulement
en place
Regeneration
of wearing course in place**



► le-ci peut-être commune avec les ordures ménagères – et on les retrouve alors dans les MIOM –, ou être dédiée aux seules boues, produisant des mâchefers dont l'utilisation routière est envisagée. Les gisements sont importants, renouvelables et situés à proximité des zones d'utilisation diminuant donc les distances de transport. Cette technique, en pleine mise au point, est promise à un bel avenir.

■ LES SOUS-PRODUITS DE L'INDUSTRIE ROUTIÈRE

Les déblais excédentaires

Certains projets routiers ne permettent pas d'équilibrer les déblais et les remblais, et la mise en stock des excédents s'avère la solution proposée par les maîtres d'ouvrage.

D'autres solutions sont envisageables et à adapter à chaque situation :

- ◆ valorisation dans la création de buttes paysa-

gères sur d'autres sites, si le terrain est meuble ;
◆ valorisation en réaménagement de carrières dans le cadre des plans prévus dans les arrêtés d'exploitation ;

◆ valorisation par concassage et/ou criblage des matériaux et réutilisation sur le site ou sur d'autres sites, lorsque le terrain est rocheux ;

◆ utilisation sur le site par traitement du sol en place pour améliorer la performance de la plate-forme support des chaussées et en diminuer l'épaisseur, ou pour réaliser une couche de forme ou une couche de fondation. Le traitement se fait en général par apport de chaux, de ciment ou de liants routiers spécifiques, avec un ensemble de matériels adaptés (malaxeur, épandeur...).

Les déblais excédentaires peuvent provenir des travaux d'assainissement et être valorisés dans le cadre de centres de tri associés à un stockage de déchets inertes.

La valorisation des corps de chaussée

La démolition d'une chaussée et sa reconstruction peuvent être envisagées de différentes façons afin de réduire le volume des matériaux à mettre en décharge.

Le recyclage en place du corps de chaussée

Lorsqu'il est nécessaire d'enlever la totalité du corps de chaussée et d'y substituer des nouveaux matériaux, un matériel spécifique permet en une seule passe de fraiser sur environ 0,30 m les couches successives (enrobés, graves traitées aux différents liants et graves naturelles), de les transformer en un matériau O/D, de les mélanger avec des liants hydrauliques et/ou bitumineux et de les remettre en place avant de recevoir le compactage nécessaire à leur bonne tenue. Cette technique très écologique permet d'économiser des matériaux nobles, d'éviter la mise en décharge et surtout de réduire le transport, source importante de pollution et de gêne aux riverains. Elle n'est applicable que pour les chaussées "souples".

Le recyclage en place des enrobés de surface

Lorsque la structure de la chaussée est suffisante pour supporter le trafic et que seule l'usure de surface de la couche de roulement est en cause, un matériel spécifique permet de préchauffer le revêtement sur une profondeur variable, de le décohesionner, de le malaxer en y ajoutant éventuellement des gravillons chauds, des liants de régénération, des enrobés neufs et de le remettre en place avant compactage. Cette technique à chaud présente un inconvénient vis-à-vis de l'environnement par la production d'une pollution lors du chauffage du revêtement, c'est pourquoi une autre solution à froid vient s'y substituer.

Le fraisage des enrobés

Cette technique qui n'est plus réalisée qu'à froid à l'aide de machines puissantes permettant d'aller jusqu'à 0,30 m de profondeur produit un matériau de granulométrie légèrement plus faible que le matériau en place et dont l'usage est double :

- ◆ réincorporation à des taux variables pour la fabrication d'enrobés neufs en centrale de production ;
- ◆ utilisation dans la constitution de couches de fondation ou de base en substitution d'autres matériaux.

La démolition sans tri et l'envoi en centres de tri

Le mélange des différentes couches de la chaussée issu de chantiers où le tri n'était pas possible est envoyé vers des centres de collecte plus ou moins sophistiqués :

- ◆ non équipés pour faire du tri mais seulement pour concasser l'ensemble des matériaux composant le corps de chaussée et obtiennent un matériau "tout venant" destiné à la confection de couches de fondation ;
- ◆ équipés pour faire le tri entre les différents constituants : enrobés, matériaux traités aux liants hydrauliques, graves, bétons. Le concassage est donc réalisé par produit et la valorisation est alors optimale :
- enrobés concassés sous forme de granulats et réintroduits dans la fabrication d'enrobés neufs,
- granulats issus du concassage des graves traitées aux liants hydrauliques ou des bétons, destinés à la réalisation de nouvelles graves traitées.

La déconstruction et l'envoi en centre de tri

Cette démarche est identique à la précédente mais ici le tri est effectué sur le chantier. Des chantiers tests ont été réalisés qui ont permis de montrer l'intérêt financier et environnemental d'une telle démarche.

La valorisation des rebuts de fabrication

La fabrication des différents produits routiers génère quelques rebuts (environ 2 % de la production) qui sont dans la majorité des cas valorisés :

- ◆ dans les centrales d'enrobage : la technologie des centrales entraîne au démarrage de chaque fabrication des rebuts de granulats (appelés "blancs") et des rebuts de granulats mélangés avec du bitume (appelés "gris"). Les blancs sont en général recyclés dans une nouvelle fabrication d'enrobés, les gris sont envoyés vers les centres de tri dédiés, concassés, criblés et utilisés comme matériaux pour couche de fondation ;
- ◆ dans les carrières : les matériaux provenant de l'exploitation de la carrière et non aptes à répondre aux qualités requises : stériles, scalpage sont en



Un centre de tri des déchets de chantier du TRAM de Montpellier

Waste sorting centre of TRAM at Montpellier

général valorisés sur le site pour réaliser des merlons protecteurs pendant l'exploitation et sont ensuite utilisés pour le réaménagement du site en fin d'exploitation. Lorsqu'il y a des excédents ils sont utilisés comme matériaux de remblais.

LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT APPLIQUÉS AUX DÉCHETS

Un des objectifs de la gestion des déchets est d'en diminuer la quantité produite. Il est donc nécessaire dans la R & D d'introduire la notion de cycle de vie et en particulier :

- ◆ trouver des produits consommant moins de matières premières à performance égale et produisant donc moins de déchets en fin de vie. En techniques routières on peut citer les enrobés minces, ultra-minces, à haut module, etc. ;
- ◆ trouver des produits consommant comme matières premières des matériaux issus du recyclage et ayant des performances comparables aux produits fabriqués avec des matériaux dits nobles. En techniques routières on peut citer les graves traitées aux liants (ciment, mousse de bitume, émulsion de bitume) avec des granulats issus du concassage des bétons de démolition, des croûtes d'enrobés, des MIOM. Les ECF (enrobés coulés à froid) avec des granulats issus du concassage des enrobés usagés.

La R & D peut travailler en collaboration avec les industriels producteurs de déchets valorisables en



Traitement en place à l'émulsion d'un corps de chaussée

In-place emulsion treatment of a pavement foundation



techniques routières afin d'améliorer leur processus de fabrication et de produire des déchets mieux adaptés au recyclage. On peut citer, entre autres, le cas des UIOM (usine d'incinération d'ordures ménagères) et le cas des aciéries.

■ LES FREINS À L'UTILISATION DES PRODUITS RECYCLÉS DANS L'INDUSTRIE ROUTIÈRE

Outre les freins psychologiques liés à la notion de déchets, on peut citer :

- ◆ les freins dus à l'absence de normes propres aux matériaux recyclés. Sauf exception l'utilisation de ces matériaux se fait sur la base d'un comparatif avec des matériaux dits nobles. L'établissement de normes adaptées permettrait de clarifier leur domaine d'emploi ;

- ◆ les freins dus à l'existence de décharges sauvages. Bien qu'interdites ces décharges acceptent le stockage de matériaux inertes à des coûts très faibles rendant les coûts de valorisation prohibitifs. La fermeture rapide de ces décharges, l'évolution de la réglementation sur les centres de stockage de classe III, la mise en place de plans départementaux de gestion des déchets du BTP et l'application en 2002 de la loi sur les déchets ultimes, devraient permettre de lever rapidement ces freins ;
- ◆ les freins dus au manque de précision du code des marchés publics. L'obligation pour les maîtres d'ouvrage de fournir une analyse environnementale de l'ouvrage avec un volet sur la gestion des déchets produits par celui-ci permettrait d'identifier clairement les obligations respectives des producteurs et des détenteurs de ces déchets et d'intégrer dans le coût de l'ouvrage celui de la valorisation de ces déchets ;

- ◆ les freins dus à un manque de volonté d'imposer l'utilisation de ces matériaux recyclés. Le code des marchés pourrait inclure une obligation d'utilisation d'un certain pourcentage de matériaux recyclés ou accepter comme critère de choix de l'adjudicataire un critère environnemental justifiant éventuellement un surcoût ;

- ◆ les freins dus à un manque d'infrastructures de production de ce type de matériaux. Ils sont la conséquence des freins précédents mais devraient rapidement disparaître avec la mise en place des plans départementaux de gestion des déchets du BTP. L'exemple de certaines régions pilotes permet d'être optimiste (Alsace, Franche-Comté).

ABSTRACT

The road : France's biggest quarry Recycling and use of bi-products in the road industry

J.-P. Lemesle

The road industry consumes more than 50 % of the country's production of aggregates (380 million tonnes). It produces 100 million tonnes of by-products and manufacturing rejects that require disposal other than by definitive stockpiling.

Taking these two phenomena into account, long before the notion of sustainable development became a policy guideline, led the road industry to the reuse, enhancement and recycling of its by-products and those of other industries.

With the successful processing of by-products, the author explains that efforts must be made to institute a policy to promote the use of products coming from this chain, allowing a certain number of impediments to be lifted : terminology, utilisation standards, "lowest/best bidder", excessive quality standards, variants disallowed in calls for tenders, and so on, while progressing scientifically. Accordingly, Jean Lefebvre (EJL) has been developing recycling techniques for over 35 years, yielding materials that replace non-renewable resources.

RESUMEN ESPAÑOL

La carretera : la mayor cantera de Francia Reciclado y valorización de los subproductos en la industria viaria

J.-P. Lemesle

La industria viaria consume más de un 50 % de la producción nacional de áridos (380 millones de toneladas). Produce 100 millones de toneladas de subproductos y desechos de fabricación, que precisan otro destino distinto del almacenamiento definitivo.

La necesidad de tener en cuenta estos dos fenómenos, y mucho antes que la noción de desarrollo sostenible pasase a ser la línea directriz de una política, ha conducido a la industria viaria a reutilizar, valorizar y reciclar sus propios subproductos y aquellos procedentes

de otras industrias. Una vez demostrada la eficacia de las técnicas de procesamiento de los subproductos, el autor piensa que es preciso poner en aplicación una política resuelta de utilización de los productos procedentes de esta cadena, capaz de permitir eliminar cierto número de frenos : terminología, normas de utilización, atribución al mejor postor, supercalidad, variantes prohibidas en las licitaciones, etc. y todo ello progresando siempre de manera científica.

Situándose en esta lógica, Jean Lefebvre (EJL) labora ya, desde hace más de 35 años, para el desarrollo de técnicas de reciclado para producir materiales que vengan a sustituir aquellos derivados de la explotación de recursos no renovables.

Le cycle des déchets dans la maintenance industrielle

Christelle Racinoux
INGÉNIEUR CONTRAT
ENVIRONNEMENT
Delattre-Levivier Guyane

Jean-Claude Brochard
RESPONSABLE QUALITÉ-PRÉVENTION
ET ENVIRONNEMENT
Groupe Delattre-Levivier

Le processus de génération des déchets industriels découle de l'activité normale de l'entreprise.

Delattre-Levivier leader français de la maintenance industrielle propose dans cet article ses solutions pour améliorer la gestion des déchets : tri à la source, gestion globale, recherche des meilleurs filières de traitement, sensibilisation du personnel, etc.

■ GÉNÉRATION DES DÉCHETS

Comme la plupart des activités industrielles, les travaux de maintenance génèrent des déchets. Ils sont constitués essentiellement de déchets industriels banals (DIB) et spéciaux (DIS).

Les déchets banals ne présentent pas de caractère de danger particulier vis-à-vis des personnes et de l'environnement et peuvent être éliminés dans les mêmes conditions que les ordures ménagères. Quel que soit le secteur d'activité dans lequel est exercé la maintenance (électromécanique, mécanique automobile, électricité, électronique, climatisation, etc.), l'activité de maintenance produit ses propres déchets banals : documents papier traceurs, déchets d'emballage non souillés, caoutchouc, tenues de travail, pièces de rechange métalliques ou composites...

Les déchets spéciaux, quant à eux, présentent des risques pour la santé ou l'environnement. Ils contiennent des éléments polluants spécifiques de l'activité industrielle génératrice en concentration plus ou moins importante. Ainsi on trouvera dans la maintenance automobile des filtres à carburant, à huiles, des batteries et des aérosols. Divercement, la maintenance électrique ou climatique produit des tubes fluorescents, des lampes à mercure, des piles, des accumulateurs. En revanche, on trouvera indifféremment dans ces deux secteurs les produits d'entretien courants, des huiles ou des chiffons souillés. Les opérations à la source de la production de déchets sont de natures diverses. Ce sont les opérations d'installation, de modification, de désinstallation d'équipements, le changement de pièces (correctif ou préventif) ou encore l'entretien (vidange, nettoyage, graissage).

■ GESTION GLOBALE

La gestion des déchets fait partie intégrante des nouvelles données économiques, techniques et légales de ces dernières années. Aujourd'hui, la mise



Tri et collecte des tubes fluorescents
Sorting and collection of fluorescent tubes

en application de la législation se renforce, les taxes augmentent et les coûts pratiqués par les industriels de l'environnement sont revus à la hausse. Il est évident que la solution optimale passe par le tri à la source au travers de tris simplifiés réduits, mais aussi par une gestion globale des déchets du berceau à la tombe et par la recherche des meilleures filières de traitement.

D'une façon générale, chaque unité de maintenance, sur le terrain dont il dispose, organise le stockage provisoire des déchets inhérents à son activité en associant par exemple un contenant pour chaque type de déchets. Une autre action à mener consiste à aménager de petits espaces réservés, identifiés par nature, sur le lieu même des zones à maintenir (principe de proximité).

La gestion globale de nos déchets nous aide à garantir la traçabilité des différentes opérations réalisées sur les déchets, de leur site de production jusqu'à leur élimination dans une structure spécialisée. Cette traçabilité est assurée grâce à une gestion rigoureuse de l'ensemble des flux de déchets et des zones de stockage provisoires.

Dans ce cadre, Delattre-Levivier met en place un dispositif de collecte et d'élimination. Le recyclage

**Exemple de tri à la source.
Contrat de maintenance
sur site**

**Example of sorting
at the source.
Site maintenance
contract**



**Exemple de tri à la source.
Contrat de maintenance
entretien de véhicules**

**Example of sorting
at the source. Vehicle
maintenance contract**



► et la valorisation s'en trouvent, de ce fait, facilités. Les tubes fluorescents et les lampes à mercure sont collectés, stockés provisoirement puis transportés vers un centre de traitement agréé. Ils sont broyés et séparés par tamisage selon le type de produit à recycler (verre, poudres thermoluminescentes, embouts). Les poudres de verre subissent alors, séparément, un traitement de démercuration. Après traitement, les composants sont renvoyés vers des filières de revalorisation. Les piles sont broyées pour permettre le décorticage et la récupération de l'enveloppe acier et des joints plastiques. Les piles mercure sont traitées thermiquement pour permettre l'évaporation puis la condensation du mercure métallique. Le zinc est récupéré sous forme de poudre puis recyclé. Les résidus des piles salines et alcalines sont traités par voie humide pour séparer le manganèse du zinc. Un séchage permet la récupération des deux métaux. Les joints seuls sont évacués vers un incinérateur et les autres métaux sont récupérés et recyclés. Les batteries au plomb usagées après sé-

paration des différents composants seront recyclées (plomb, plastique). L'acide pouvant être contenu dans les batteries est capté et neutralisé. Les solvants et les huiles sont régénérés ou incinérés selon le taux d'impuretés. Ces quelques exemples montrent qu'à chaque déchet existe des solutions de traitement simples permettant de limiter l'impact sur l'environnement.

■ SENSIBILISATION DU PERSONNEL

Le comportement du personnel de l'entreprise est déterminant dans l'amélioration de la gestion des déchets. C'est au cœur des équipes que de nombreuses actions sont ciblées. La motivation du personnel sera d'autant plus importante que celui-ci sera sensibilisé aux enjeux environnementaux, à la mise en place des procédures et au coût des déchets.

■ ENGAGEMENTS

La gestion des déchets se traduit souvent par des coûts de traitement élevés (transport, traitement physico-chimique, incinération...) qui doivent être pris en compte dans le coût de maintenance d'un équipement industriel.

De ce fait, afin d'optimiser les coûts de maintenance, Delattre-Levivier recherche à favoriser la reprise des produits par ses fournisseurs, mais aussi à substituer aux produits dangereux, des produits moins dangereux pour la sécurité, la santé des travailleurs et pour l'environnement.

Evidemment, les meilleurs déchets sont ceux que l'on ne produit pas et il faut s'attacher à réduire les déchets à la source.

Dans les systèmes de production, on évoque souvent l'application de technologies propres. Ces technologies sont encore difficiles à appliquer. La maintenance industrielle peut difficilement faire l'objet de cette approche, puisqu'elle s'attache soit à conserver dans un état donné un équipement, soit à lui restituer des caractères de fonctionnement spécifiques.

Les équipements appartiennent à nos clients, le choix technologique n'est pas remis en cause.

Cependant, le suivi de nos déchets permet d'engager des études afin de réduire les quantités, d'en permettre la valorisation ou le recyclage. Cette démarche s'inscrit dans une logique économique à long terme et témoigne d'une maintenance optimisée.

Réduire la production de déchets, c'est adapter et ajuster les plans de maintenance, gérer au mieux les commandes, les stocks de pièces détachées et de consommables.

Aussi, à partir des paramètres de l'analyse d'un

équipement ou d'un système (comme le coût, la fiabilité, la disponibilité, la réduction de l'impact sur l'environnement, la limitation des déchets...), Delattre-Levivier peut mettre en place un plan de maintenance adapté et optimisé.

Lorsque la maintenance est la continuité de notre métier de concepteur et constructeur, l'analyse de nos déchets va permettre de proposer des améliorations à tous les stades de l'activité : étude de nouvelles installations permettant d'éviter l'apparition de déchets, choix des installations et de leur mode de maintenance (préventive), proposition de modifications d'installations existantes permettant à nos partenaires de faire un choix argumenté.

Le choix d'une solution de maintenance, c'est concilier fiabilité et disponibilité des installations, moindre coût et sauvegarde de l'environnement.

ABSTRACT

The waste cycle in industrial maintenance

Ch. Racinoux, J.-Cl. Brochard

The industrial waste generation process results from the normal activity of a company. This article describes the waste management improvement solutions proposed by Delattre-Levivier, France's leading industrial maintenance firm : sorting at the source, global management, search for better means of treatment, personnel information and awareness, etc.

RESUMEN ESPAÑOL

El ciclo de los residuos en el mantenimiento industrial

Ch. Racinoux y J.-Cl. Brochard

El proceso de generación de los residuos industriales se deriva de la actividad normal de la empresa. Delattre-Levivier, líder francés del mantenimiento industrial, propone en este artículo diversas soluciones para mejorar la gestión de los residuos : clasificación inicial, gestión global, investigación de los mejores sistemas de tratamiento, sensibilización del personal, etc.

Le recyclage : une

Lingenheld, une PME familiale du BTP, bien implantée sur l'Alsace et la Lorraine a développé depuis une dizaine d'années une filiale Environnement dont l'activité principale est le recyclage des matériaux de démolition. Or depuis deux années, elle a diversifiée ses activités dans d'autres domaines comme le traitement des mâchefers ou le compostage des boues de station d'épuration, pratique encore peu développée en France. Un nouveau projet en cours – la création d'une plate-forme relais de déblais de tranchées – devrait apporter une réponse supplémentaire à l'interdiction de mise en décharge en 2002.

La France accuse un retard notable sur des pays tels que les Etats-Unis ou l'Allemagne dans le domaine du recyclage des matériaux de démolition. De fait le gisement des matériaux de démolition est encore largement sous-exploité. La France est à la tête d'un potentiel de l'ordre de 20 à 30 millions de tonnes par an, alors que la production nationale de matériaux recyclés ne dépasse guère 8 millions, soit à peine 3 % du marché total des granulats en France! Parmi les raisons de ce faible impact, figure l'attitude frileuse des donneurs d'ordre – à commencer par les collectivités locales – dont beaucoup considèrent encore les granulats de recyclage comme des matériaux de second ordre. Le prix bas des granulats natu-

telligent des chaussées ou des bâtiments permet d'effectuer un tri sélectif selon la nature des matériaux. Après transformation, certains d'entre eux peuvent être réutilisés sans difficulté dans les structures routières ou de génie civil.

Le recyclage des matériaux de démolition ne produit pas de granulats "d'occasion". Bien au contraire, ils présentent des caractéristiques techniques intéressantes grâce à la présence de liant qui facilite leur seconde mise en œuvre. Ils sont par ailleurs strictement contrôlés et analysés pendant tout le cycle de transformation.

■ LES ENTREPRISES DE TP VALORISATRICES ET UTILISATRICES DE NOUVEAUX PRODUITS

Exemples de chantiers pilotes

Les anciens abattoirs de Strasbourg

Les anciens abattoirs de Strasbourg vont être prochainement remplacés par un magasin IKEA. Sur ce chantier pilote, maître d'ouvrage et maître d'œuvre ont décidé de réutiliser la quasi totalité des matériaux de démolition. Ce sont ainsi plus de 70 000 t de matériaux qui sont concassés et valorisés sur site par Lingenheld qui possède un concasseur mobile Kleemann Reiner d'une capacité de 200 t/h (photo 1).

Un concept qui économisera 4 000 trajets en camion en direction des décharges et autant en provenance des gravières.

La voie rapide du Piémont des Vosges

Il s'agit là d'un nouveau chantier de valorisation où l'entreprise mosellane est intervenue en tant que mandataire d'un groupement de PME (marché de 80 millions de francs) (photo 2). Cette fois ce sont plus de 1,7 km d'autoroute en béton 2 x 2 voies qui sont démolis à l'aide d'une guillotine qui fragmente le béton sur une épaisseur de 42 cm. Ce dernier est aussitôt déblayé pour être concassé à proximité. Ainsi ce sont plus de 35 000 t qui sont réutilisées dans les premières couches de terrassement.

La RD 993 à Turquestein (Moselle)

Sur ce chantier innovant dans le domaine environnemental les opérations suivantes ont été effectuées :

◆ 40 000 t de grès ont été concassées puis mises

Photo 1

Atelier de concassage mobile (Kleemann Reiner)

Mobile crushing plant (Kleemann Reiner)



rels est également un frein à l'utilisation des recyclés, car facilement extractibles et abondants dans certaines régions notamment en Alsace. Les deux départements du Rhin traitent grosso modo 2 millions de tonnes de recyclés sur les 8 millions qui sont chaque année recyclés dans l'hexagone.

Un exemple récent est l'extension du tramway de Strasbourg qui va générer quelque 500 000 t de matériaux de démolition. C'est autant de granulats économisés et c'est autant de déchets qui ne seront pas mis en décharge. La ville de Strasbourg est certainement la première collectivité alsacienne à utiliser des matériaux recyclés, tandis que l'Etat, pour l'instant, se tient un peu en retrait.

■ DÉCONSTRUCTION SÉLECTIVE

A l'instar du recyclage des voitures, la récupération des matériaux de démolition doit respecter une certaine méthodologie afin d'assurer aux produits transformés les caractéristiques géotechniques nécessaires à leur réutilisation. Le démontage in-

question de volonté

en œuvre en couche de forme afin d'élargir la chaussée;

◆ 48 000 m² de l'ancienne chaussée ont été traités *in situ* à l'arc 3 et ont ainsi servi de support à la nouvelle chaussée plus large, et plus résistante au trafic des poids lourds.

Ces travaux ont ainsi permis de désenclaver une vallée vosgienne.

■ LE RECYCLAGE DES MATÉRIAUX DE DÉMOLITION

Créé voici 10 ans, Lingenheld Environnement possède à ce jour quatre sites d'exploitation :

◆ le premier, le plus important, est situé à l'ouest de Strasbourg. Il est équipé d'un groupe de concassage fixe et d'une centrale à graves (photo 3). La production annuelle de ce site approche les 150 000 t/an;

◆ les trois autres sites sont implantés à Colmar, Sarrebourg et Metz et leur production annuelle avoisine les 120 000 t/an.

Ils consistent en des lieux de collecte de matériaux de démolition sur lesquels sont effectués des campagnes de concassage grâce à son concasseur mobile Kleemann Reiner.

La matière première pour le recyclage provient essentiellement de chantier de démolition des secteurs du bâtiment et des travaux publics. Les matériaux récoltés sont principalement du béton, enrobés, pierres, briques, tuiles, gravier et granulats naturels. Ces "déchets" de chantier se présentent généralement en mélange et nécessitent un tri qualitatif soit sur site, soit à leur arrivée dans le centre de traitement.

Dans les matériaux de démolition de bâtiment on retrouve toujours en quantité plus ou moins importante des matières comme le bois, le plastique, la ferraille, les isolants, le plâtre. Ces matières n'étant pas stables sous l'action du temps et des intempéries, elles ne sont pas incorporés dans la fabrication d'un granulat recyclé. Un droit de décharge est alors demandé pour ce type de matériaux.

La proportion du mélange retenu pour le concassage est de 60 % de béton pour 40 % d'enrobés. Les matériaux obtenus en fin d'opération peuvent être de cinq types :

◆ scalpage 0/15 utilisé en enrobage et remblai d'assainissement;

◆ recyclé béton enrobé 0/20 utilisé en couche de base;



Photo 3
Centre de recyclage
Recycling centre

◆ recyclé tout venant 0/60 utilisé en couche de forme;

◆ recyclé drainant 15/60 utilisé en tranchée drainante;

◆ recyclé tout venant 0/100 utilisé en remblai ou chemin d'exploitation.

Grâce à la centrale de traitement qui permet de rajouter des liants hydrauliques, les granulats recyclés peuvent être utilisés comme matériaux de base pour la fabrication de grave tranchée, de grave ciment et de grave émulsion à des dosages précis. La grave tranchée, faiblement dosée en liant hydraulique et utilisée en tranchées d'assainissement, présente l'énorme avantage d'être autostable (elle se met en place sans compactage) tout en restant "ré-excavable" à la pioche. Cette grave tranchée pourra combler les vides occasionnés par un manque d'accessibilité lors d'un compactage difficile.

■ LE TRAITEMENT DES MÂCHEFERS

Origine des mâchefers

Lingenheld Environnement a pris en charge depuis le 1^{er} mars 1997 et pour 5 ans l'élimination des mâchefers provenant du Syndicat intercommunal pour le traitement des déchets de Colmar et des environs (SITDCE du Haut-Rhin).

Ces mâchefers de granulométrie 0/40 sont criblés – déferrailés – séparés des non ferreux au sein même de l'usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) de Colmar. Chaque année 17 000 t de mâchefers "V", c'est-à-dire valorisables sans traitement quelconque et sans période de maturation, sont récupérés. La capacité de stockage de la plate-forme est de 30 000 t, ce qui représente



Photo 2
Chantier de la voie rapide
du Piémont des Vosges
avec guillotine en action

*Expressway of the Vosges
Piémont with guillotine
in action*

Photo 4
Plate-forme de traitement
des mâchefers
Clinker processing platform



Photo 5
Plate-forme
de compostage
Composting platform



▶ pratiquement deux années de production (photo 4). A leur arrivée les mâchefers sont déchargés et stockés par lots mensuels. Une analyse les classifie dans l'une des trois catégories définies par la circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement, à savoir :

"V" valorisables directement ;

"M" intermédiaires, valorisables après maturation ;

"S" stockables.

Traçabilité

Chaque entrée ou sortie des mâchefers fait l'objet d'un suivi très rigoureux : une fiche journalière d'entrée ou de sortie est remplie. Elle comporte l'identification du producteur, du transporteur, du valorisateur, du destinataire et des quantités de mâchefers transportées.

Traitement complémentaire

En complément de la maturation par stockage, Lingenheld Environnement s'engage à traiter tous les mâchefers par incorporation d'un liant hydraulique (ciment CPJ 45). La structure ainsi solidifiée permet de réduire les risques d'entraînement des polluants par les eaux.

Domaines d'emplois et références d'utilisation

Les domaines d'emploi des mâchefers issus de l'entreprise sont conformes à la circulaire ministérielle

du 9 mai 1994. On notera les chantiers suivants :

◆ 1986 - Ouvrage d'art n° 8 contournement Est : 100 000 t ;

◆ 1987 - RD 30 Brumath : 8 000 t ;

◆ 1997 - Centre équestre à Fessenheim : 3 000 t ;

◆ 1998 - Centre de valorisation Lingenheld Environnement : 25 000 t.

De futures utilisations sont actuellement négociées avec plusieurs responsables techniques de la région (photo 4).

■ LE COMPOSTAGE DES BOUES DE STATION D'ÉPURATION

Pourquoi composter ?

Les exploitants de station d'épuration sont, avec l'application de la nouvelle réglementation européenne, entièrement responsables de l'élimination des boues. A partir de 2002, la mise en décharge sera interdite. Qu'en faire alors ? Deux méthodes de valorisation sont désormais envisageables : l'épandage et le compostage.

L'épandage qui représente 60 % de l'élimination des boues a montré ses limites : participation à la pollution des nappes phréatiques, risque de contamination du bétail, danger des métaux lourds non stabilisés et germes pathogènes... L'arrêt du 8 janvier 1998 a fixé des conditions contraignantes et limitatives à cet épandage.

Le compostage, méthode ancestrale, est un procédé biologique contrôlé de conversion et de valorisation de sous-produits organiques en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau et riche en composés humiques.

Le compostage : un procédé biologique

Après une année de fonctionnement la plate-forme Lingenheld de 17 millions d'investissement initial, a déjà accueilli plus de 20 000 t de boues qui ont été transformées en compost. Sa capacité de 30 000 t sur 5 ha en fait l'unité la plus importante de France à ce jour (photo 5).

Le principe de compostage consiste à mélanger, à l'aide d'un chargeur, 1 m³ de boue et 2 m³ d'écorces. Ce mélange est mis sur un tas de forme pyramidale appelé andain. Une deuxième couche d'écorces, faisant office de filtre, est mise en place par dessus l'andain pour arrêter une grande partie des odeurs. Débute alors la fermentation aérobie qui fait monter la température des andains autour de 70 °C.

Ces andains sont retournés une fois par semaine pendant deux mois. Puis la température descend sous les 40 °C, la plus grande partie des matières biodégradables est donc consommée. Cette pé-



Photo 6
Plate-forme engazonnée du tramway de Strasbourg :
60 % terre végétale - 40 % compost
Grass-planted platform of the Strasbourg tramway :
60 % topsoil, 40 % compost

riode appelée maturation lente dure deux à trois mois. Grâce aux écorces et à l'apport d'oxygène les boues se minéralisent pour donner du compost (photo 5).

Utilisation du compost

S'il est vrai que la réglementation actuelle sur la revalorisation du compost issu des boues de station d'épuration urbaines n'est à ce jour pas finalisée, il est peu probable qu'elle soit à l'avenir calquée sur celle de l'épandage agricole. A ce jour il n'existe aucune norme d'application obligatoire pour les composts de boues et l'arrêté du 8 janvier 1998 s'applique aux seuls épandages agricoles.

De larges débouchés s'offrent au compost : talus routiers et autoroutiers, chemin de fer et tramways, parcs et golfs, espaces verts...

Les deux premières utilisations du compost furent la ligne B du tramway de Strasbourg – 30 000 m³ sur 2 ans, (photo 6) – et le golf municipal de Sarreguemines : 10 000 m³ sur 6 mois.

Traçabilité du compost

Un prélèvement sur chaque livraison de boue est effectué et une analyse mensuelle permet d'en vérifier la qualité. Il n'y a jamais de mélange de boues d'origine différente. Après criblage, le compost est stocké par origine de production. Un document CERFA accompagne chaque sortie de compost identifiant le producteur, le transporteur le destinataire et les quantités livrées.

Lingenheld ouvrira prochainement une plate-forme de valorisation des matériaux inertes de tranchées. Ce sera une réponse supplémentaire à l'interdiction de mise en décharge en 2002.

ABSTRACT

Recycling : a matter of determination

G. Lingenheld

Lingenheld, a small family public works company, having a solid position in the Alsace and Lorraine region has, in the past decade, developed an Environment subsidiary whose main activity is the recycling of demolition materials. In the past two years, it has diversified its activities into other areas such as the processing of clinker or the composting of treatment station sludge, an activity still not used extensively in France.

A new project is underway – the creation of a trench cutting relay platform – and should provide an additional response to dumping prohibition provisions in 2002.

RESUMEN ESPAÑOL

El reciclado : un problema de voluntad

G. Lingenheld

Lingenheld, una PYME familiar de la edificación y obras públicas, perfectamente implantada en Alsacia y Lorena, viene desarrollando, desde hace unos diez años, una filial "Medioambiental" cuya actividad principal consiste en el reciclado de los materiales de derribo. Ahora bien, desde hace dos años, esta empresa ha diversificado sus actividades hacia otros sectores, como, por ejemplo, el tratamiento de escorias o la obtención de fertilizantes procedentes de lodos de estaciones depuradoras, práctica aún poco desarrollada en Francia.

Un nuevo proyecto en curso - la creación de una plataforma relé de residuos de zanjas - debería ser objeto de una respuesta suplementaria de la prohibición de transportar escombros a vertederos, aplicable a partir de 2002.

Barrières et confinements prometteur

Exemples d'application aux pollutions et solvants chlorés

La combinaison des procédés panneau-drain et de procédés de rétention comme l'Ecosol les résines ou les charbons actifs ou de traitement comme le procédé Keops permet de proposer le concept de barrière ou confinement actif, une solution originale et économique pour le traitement *in situ* des pollutions industrielles de nappe phréatique. Associée à une instrumentation du site, cette méthode permet d'isoler le site pollué de son environnement et de traiter en douceur et à coût réduit la pollution de la nappe.

La réhabilitation des sites pollués et leur traitement constitue un problème complexe où chaque cas est particulier. De nombreuses solutions sont proposées : confinement, traitement biologique, lavage, stabilisation, traitement électrochimique... La multiplicité des paramètres à prendre en compte fait qu'en effet, les solutions sont multiples mais en général peu reproductibles d'un site à l'autre.

Solétanche-Bachy a développé plusieurs techniques dans ce domaine et c'est l'association de deux d'entre elles qui permet de proposer un traitement original des sites pollués où la sauvegarde des ressources hydrauliques est cruciale et applicable

dans la plupart des cas de pollutions lourdes où il n'existe pas de procédé satisfaisant tant sur le plan environnemental qu'économique.

Il s'agit dans un premier temps des procédés panneau-drain et Ecosol dont l'association permet de proposer le concept de confinement actif ; par la suite, cette combinaison a été étendue à l'ensemble des procédés de fixation et de traitement de la pollution.

La recherche des compétences dans le domaine de la chimie des solvants chlorés a conduit Solétanche-Bachy à s'associer à Rhodia-ATE propriétaire de plusieurs brevets concernant la réduction catalytique des solvants halogénés ; la combinaison des deux techniques constitue le cœur du procédé Keops.

Figure 1
Schéma de principe d'un panneau-drain
Schematic diagram of a panel-drain

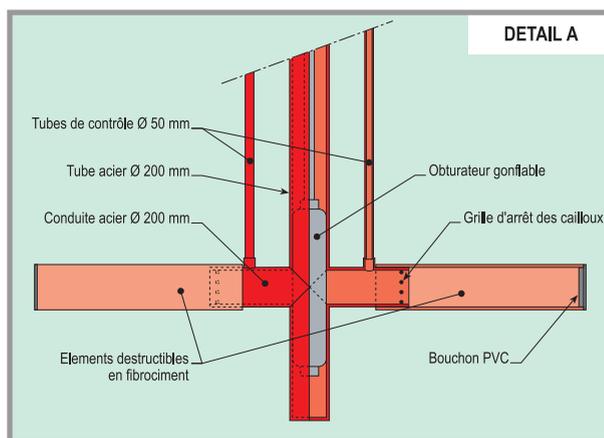


Figure 2
Coupe de principe de la barrière filtrante de Neuville-en-Ferrain
Schematic section of the filtering barrier of Neuville-en-Ferrain

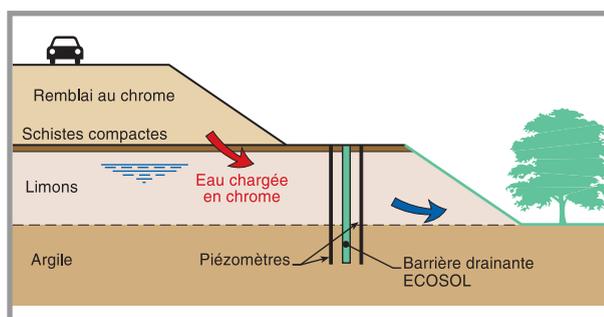


Photo 1
Aspect du produit traitant et vue de la barrière filtrante
Appearance of treatment product and view of filtering barrier



■ LES PROCÉDÉS PANNEAU-DRAIN ET LES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

Le procédé panneau-drain

A l'origine, il s'agit d'un procédé permettant de mettre en place deux éléments drainants séparés par un élément étanche.

Cette technique a été mise au point en France pour résoudre les nombreux problèmes posés par la réalisation de tranchées drainantes en amont des glissements de terrain afin d'intercepter les eaux souterraines motrices des glissements de terrain. Le principe de ce procédé repose sur la mise en place dans un élément de barrette de paroi au coulis d'un tuyau horizontal composé d'une partie métallique et à chaque extrémité d'une partie cassable, d'un diamètre de l'ordre de 200 mm ; cet élément est lié à un tube vertical (figure 1).

Au moment de la réalisation des parties drainantes latérales, la partie cassable est détruite et la communication entre les deux parties drainantes peut s'établir après enlèvement de l'obturateur placé dans le tube vertical.

Ce procédé a permis de réaliser dans des sites difficiles des éléments de paroi drainante reliés les uns aux autres par ces tubes assurant de la sorte une excellente communication hydraulique entre tous les éléments de la paroi.

Ce procédé breveté a remporté le Prix de l'innovation de la Fédération des Travaux Publics en 1997 et fonctionne sur deux sites près de Lyon et de Marseille où plus d'une centaine de panneaux-drains fonctionnent depuis environ deux ans.

actifs : un concept

par hydrocarbures lourds

Les principes de rétention

Plusieurs procédés permettent de piéger les polluants contenus dans les eaux polluées. Ce sont entre autres la précipitation, l'adsorption et l'échange ionique ; ils sont couramment utilisés pour le traitement des eaux.

La précipitation chimique permet de fixer les ions métalliques tels que le chrome sous forme d'hydroxyde ou de complexes insolubles selon les cas ; cette réaction se produit en milieu basique et les granules d'Ecosol à base de ciment sont particulièrement bien adaptés en créant cet environnement basique propice.

L'adsorption est un mécanisme physique basé sur les propriétés de certains matériaux poreux à fixer les molécules à leur surface. Les forces attractives ont diverses origines telles que forces de Van der Waals, etc.

Dans ce domaine, les propriétés des charbons actifs sont très largement utilisées pour retenir les molécules organiques notamment les nombreux dérivés d'hydrocarbures tels que les HAP.

L'échange d'ions est également employé pour fixer les anions dissous dans les eaux. Ce procédé fonctionne bien par exemple avec les cyanures. Une large gamme de métaux et d'autres polluants peuvent ainsi être fixés par des résines échangeuses d'ions. Un bel exemple d'utilisation des capacités de fixation de produits tels que l'Ecosol réside dans la barrière filtrante de l'autoroute A22 dans le Nord de la France où les capacités de rétention des granules d'Ecosol mis en place dans une tranchée drainante ont été mises à profit pour piéger le chrome 6 présent dans les eaux de la nappe. La tranchée est calculée pour piéger une quantité prédéterminée de chrome, soit dans le cas présent 15 kg/ml de barrière (5 m de profondeur). Le gradient de la nappe étant faible, la barrière commence à se saturer au bout de quatre ans de fonctionnement malgré les très importantes quantités de chrome dissoutes dans la nappe (jusqu'à 2 g/l). La figure 2 résume le principe de fonctionnement exposé précédemment. La photo 1 montre l'aspect du produit utilisé.

Le procédé Ecosol est protégé par brevet. Ce concept de barrière filtrante est en quelque sorte le précurseur des dispositifs décrits dans cet article.

Les procédés de destruction passive : la réduction catalytique des solvants chlorés

Les procédés de destruction passive sont encore peu répandus. Une application intéressante dé-

veloppée par Rhodia-ATE est la réduction catalytique des solvants chlorés.

La présence d'atomes de chlore rend en général les solvants chlorés très oxydants et par conséquent difficiles à dégrader par voie d'oxydation biologique ou chimique. Cependant, des recherches menées pendant les quinze dernières années ont montré que ces solvants chlorés sont facilement dégradés par la voie de la déchloration réductrice soit biologique soit chimique (Vogel et al. 1987). La déchloration réductrice est une réaction provoquée par les électrons associés aux métaux, avec ou sans complexe organique, au cours de laquelle un atome de chlore est remplacé par un hydrogène et est évacué sous la forme d'un ion chlorure. La déchloration réductrice peut se faire par exemple dans les nappes phréatiques anoxiques dont le pouvoir réducteur est suffisant. Il s'agit alors de l'atténuation naturelle des solvants chlorés, mais la vitesse de cette réaction en milieu naturel est souvent lente. Par ailleurs, la biodégradation anaérobie des solvants chlorés entraîne la production presque stœchiométrique des métabolites. Ces métabolites comprennent toutes les molécules de la même série mais avec un chlore de moins que la série précédente (figure 3). Dans le cas du trichloréthylène, ces métabolites sont le 1,2-dichloroéthylène, le chlorure de vinyle, l'éthylène et l'éthane. Par conséquent, la déchloration réductrice biologique ou l'atténuation naturelle peuvent conduire dans certains cas à la production de métabolites plus nocifs que la molécule de départ.

Au contraire des réactions biologiques, la déchloration réductrice réalisée sur la surface des métaux produit très peu de sous-produits chlorés. La cause de cette différence est sûrement liée à la réaction de surface, où plusieurs étapes peuvent avoir lieu avant que la molécule ne se détache de la surface. Les recherches se poursuivent sur les effets de surface, les différents métaux, les effets du milieu et les mécanismes de la réaction. Même s'il y a plusieurs hypothèses, la figure 4 montre trois types de mécanismes. La première est un transfert d'électrons direct entre le métal et la molécule chlorée, la source d'hydrogène étant l'eau. Le deuxième mécanisme est la production d'hydrogène moléculaire et la production de métal partiellement oxydé mais toujours capable de dégrader les solvants chlorés. Dans ce cas, le pouvoir réducteur du métal est malheureusement partagé entre la production d'hydrogène et la déchloration. Par contre, ces mécanismes peuvent être considérés comme plus réalistes car l'eau est tou-

Jean-Jacques Kachrillo
DIRECTEUR DÉPARTEMENT
ENVIRONNEMENT
Solétanche-Bachy

René Lagarde
INGÉNIEUR ENVIRONNEMENT
Charbonnages de France

Timothy Vogel
RESPONSABLE RECHERCHE
ET DÉVELOPPEMENT
Rhodia Eco Services-ATE

Pascal Roudier
DIRECTEUR SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
Rhodia Eco Services-ATE

Helmut Steiger
DIRECTEUR
Geotechnisches Institut Solothurn - CH

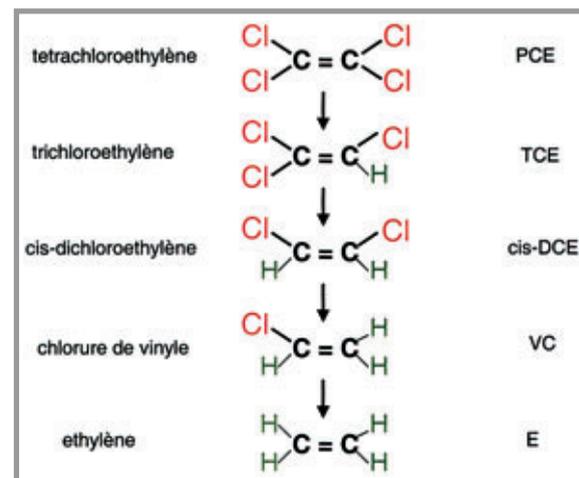


Figure 3
Dégradation naturelle
des solvants chlorés

*Natural degradation
of chlorinated solvents*

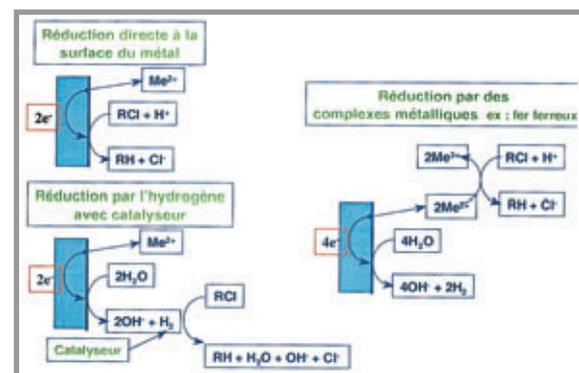


Figure 4
Mécanisme de déchloration
réductrice

*Dechlorination reduction
mechanism*

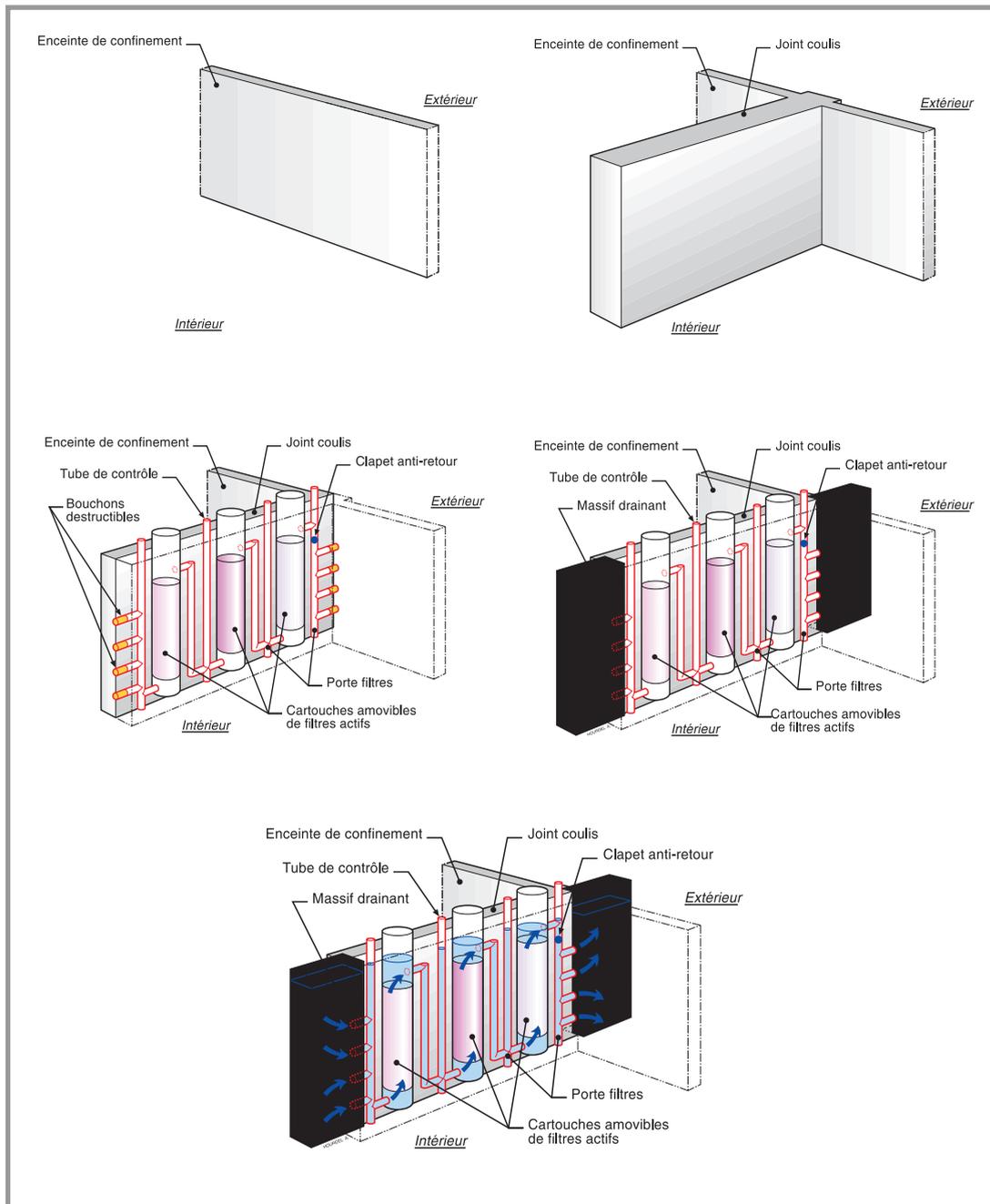
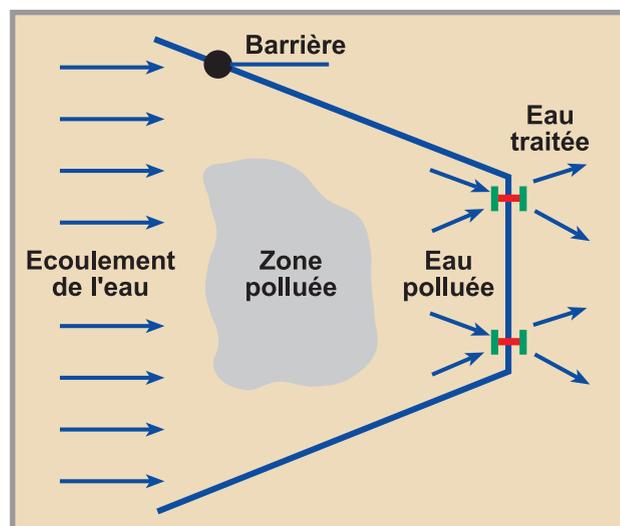


Figure 5
Principe de réalisation
d'une porte filtrante
selon le procédé breveté panneau-drain
*Principle of a filtering gate based
on the patented panel-drain process*

Figure 6
Plan de principe
d'une barrière active
*Schematic view
of an active barrier*



jours présente. Le troisième mécanisme n'est pas une véritable contrehypothèse parce qu'il y a ajout d'un catalyseur. Celui-ci permet d'utiliser l'hydrogène pour déchlorer et donc éviter la perte d'énergie sous forme d'hydrogène.

Les supports brevetés développés par Rhodia-ATE permettent de traiter en se basant sur ces principes l'ensemble des solvants halogénés et en particulier les plus fréquents d'entre eux, les chlorés.

■ LES BARRIÈRES ET CONFINEMENTS ACTIFS

Le panneau-drain et l'environnement

Le procédé panneau-drain permet de drainer les eaux souterraines vers un point de passage obligé dans un élément étanche. Par extension, il est facile d'imaginer que cet élément étanche fasse partie d'un écran de confinement. De même, il est possible d'installer des systèmes de filtres à l'intérieur des tubulures sans que le fonctionnement ni la mise en place du panneau-drain soit perturbé. Le tube vertical servant à la mise en place reste toujours accessible par le haut et on peut y installer les filtres de telle manière que ceux-ci puissent être démontés facilement et remplacés dès qu'ils sont saturés.

Enfin, on peut concevoir une unité de traitement similaire à la figure 5 où les cylindres verticaux constituent les réceptacles des filtres amovibles et interchangeables en fonction de leur degré de saturation et de la nature des éléments à piéger. Par rapport à une tranchée drainante continue, l'amélioration du système est importante, car dans ce cas, la capacité de fixation importe peu, puisqu'il sera toujours possible de changer la cartouche quand elle sera saturée.

La réalisation relativement simple de ce système est décrite dans la succession des schémas de la figure 5.

Le confinement actif

A partir du moment où l'on peut diriger les eaux à traiter vers un point de passage obligé, il est possible de concevoir des systèmes associant confinement et traitement.

Deux conceptions complémentaires peuvent être envisagées :

- ◆ la barrière active : la nappe est interceptée par un écran où seront disposées une ou plusieurs portes dans lesquelles sera effectué le piégeage ou le traitement des éléments dissous (figure 6). Cette configuration est bien adaptée aux sites où le gradient de la nappe est bien établi, facile à calculer et suffisamment important, sans l'être trop cependant pour que le flux pollué ne puisse contour-

ner l'écran. Une étude hydrogéologique préliminaire détaillée permet de dimensionner la barrière, opération quelquefois délicate. Le débit dépendra principalement d'un paramètre assez difficile à appréhender : la perméabilité d'ensemble du terrain que percolera la nappe ; la marge d'incertitude est souvent importante et peut varier dans la proportion de 1 à 10, ce qui signifie que le débit pourrait varier de 1 à 10 dans le pire des cas. On pallie cet inconvénient en prenant principalement en compte la valeur la plus pessimiste, soit la perméabilité la plus forte entraînant en corollaire le débit le plus élevé. Cela peut éventuellement renchérir le coût d'installation et pourrait même rendre impossible la réalisation du projet, si le débit que l'on devait prendre en compte était trop élevé pour le traitement envisagé ; l'objectif étant toujours d'éviter les contournements latéraux ou horizontaux (figure 6) ;

◆ le confinement actif. Fréquemment et en particulier dans les sites de plaine alluviale ou d'estuaires où sont implantés d'importants complexes chimiques ou autres, le gradient de la nappe n'est pas toujours bien établi ; il peut même s'inverser en fonction des marées ou plus simplement des crues. Dans ce cas, le nuage de pollution prendra au moins deux directions différentes, et la barrière active ne sera pas satisfaisante. De même, lorsque que le gradient est fort, le dimensionnement des parties traitantes devient difficile pour deux raisons. La granulométrie du filtre doit, en effet, être supérieure à celle du terrain ; par conséquent le traitement – dont l'efficacité est proportionnelle à la granulométrie (plus la granulométrie est forte et moins la surface d'échange est importante) – nécessite des quantités trop importantes de produit. Un second facteur est à souligner : un fort débit est synonyme de vitesse de transit élevé, ce qui peut être incompatible avec une fixation efficace, la réaction demandant un minimum de temps variable en fonction des supports et de la pollution traités. De plus, en cas de débit très faible, des supports de fixation comme certaines résines peuvent quelquefois relarguer le polluant.

Le confinement complet résout tous ces problèmes, car le site est isolé sur ses quatre côtés et le calcul hydraulique devient alors très simple (figures 7 et 8). Le flux entrant se limite aux eaux d'infiltration essentiellement pluviales qui pénètrent dans le confinement, "lixivient" les sols pollués et passent par les portes où elles sont débarrassées des polluants dissous. Il suffit alors de s'assurer que les portes, en nombre suffisant, sont correctement dimensionnées pour évacuer le flux entrant – dont le volume annuel sera égal au produit des précipitations par la surface abattu par un coefficient d'évaporation et de ruissellement variable selon les régions et le régime pluviométrique (à titre indicatif, nord de la France $Q_{ent} = 800 \cdot 0,6$; Cata-

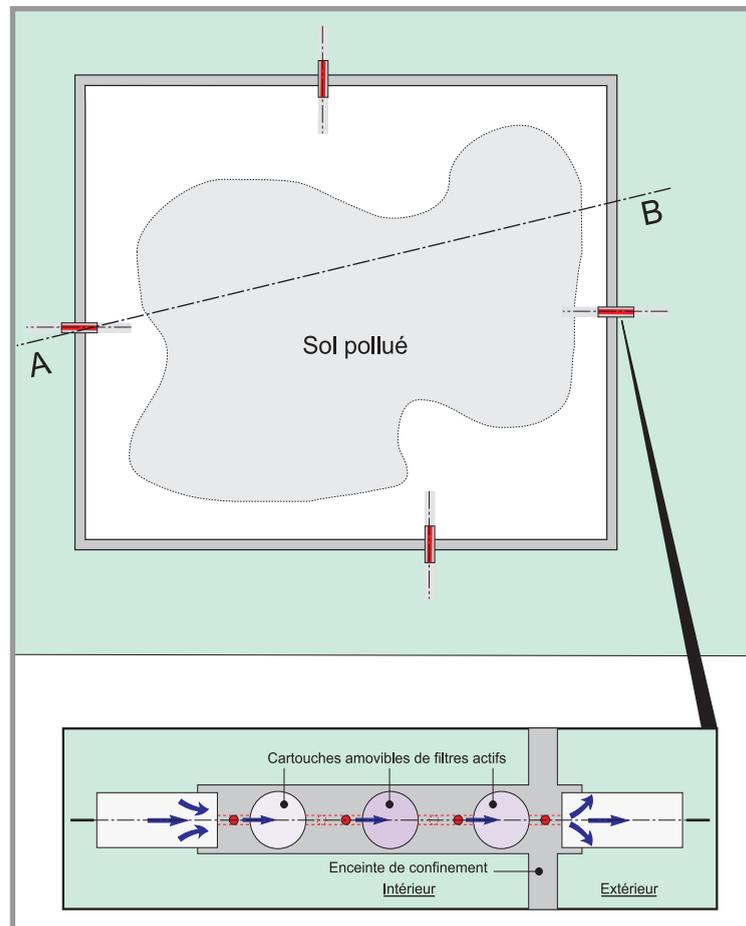


Figure 7
Schéma de principe
d'un confinement actif
Schematic diagram
of an active confinement

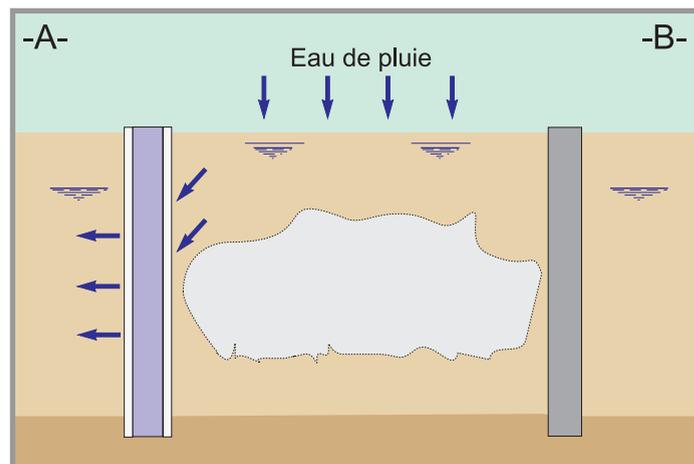


Figure 8
Coupe de principe
d'une porte filtrante
Schematic section
of a filtering gate

logne $Q_{ent} = 600 \cdot 0,15$). De même compte tenu de la diminution du flux, le traitement s'en trouve simplifié dans la plupart des cas.

Nota : la terminologie de barrière et confinement actifs fait référence à l'action de traitement de la pollution plutôt qu'au mode de traitement qui est passif sans utilisation d'énergie extérieure.

■ AVANTAGES DE LA MÉTHODE

Il s'agit tout d'abord d'une méthode économique, car les travaux se limitent à la réalisation d'un écran (barrière ou confinement) avec une ou plusieurs portes fonctionnant par gravité avec un budget d'entretien très réduit, notamment aucun frais d'énergie. Par rapport au confinement total, le coût est réduit de moitié voire plus selon les configurations. Pour le pompage traitement, l'écart de coût est moins significatif, mais la qualité globale du traitement est bien supérieure, car le pompage reste

Figure 9
Plan d'ensemble
des travaux
Overall layout
of works

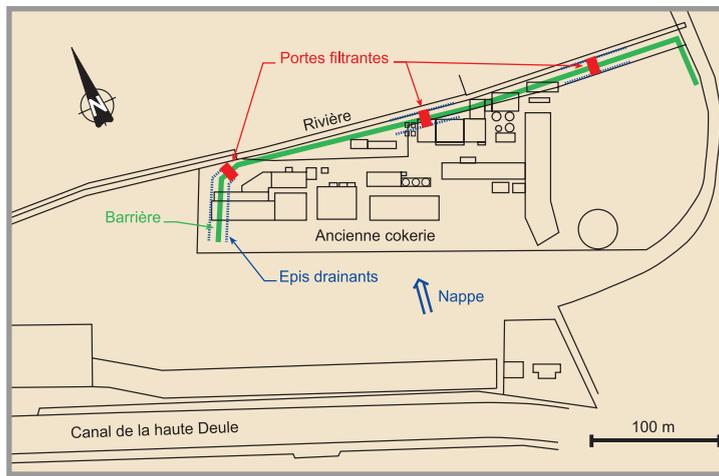


Photo 2
Vue générale
de la barrière
General view
of barrier



Photo 3
Changement d'un filtre
Changing a filter



toujours ponctuel quel que soit le soin apporté à l'implantation des puits.

La servitude d'occupation des sols est limitée au seul tracé de la paroi et aux emplacements des portes ; le site peut donc pour sa plus grande partie être réutilisé.

L'environnement du site est protégé, aspect très intéressant en cas de captage à proximité.

Le confinement actif est évolutif car il est possible, en cours de traitement, d'améliorer les processus de piégeage.

De même, les progrès de l'instrumentation permettent d'envisager une surveillance à distance dans laquelle le traitement de maintenance serait limité à la seule visite d'entretien et de remplacement des filtres, le système étant réglé avec des seuils d'alerte liés à la capacité de rétention du filtre ; les paramètres importants tels que débit, teneur en polluants par exemple étant enregistrés en continu ou semi-continu.

Applications

La barrière d'Auby

Description de la problématique

Le site de l'ancienne cokerie d'Auby est situé au bord du canal de la Haute-Deule à une dizaine de kilomètres de Douai. Cet ancienne installation a fonctionné sans interruption de 1902 à 1962 excepté pendant la Grande Guerre où elle a été détruite. Charbonnages de France a procédé à son démantèlement en 1969. Sur ce site d'une douzaine d'hectares, la pollution de la nappe superficielle est caractérisée en temps ordinaire par des teneurs élevées en HAP au droit du site principalement ; celles-ci peuvent augmenter considérablement lors de travaux de terrassement remobilisant une partie de la pollution contenue dans les sols. La géologie du site est assez simple puisqu'entre 5 et 7 m se situe la couche étanche de l'argile de Louvil surmontée par un ensemble d'alluvions et de remblais où se concentre la pollution. La nappe superficielle coule vers le nord. Lors de travaux de remise en état (terrassement, enlèvement de cuves), une migration des HAP dans la nappe superficielle a été constatée.

Principe de réhabilitation (figure 9)

Charbonnages de France a opté pour le principe de réhabilitation suivant :

- ◆ réalisation d'un écran entre la zone polluée et le cours d'eau de la Vieille Rivière ;
- ◆ réalisation selon la technologie brevetée du panneau-drain de trois portes équipées de filtres en charbon actif renouvelables ;
- ◆ mise en place d'un réseau de drainage en amont et en aval de la barrière, pour faciliter l'écoulement de la nappe au travers des ouvertures.

A l'amont de la barrière active, Charbonnages de France peut alors procéder à la réhabilitation du site sans risquer la migration des HAP hors du site et sans perturber l'écoulement naturel de la nappe. Le site est en cours de réhabilitation par reverdissement et utilisation d'espèces végétales favorisant la dégradation naturelle des chaînes hydrocarbonées.

Description des travaux

L'écran au coulis d'une profondeur variant entre 6 et 8 m a une longueur de 430 m pour une superficie totale de 3520 m². Le coulis utilisé tient compte de la présence en forte quantité de NH₄⁺ (eaux catégorie A4) dans les eaux de la nappe et est adjuvanté par des cendres volantes et un réactif spécifique ; sa perméabilité est de 5 x 10⁻⁹ m/s. Les trois portes qui furent construites en atelier sont en acier inoxydable et contiennent chacune deux filtres en charbon actif d'une capacité de 150 kg ; ils sont dimensionnés en fonction des paramètres hydrologiques et chimiques du site pour être renouvelés une fois par an (photos 2 et 3). Les épis drainants réalisés à la trancheuse représentent 600 ml. Ils facilitent la circulation des eaux de la nappe (environ 1,5 m³/h) au travers des portes. De plus, chaque porte peut fonctionner soit en série soit en parallèle ; on peut augmenter ainsi le débit, ce qui fut le cas notamment au printemps 1999 après les fortes pluies de la période hivernale.

Description des travaux

Instrumentation (photo 4)

La surveillance du site est facilitée par la mise en place d'une instrumentation permettant de suivre la piézométrie du site en continu et surtout l'évo-

lution de la pollution.

Instrumentation (photo 4)

lution de la pollution.

lution en semi-continu de la teneur en HAP en amont et en aval de chaque porte. Un fluorimètre installé dans un conteneur à proximité de la porte centrale est alimenté alternativement toutes les quatre heures par de l'eau pompée en entrée ou sortie de chaque porte.

Le système est géré par le logiciel POLLUX développé par Soldata et relié au réseau téléphonique. Charbonnages de France ainsi que SBF et Soldata peuvent suivre, de leurs bureaux, l'évolution des paramètres mesurés et intervenir si nécessaire pour changement des filtres ou entretien. Parallèlement, Charbonnages de France vérifie par des moyens plus classiques les teneurs en polluants en amont et aval de la barrière et valide les mesures relevées par l'instrumentation.

Bätterkinden (Suisse)

Problématique

L'usine de retraitement de solvants appartenant à Solva Chemie est installée sur la commune de Bätterkinden entre Soleure et Berne. Jusqu'en 1992, en l'absence d'une dalle de béton protectrice, le sous-sol de l'usine était pollué par des infiltrations de solvants chlorés. La source de contamination étant tarie, la nappe restait polluée par un mélange de solvants chlorés que les autorités cantonales ont demandé d'éliminer conformément à l'ordonnance fédérale sur les sites contaminés, entrée en vigueur le 1^{er} octobre 1998. Le Geotechnisches Institut a étudié plusieurs solutions et a proposé aux autorités helvétiques un traitement de la nappe par une barrière active au travers de laquelle les solvants seraient détruits par réduction catalytique. Le site est caractérisé par une nappe de faible débit (≈ 10 l/mn sur l'ensemble du site) coulant en direction du Müllibach, un sous-sol moyennement perméable avec un substratum imperméable. Après accord des autorités, le Geotechnisches Institut a choisi la solution proposée par Sif Groutbor (filiale de SBF) associé à ATE consistant à installer une porte filtrante contenant le produit de traitement :

- ◆ un système de drainage récoltant les eaux, forages horizontaux et paroi drainante;
- ◆ une paroi au coulis;
- ◆ une porte filtrante construite selon la technologie brevetée du panneau-drain contenant un filtre d'un volume de 1 m^3 et pesant environ 5 t au travers duquel l'eau polluée percole. Le produit traitant, également breveté, est un Fer 0 adjuvanté par un ensemble de catalyseurs (métaux précieux) permettant de ramener les teneurs en polluant sous les seuils acceptés par l'administration cantonale. L'ensemble fonctionne par gravité, est toujours accessible par le haut et ne nécessite quasiment pas d'entretien;
- ◆ un dispositif de rejet comprenant un puits de visite et un écoulement gravitaire vers le Müllibach.



Photo 4
Instrumentation sur site
On-site instrumentation



Photo 5
Vue du produit traitant en place dans la porte
View of treatment product in place in the gate

Le produit traitant

Sur le site de Bätterkinden, la difficulté principale consistait à détruire le chlorure de vinyle, chaînon ultime de la série des solvants chlorés qui possède la liaison chlore la plus solide. Après essai en laboratoire avec l'eau du site, Rhodia ATE a proposé un support de traitement spécifique permettant de diviser par plus de 10 la quantité de chlorure de vinyle.

Le point important à signaler est la réactivité de ce produit, car il fallait que son volume soit compatible avec le système panneau-drain où la possibilité de changer ou d'intervenir sur le filtre doit toujours être possible.

Il fallait également que la perméabilité de ce produit ne dépasse pas un certain seuil donné par calcul (de l'ordre de $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$) pour que les pertes de charge soient inférieures à 1 m; au-delà en effet, le fonctionnement hydraulique de la tranchée n'aurait plus été satisfaisant.

Sachant que la réactivité décroît avec la diminution de la surface d'échange et corollairement la granulométrie et la perméabilité, le choix d'un support de traitement était délicat.

Après plusieurs essais, Rhodia a opté pour un mélange de granulés de fer adjuvanté par un ensemble de catalyseurs de perméabilité légèrement supérieure à $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$. Les concentrations fixées par le cahier des charges soit $10 \mu\text{g/l}$ à abaisser à moins de $1 \mu\text{g/l}$ ont conduit à mettre en place un filtre d'un peu plus de 1 m^3 , soit environ 5 tonnes manipulables avec des moyens de levage classique (photo 5).

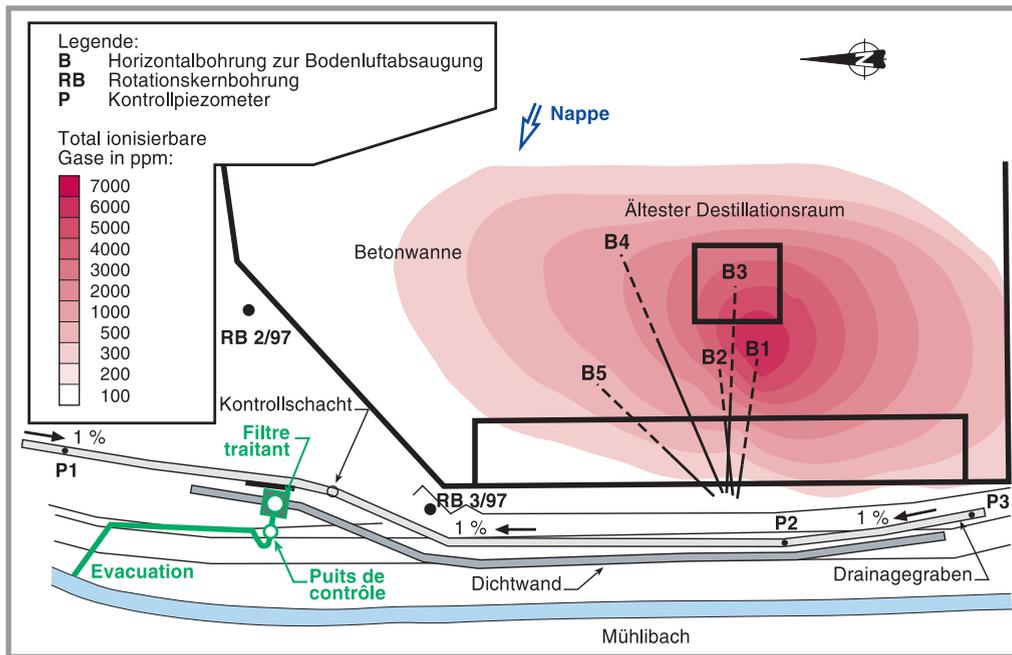


Figure 10
Plan des travaux - Layout of works

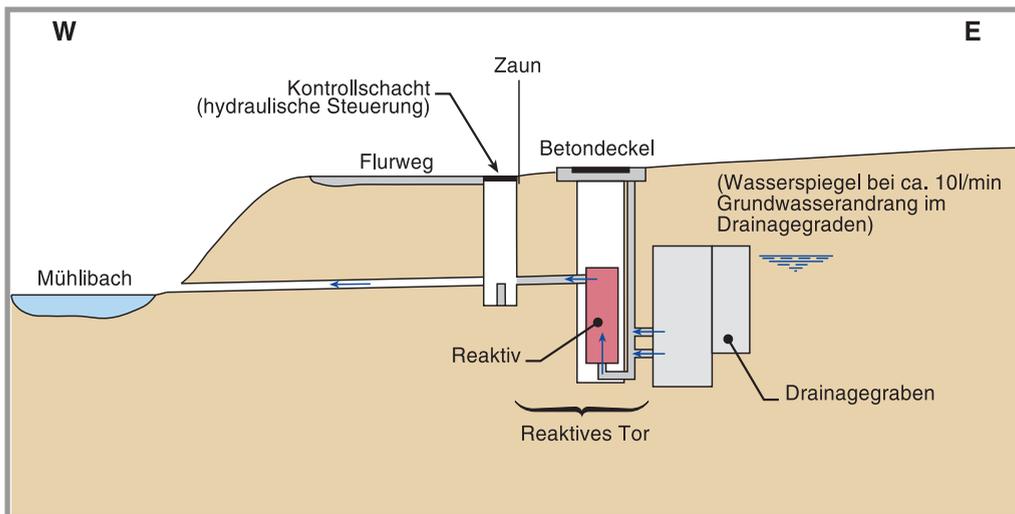


Figure 11
Coupe au droit de la porte filtrante

Section at filtering gate

Tableau I
Résultats du traitement
Results of treatment

Éléments dissous (teneur en µg/l)	Amont	Aval
Chlorure de vinyl	3	0,23
Trichloréthylène	94	0,46
Cis 1-2 Dichloréthylène	199	2
Perchloréthylène	25	0,16
1.1.1. Trichloréthane	9	0,22
Chlorure de méthylène		0,08
1.1 Dichloréthane	0,67	0,5
Trans 1.2 Dichloréthylène	0,21	
Chloroforme	0,39	
1.2 Dichloropropane	0,12	

Réalisation des travaux

Après réalisation de l'écran au coulis et de la paroi drainante afin de récolter les eaux par pompage puis de les traiter provisoirement sur charbon actif, les travaux suivants ont été effectués (figures 10 et 11) :

- ◆ le forage à la pelle rétro d'un panneau au coulis dans lequel a été descendue la porte filtrante ;
- ◆ après séchage, le drain amont en gravier 10-30 a permis d'ouvrir la porte, puis de relier celle-ci à la tranchée drainante en enlevant les palplanches d'isolation ;
- ◆ à l'aval, un puits de visite et un écoulement gravitaire d'une trentaine de mètres de long vers le Müllibach ;
- ◆ la mise en place du filtre à l'intérieur de son réceptacle.

Les différents regards à l'amont comme à l'aval ont permis de vérifier le bon dimensionnement et de prélever des échantillons qui ont permis de montrer l'efficacité du dispositif. La porte et le filtre sont entièrement en acier inoxydable de manière à éliminer les risques de corrosion (photo 6).

Résultats

Le tableau I résume l'évolution des teneurs en solvants chlorés à l'amont et à l'aval après 15 jours de traitement. Les teneurs en chlorure de vinyle sont ainsi divisées par plus de 10, alors que les teneurs en trichloréthylène et cis-1-2 dichloréthylène sont elles, divisées par environ 200.

La teneur en chlorure de vinyle considéré comme le principal polluant reste largement en dessous du seuil fixé par les autorités helvétiques soit 1 µg/l. Le produit de traitement est garanti pour une durée de dix ans.

CONCLUSION

Le procédé de barrières et confinements actifs couplés à des supports de traitement tels que l'Eco-sol, et les principaux systèmes passifs de traitements de l'eau comme les charbons actifs, les résines ou les zéolites permet d'envisager de traiter une large gamme de pollutions de nappe – comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, organiques tels que BTEX, cyanures et métaux lourds en particulier chrome 6, arsenic –, à des coûts très compétitifs avec des frais de maintenance très réduits et des servitudes limitées.

Un seuil technologique a de plus été franchi avec l'utilisation des produits de traitement de Rhodia-ATE qui permettent de détruire les solvants chlorés (exemple de Bätterkinden) mais aussi les autres composés halogénés au sein même des portes. Les pollutions par solvants chlorés étant extrêmement fréquentes compte tenu de l'utilisation quasi générale de ceux-ci par de larges secteurs de l'industrie, cette technique devrait se développer.

Plusieurs projets similaires sont à l'étude en France et en Europe ou en cours d'exécution comme le confinement actif de Clipper Oil dans la banlieue de Barcelone pour le traitement d'une pollution par des hydrocarbures lourds.

■ BIBLIOGRAPHIE

- P.-J. Barker, J.-J. Kachrillo. In ground treatment of polluted groundwater. 2nd BGS, London, September 99.
- J.-J. Kachrillo. Une application des procédés panneau-drain et Ecosol : le confinement actif. III^e Congrès international de géotechnique de l'environnement. Lisbonne, septembre 1998.
- A. Deniau. De la paroi drainante au procédé panneau-drain. *Travaux* n° 725, novembre 1996, p. 42-47.
- A. Esnault. Containment of polluted sites : new approach to the choice of materials. *Polluted and Marginal Land*. Manchester, 1994
- G. Evers. Practical solutions for the treatment of groundwater. NATO/CCMS pilot phase study phase III, EPA 542-R-98-003.
- M. Rat et al. Etude et traitement d'une pollution au chrome due à l'utilisation de déchets dans des remblais autoroutiers. Symposium international "Exemples majeurs et récents en géotechnique de l'environnement". Février 1996, Paris.
- T. Vogel, M. Criddle, C.-S and P.-L. McCarty. Transformations of chlorinated aliphatic compounds. *Environmental Science and Technology*. 1987.

Photo 6
Vue générale du chantier
General view of worksite



ABSTRACT

Barriers and active confinements : a promising concept
Examples of application to pollution by heavy petroleum products and chlorinated solvents

J.-J. Kachrillo, R. Lagarde, T. Vogel, P. Roudier, H. Steiger

The combination of panel-drain processes and retention processes such as Ecosol, resins or active carbon, or treatments such as the Keops process, make it possible to propose the barrier or active confinement concept, an original and low-cost solution for the in-situ treatment of industrial groundwater pollution. Associated with site instrumentation, this method allows the polluted site to be isolated from its surroundings, and the soft treatment of groundwater pollution at a low cost.

RESUMEN ESPAÑOL

Barreras y confinamiento activos : un concepto prometedor.
Ejemplos de aplicación contra las contaminaciones por hidrocarburos pesados y disolventes clorados

J.-J. Kachrillo, R. Lagarde, T. Vogel, P. Roudier y H. Steiger

La combinación de los procedimientos panel-dren y de sistemas de retención, como por ejemplo, el Ecosol, las resinas o los carbones activos o de tratamiento, como ocurre con el procedimiento Keops, permite proponer el concepto de barrera o confinamiento activo, que constituye una solución original y económica para el tratamiento in situ de las contaminaciones industriales de las aguas subterráneas (capas freáticas). En combinación con una instrumentación del emplazamiento a proteger, este método permite aislar el área contaminada de su entorno y tratar "suavemente" y con un coste reducido, la contaminación de las aguas subterráneas.

La nouvelle station

En service depuis 30 ans, l'ancienne station d'épuration d'Arras était devenue obsolète. Elle saturait au moindre orage et ne répondait plus aux exigences des normes européennes ni à celles de la loi sur l'Eau de 1992.

Les travaux de construction de la nouvelle station ont démarré en juin 1997.

La mise en service a commencé en janvier 1999. Il s'agit d'une station à cycle continu qui prévoit l'élimination biologique des pollutions azotées et phosphorées; elle permet de traiter chaque jour près de 25 000 m³ d'effluents. La filière retenue pour le traitement des effluents correspondant aux 140 000 équivalents-habitants (E.H.) est du type : aération prolongée avec traitement de l'azote par nitrification-dénitrification et du phosphore par zone d'anaérobiose en tête.

■ CAPACITÉ DE TRAITEMENT

La capacité nominale à traiter par temps sec est de 25 000 m³/jour avec les charges de pollution suivantes :

- ◆ DCO total : 17 400 kg/j;
- ◆ DBO5 total : 7 500 kg/j;
- ◆ MES total : 7 900 kg/j;
- ◆ NTK total : 1 460 kg/j;
- ◆ Pt total : 270 kg/j.

Le débit journalier pourra être porté à 52 000 m³ pendant environ vingt heures par temps de forte pluie.

■ QUALITÉ DU TRAITEMENT

Les objectifs de rejet assignés sont les suivants :

- ◆ DCO : 125 mg/l;
- ◆ DBO5 : 25 mg/l;
- ◆ MES : 35 mg/l;
- ◆ N + NH4 : 5 mg/l;
- ◆ pour le phosphore l'abattement devra être supérieur à 50 %.

Lors d'une visite du S.A.T.E.S.E., les 30 juin et 1^{er} juillet 1999, soit cinq mois après la mise en service, les résultats enregistrés sur les rejets étaient jugés excellents :

- ◆ DCO : 30 mg/l;
- ◆ DBO5 : 3 mg/l;
- ◆ MES : 15 mg/l;
- ◆ N + NH4 : 1,5 mg/l;
- ◆ l'abattement du phosphore était de 60 %.

■ DESCRIPTION DU CYCLE D'ÉPURATION ET DES SECTIONS RÉALISÉES

Le projet se développe sur deux files parallèles composées des filières développées ci-après :

- ◆ filière eaux brutes :
 - bache d'arrivée des effluents,
 - canal de comptage et bache d'homogénéisation,
 - dégrillage,
 - dessablage et dégraissage,
 - bassin d'anaérobiose,
 - bassin d'oxydation par nitri-dénitrification,
 - bassin de dégazage,
 - bassin de clarification,
 - canal de rejet à la Scarpe et de comptage;
- ◆ filière boues :
 - récupération des flottants après dégazage,

- pompage des boues en excès dans les bassins de nitri-dénitrification,
- épaissement des boues par flottation,
- stockage des boues flottées,
- conditionnement des boues à la chaux et au chlorure ferrique,
- déshydratation mécanique par filtres-presses,
- stockage des boues déshydratées en silo;
- ◆ filière hydrolyse des graisses :
 - récupération des graisses en sortie des dégraisseurs,
 - bassin de digestion aérobie,
 - renvoi du digestat en nitri-dénitrification;
- ◆ filière matières de vidange :
 - dégrillage,
 - compactage et ensachage de refus,
 - stockage des liquides et renvoi contrôlé à la filière eau;
- ◆ autres filières :
 - matières de curage,
 - effluents industriels,
 - désodorisation du prétraitement.

Filière eaux brutes

La bache de réception reprend les canalisations d'amenée des effluents (diamètres 600, 500, 300, 200 et 100), les trois premières refoulent les effluents en provenance de l'ancienne station et de Saint-Laurent-Blangy, les deux autres reprendront les effluents industriels de Nylstar et Ceca. Dans cette bache arrivent aussi de manière discontinue les liquides provenant des matières de vidange et de curage.

Après comptage la bache d'homogénéisation et de distribution d'un diamètre de 6 m permet le mélange des effluents et des apports des sous-produits et assure la répartition des eaux sur les deux files de traitement.

Dégrillage - Dessablage - Dégraissage

A la sortie de la bache d'homogénéisation les effluents traversent les canaux de dégrillage équipés de dégrilleurs courbes (maille 15 mm) nettoyés par peignes rotatifs asservis à une horloge et au niveau dans les canaux. Les refus sont récupérés par une vis compacteuse et envoyés dans une benne.

La phase de dessablage-déshuilage est assurée par deux ouvrages longitudinaux (22 m x 4 m) d'un volume utile de 264 m³ chacun, équipés de ponts dessableur-dégraisseurs à succion et raclage de surface. L'insufflation d'air nécessaire pour la séparation des sables et solides de nature organiques

d'épuration d'Arras

Didier Girardot

MANDATAIRE

Razel

Roberto Barbareschi

CHEF DE PROJET

Passavant Impianti

Norbert Aujoulat

DIRECTEUR DU SITE

Razel

Giovani Brambilla

INGÉNIEUR MISE EN SERVICE

Passavant Impianti

restant en suspension, ainsi que pour la séparation des graisses qui se concentrent en surface, est assurée par des surpresseurs à raison d'un mètre cube d'air par mètre cube de bassin par heure.

Les sables extraits par un hydroextracteur, guidés dans un canal latéral sont envoyés par pompage depuis une fosse à sable, à un classificateur situé dans l'ouvrage des matières de curage. Les graisses récupérées par raclage de surface dans une fosse sont envoyées par pompage à l'ouvrage spécifique d'hydrolyse des graisses. Cet ouvrage a une importance déterminante par temps de pluie intense, car de grandes quantités de sable et matériaux abrasifs peuvent compromettre le fonctionnement des équipements en aval; d'autre part les huiles et graisses ont des effets nuisibles sur le procédé d'aération ainsi que sur la décantation des boues en raison de leur plus faible biodégradabilité par rapport aux autres substances organiques.

Épuration biologique

L'épuration biologique s'effectue sur une succession de quatre bassins, associés à la recirculation

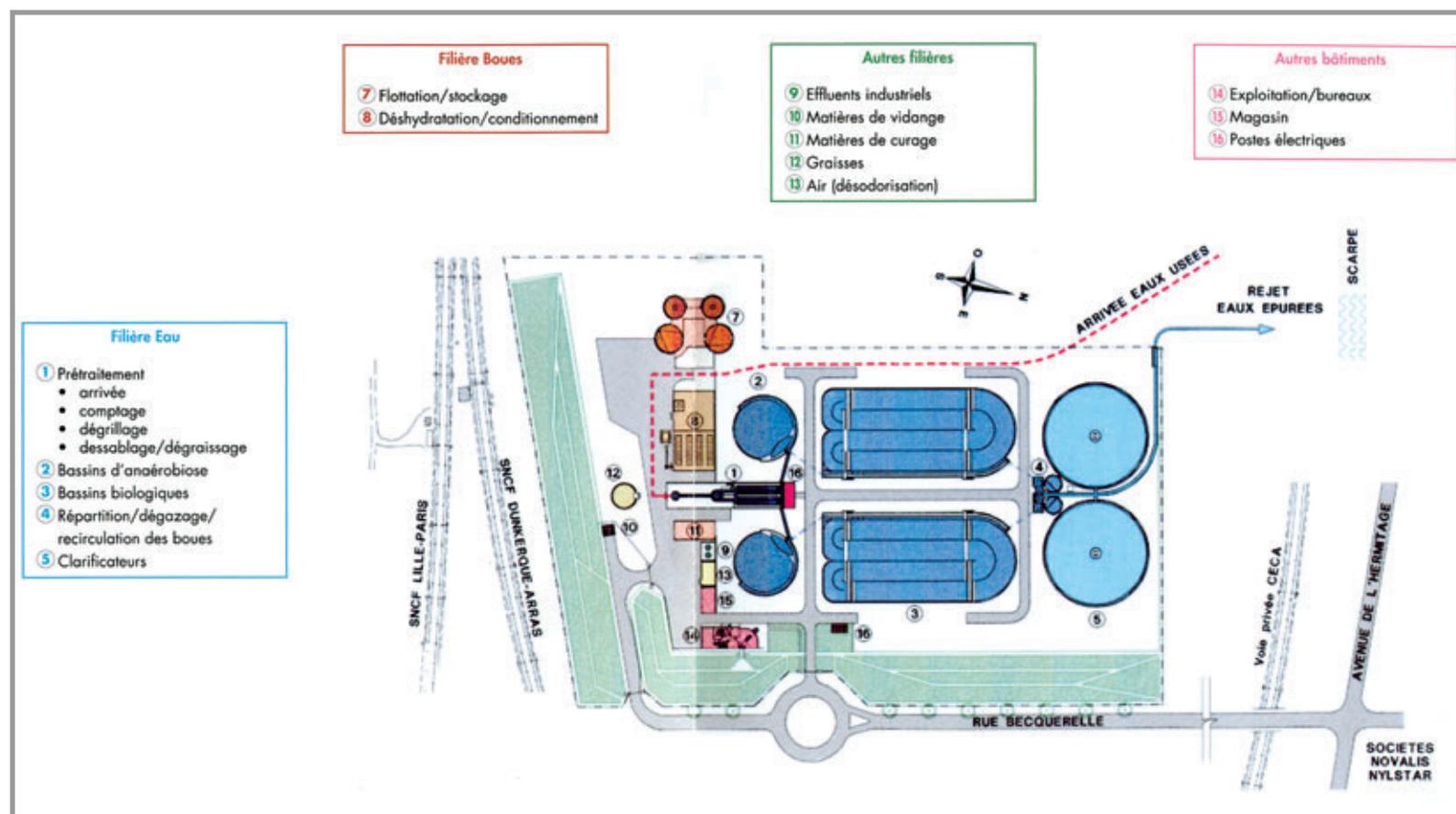
des boues issues des clarificateurs, à un taux de 100 % par rapport au débit d'effluents entrant.

Le premier bassin circulaire comporte deux zones : une zone de contact en tête de forme ogivale d'une contenance de 275 m³ utile dont le principe consiste à réaliser le mélange à volume égal des effluents à traiter et des boues recirculées en l'absence d'oxygène pour éviter la formation de bactéries indésirables (*bulking* filamenteux). La deuxième zone dite anaérobiose d'un volume de 3000 m³ reçoit le mélange eaux brutes et boues circulées en partie basse de la séparation de la zone de contact; dans cette zone les boues sont maintenues en suspension par deux agitateurs submersibles et l'absence d'oxygénation permet un abattement du phosphore de l'ordre de 50 %.

Le deuxième bassin, nitrification, d'un volume de 13100 m³ par ligne reçoit gravitairement le mélange en provenance de l'anaérobiose. Ce bassin d'une longueur de 98 m pour une largeur de 42 m et une profondeur utile de 3,5 m, comporte des cloisons intérieures, courbes aux extrémités, et de ce fait constitue un chenal continu de 10 m

Plan type de la station

Typical station layout



Le pont brosse servant
à oxygéner l'eau
*The brush bridge
used to oxygenate the water*



© Photo Razel

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Communauté urbaine d'Arras

Maitre d'œuvre

BCEOM/Scetauroute/Labbe

Architecte

Cabinet Labbe

Etudes préalables

Amodiag

Etudes exécution

Passavant Impianti

Contrôle technique

Veritas

Coordinateur sécurité

Veritas

Entreprises lot génie épuratoire

Groupement Bilfinger + Berger - Razel
- Passavant Impianti

Entreprise lot génie civil

Dumez EPS

Principaux sous-traitants

- Montage mécanique : Dobbelaere Paul Industrie
- Electricité : Monchel
- Canalisations PEHD : Société Avionnaise du Plastique
- Serrurerie aluminium : Deneuille

Principaux fournisseurs

- Ponts brosses et clarificateurs : Passavant Werke (Allemagne)
- Pompes immergées : K S B (France)
- Pompes à vis : Alweiller (Allemagne)
- Surpresseurs : Robuschi (Italie)
- Filtres-presses : Choquenot (France)
- Traitements des odeurs : IRP (Italie)
- Instrumentation de mesure : Endress + Hauser (Suisse)
- Silo à boues : Saxlund (Suède)
- Matériel électrique MT : Merlin Génin (France)
- Equipement laboratoire : Dislab (France)
- Automates : Tesi (Italie)

de large où le mélange circule à une vitesse de l'ordre de 0,5 m/s grâce à quatre agitateurs submersibles empêchant par ailleurs la sédimentation des boues. Chaque ligne est équipée de six ponts brosses d'une longueur de 9 m et d'un diamètre de 1 m associés chacun à un déflecteur qui par brassage de la surface du liquide en assure l'oxygénation. L'apport maximal d'oxygène est de 630 kg O₂/H. Grâce à une vanne motorisée la hauteur d'immersion des brosses peut varier en fonction de l'apport nécessaire d'oxygène. Les temps de fonctionnement des brosses sont d'autre part asservis à une sonde de mesure en continu, de l'oxygène.

Un tel système d'oxygénation en surface, outre l'apport naturel d'oxygène – du fait de la superficie étendue des bassins – simplifie les opérations de maintenance et permet d'intervenir sur les équipements sans avoir à interrompre le process contrairement aux procédés d'oxygénation submersible. Le troisième bassin est un ouvrage de répartition dans lequel arrive gravitairement le mélange aéré en provenance du bassin nitré-dénitrifié ; cet ouvrage est accolé à un bassin circulaire de dégazage et de récupération des boues flottantes avant envoi aux bassins de clarification. Les flottants sont récupérés par un pont racler et envoyés par pompe à l'ouvrage de flottation des boues.

Le quatrième bassin circulaire d'un diamètre de 52 m pour un volume de 7 200 m³ est le clarifica-

teur équipé d'un pont à succion de type radial + 1/3 avec raclage de surface pour récupération des flottants, voile siphonoïde, lame déversante crénelée et brosses de nettoyage des chenaux de rejet de l'eau clarifiée. Ces ponts clarificateurs sont dimensionnés pour une vitesse de rotation de 0,65 m/H par temps de pluie. Ce type de succion des boues par le fond permet une reprise rapide et homogène des boues limitant le temps de séjour en anaérobie et par là même, la libération du phosphore. La boue activée, séparée gravitairement sur le fond du bassin et sucée, est renvoyée directement par des pompes de refoulement dans la zone de contact des bassins anaérobioses. Le débit de recirculation de ces boues est réglé automatiquement en fonction du débit des effluents entrant et à la mesure des hauteurs du voile de boues dans les clarificateurs.

Filière boues

Les boues biologiques en excès sont relevées directement des bassins nitré-dénitrification par des pompes immergées et envoyées dans les ouvrages (un par ligne) d'épaississement par flottation et pressurisation. Chaque bassin de flottation a un diamètre de 11 m pour un volume de 210 m³. La concentration des boues épaissies est de l'ordre de 35 mg/l, chaque flottateur peut traiter 7 t de matière sèche par jour.

En aval, des flottateurs sont installés sur des bâches tampon circulaires de 700 m³ permettant un stockage de trois jours de production (soit un week-end). Les boues épaissies sont pompées, soit directement au flottateurs soit aux bâches tampons et envoyées vers le conditionnement avant filtration.

Les boues sont conditionnées par ajout en continu et automatiquement de chlorure ferrique et lait de chaux en passant successivement par trois cuves (par ligne) équipées d'agitateurs : cuve I ajout de chlorure, cuve II ajout de lait de chaux et cuve III maturation correspondant au volume d'une pressée.

Le chlorure ferrique est stocké dans une cuve et envoyé par pompes doseuses asservies au débit d'arrivée des boues. Le lait de chaux est préparé sur place dans un bac de 10 m³ à partir de chaux stockée dans un silo de 80 m³ et ajout d'eau sous pression par pompe volumétrique.

La déshydratation est effectuée par trois filtres-presses à plateaux d'un volume unitaire de 4 150 l alimentés par des pompes à membrane de 15 bars de pression et d'un débit de 40 m³ au démarrage. Les boues déshydratées présentant un taux de siccité de 30 à 35 % issues des filtres, sont récupérées par des tapis transporteurs et envoyées dans un silo d'une contenance de 200 m³ d'où elles sont évacuées par camions bennes pour utilisation finale en agriculture.

Filière hydrolyse des graisses

Les résidus gras collectés en station d'épuration sont des déchets non ultimes et font donc l'objet d'un traitement spécifique.

Dans le cas présent les résidus gras récupérés de l'unité dessablage-dégraissage arrivent dans un digesteur circulaire d'un volume de 500 m³, aéré par diffuseur de fond, brassé par un agitateur submersible et reçoivent par l'intermédiaire de pompes doseuses des nutriments et correcteur de PH : lait de chaux, acide phosphorique et ammoniac.

L'ouvrage a été dimensionné pour traiter environ 700 kg de graisse par jour. Le temps moyen de séjour des graisses est de 35 jours.

La métabolisation des graisses par les bactéries aérobies se déroule en deux phases : hydrolyse enzymatique et oxydation des acides gras en dioxyde de carbone et eau avec synthèse de biomasse. La deuxième phase se déroule lors de l'arrivée des digestats dans les bassins nitré-dénitré.

■ LE MARCHÉ

La construction de cette station a fait l'objet de deux appels d'offres (diffusion européenne) séparés et non cumulables : le premier concernant le lot génie épuratoire, le second concernant le lot génie civil.

Le lot génie épuratoire comprend :

- ◆ les études du process et le dimensionnement des ouvrages (plans guides) ;
- ◆ les canalisations enterrées pour le process et l'assainissement ;
- ◆ l'ensemble des équipements de procédé ;
- ◆ les tuyauteries aériennes de procédé ;
- ◆ l'ensemble des équipements et de l'installation électrique ;
- ◆ l'instrumentation de procédé et d'analyse ;
- ◆ l'automatisation de la station ;
- ◆ la mise hors gel de la station ;
- ◆ un laboratoire d'analyse ;
- ◆ la mise en service de la station et la surveillance jusqu'à la réception.

Le lot génie civil comprend :

- ◆ les terrassements ;
- ◆ le génie civil des bassins et bâtiments ;
- ◆ le second œuvre des bâtiments ;
- ◆ les voiries et clôtures.

Le délai d'exécution était de 24 mois, y compris études, plus six mois de mise en service et surveillance avant les tests de performance, garantissant les résultats souscrits quant à la qualité de l'eau rejetée, la consommation d'énergie électrique et les réactifs.

Les montants respectifs des deux lots s'élèvent à :

- ◆ 41 800 000 F HT pour le génie épuratoire ;
- ◆ 35 000 000 F HT pour le génie civil.



© Altimage Ph. Frutier

■ MATÉRIAUX POUR ÉQUIPEMENTS

En prévision d'une durée de vie de la station de trente ans, et d'opérations de maintenance réduites au minimum, il y a obligation à utiliser des matériaux nobles résistants à la corrosion en milieu humide et agressif.

Tous les équipements y compris la boulonnerie ont été construits en acier inoxydable. Les canalisations enterrées sont en fonte ou en PEHD. Tous les équipements de sécurité, échelles, garde-corps, caillebotis et tôles de couverture sont en aluminium. Le silo à boues est en acier vitrifié et les chemins de câbles en PVC. Tous les dallages soumis à des lavages fréquents ont reçu des revêtements résine ou époxy.

■ DÉROULEMENT DES TRAVAUX

La première tâche du génie épuratoire a été d'établir les plans-guides destinés au lot génie civil pour exécution des plans béton et ferrailage et réalisation des ouvrages.

Pendant la période de réalisation du génie civil les

Vue aérienne de la nouvelle station d'épuration d'Arras

Aerial view of the new Arras treatment station

équipements ont été définis puis fabriqués par Passavant ou commandés à différents fournisseurs ou sous-traitants. Compte tenu des nationalités des entreprises du groupement la campagne d'achat des équipements a été largement européenne ; les principaux fournisseurs intéressés sont : Allemands, Italiens, Français, Suédois et Suisses.

L'installation et la mise en œuvre des équipements sur site ont été sous-traitées à des entreprises régionales sous supervision permanente du groupement, selon un planning relativement serré.

Après la phase d'installation des équipements il a été procédé aux essais en eau claire, puis aux tests de capacité d'oxygénation dont les résultats conditionnaient l'envoi des effluents et la mise en service de la station.

La mise en service de la filière eau a eu lieu fin janvier 1999, il a fallu attendre deux mois et demi pour que l'ensemencement biologique soit parfaitement constitué et que la concentration des boues soit suffisante (5 g/l) pour mettre en service la filière boues.

Les travaux d'installation mécaniques et électriques se sont déroulés sur six mois et se sont terminés sans incidents.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Terrassement : 35 000 m³
- Béton : 9 000 m³
- Aciers : 550 t
- Canalisations enterrées : 6 000 ml
- Câbles électriques : 27 000 ml
- Equipements installés : 230 u
- Garde-corps aluminium : 900 ml
- Pompes : 52 u
- Agitateurs submersibles : 27 u
- Ponts brosses : 12 u
- Ponts radiants et/ou racleurs : 8 u

ABSTRACT

The new Arras treatment station

D. Girardot, R. Barbareschi, G. Brambilla, N. Aujoulat

In service for the past 30 years, the old Arras treatment station had become obsolete. It became saturated during the slightest storm and no longer met the requirements of European standards nor those of the French Water Law of 1992.

The construction work for the new station began in June 1997, and the facility was commissioned in January 1999. It is a continuous-cycle station providing for the biological elimination of nitrogenous and phosphoric pollution. It can treat 25,000 m³ of effluents per day. The technique adopted for the treatment of effluents corresponding to a population-equivalent of 140,000 is of the extended aeration type with the treatment of nitrogen by nitrification-denitrification, and phosphorus in an anaerobic zone at the head.

RESUMEN ESPAÑOL

La nueva estación depuradora de Arras

D. Girardot, R. Barbareschi, G. Brambilla y N. Anjoulat

En funcionamiento desde hace 30 años, la antigua estación depuradora de Arras, presentaba signos evidentes de obsolescencia, saturándose a la menor tormenta y había dejado de responder totalmente a los requerimientos de las normas europeas, así como de aquellas de la Ley sobre el Agua de 1992.

Las obras de construcción de la nueva estación dieron comienzo en julio de 1997 y su puesta en servicio ha comenzado en enero de 1999. Se trata de una estación que funciona en ciclo continuo, que permite la eliminación biológica de las contaminaciones derivadas del nitrógeno y del fósforo. La nueva estación permite tratar diariamente cerca de 25 000 m³ de efluentes. El sistema adoptado para el tratamiento de los efluentes, que corresponde a los 140 000 equivalente/habitantes (E.H.) corresponde al tipo : aireación prolongada con tratamiento del nitrógeno por nitrificación-denitrificación y del fósforo por área de anaerobiosis en cabeza.



Exemples de gestion des eaux pluviales dans le département de Seine-Saint-Denis

Le présent article détaille les stratégies de lutte contre les inondations et la pollution, appliquées par le Conseil général de la Seine-Saint-Denis, visant au stockage provisoire des eaux de pluies dans des bassins de retenue. Depuis 20 ans, Quillery Environnement Urbain participe activement à la réalisation de ces ouvrages dont quelques exemples sont décrits ci-après.

C'est une évidence depuis quelques décennies : la pluie dite bienfaisante ne l'est pas là où urbanisation et développement ont imperméabilisé les surfaces, créant des apports ponctuels et massifs qu'il n'est plus possible d'évacuer par des conduits de plus en plus importants.

Les quartiers inondés sont souvent situés à l'aval des réseaux. Comme il n'est plus possible de régler les problèmes à ce niveau, la solution passe par le fractionnement très en amont des volumes d'eaux pluviales si possible à l'endroit même où elles commencent à ruisseler.

Le Conseil général de Seine-Saint-Denis a intégré ces préoccupations dans son règlement d'assainissement et appliqué des stratégies de gestion conduisant à un ensemble de réalisations de lutte contre les inondations et la pollution sans construction de nouveaux rejets en rivière.

Limitier les débits passe par l'aménagement de l'espace et le stockage provisoire dans des bassins de retenue.

Les premiers bassins ont été construits dans des zones inutilisables pour d'autres usages (délaiés d'autoroutes, anciens marais...).

L'entreprise Quillery Environnement Urbain a réalisé nombre de ces ouvrages : bassin de la Molette, des Brouillards, du Petit Marais, du Blanc Mesnil, du ru de Montfort, de Bondy, de la Ferme Bataille à Villepinte, des Pavillons-sous-Bois, totalisant 500 000 m³ sur 1 000 000 m³ de l'ensemble du département dont l'objectif est, à terme, de 2 500 000 m³.

Un système élaboré de gestion permet d'optimiser les débits tant à l'entrée qu'au rejet dans le réseau. Ces bassins sont composés en général d'un bassin revêtu en dur, utilisé pour la décantation des eaux chargées, communiquant avec un bassin non revêtu. Après vidange, les dépôts sont récupérés et évacués. Dans le cas d'apports d'eau plus importants, celles-ci sont dirigées vers le second bassin. A l'aval, la vidange se fait gravitairement ou par pompage.

La régulation de l'ensemble des appareils, vannes, siphons, pompes est assurée par gestion auto-

matisée selon les informations recueillies par les appareils de mesure et le fonctionnement des autres ouvrages (un calculateur est installé dans le local technique).

Depuis quelques années, les bassins évoluent et sont maintenant construits enterrés.

Le choix répond à plusieurs exigences : manque de place, emplacement à proximité des réseaux, sûreté de fonctionnement.

Ces énormes quantités stockées sont porteuses de produits et dépôts polluants qu'il convient de traiter avant rejet dans le milieu naturel dont le seuil de tolérance face aux impacts de pollution n'est pas illimité.

Rappelons ce que souligne le CERGRENE (Centre d'enseignement et de recherche pour la gestion des ressources naturelles et de l'environnement) : "Pour un hectare imperméabilisé, un stockage d'environ 200 m³ est nécessaire pour intercepter plus de 90 % de la charge de pollution produite annuellement et plus de 70 % de celle produite lors d'événements critiques".

En conclusion, une bonne gestion des eaux passe forcément par :

- ◆ des questions à se poser : la fréquence d'utilisation, le choix du volume, les apports excédentaires, l'alimentation, l'hydraulique et l'entretien, le coût et la meilleure intégration possible dans l'environnement ;
- ◆ un savoir-faire sans cesse amélioré du constructeur et du gestionnaire.

La suite de cet article présente les réalisations de Quillery Environnement Urbain sous maîtrise d'œuvre de la direction de l'Eau et de l'Assainissement de Seine-Saint-Denis.

Les bassins première génération

Il s'agit des bassins dénommés :

- ◆ Les Brouillards (photo 1) ;
- ◆ La Molette (photo 2) ;
- ◆ Le Petit Marais ;
- ◆ Le vieux Blanc Mesnil ;
- ◆ La Ferme Bataille ;
- ◆ Coubron.



Photo 1
Le bassin des Brouillards à Dugny
The Brouillards basin in Dugny



Photo 2
Le bassin de la Molette à Dugny, Le Bourget et La Courneuve
The Molette basin in Dugny, Le Bourget and La Courneuve

Photo 3
Le bassin du Petit Marais
à Villepinte
*The Petit Marais basin
in Villepinte*



Photo 4
Le bassin
du vieux Blanc Mesnil
*The basin
of old Blanc Mesnil*



► Les bassins enterrés en site urbain

Ils sont au nombre de deux :

- ◆ Bondy;
- ◆ Pavillons-sous-Bois.

■ LE BASSIN DES BROUILLARDS À DUGNY (photo 1)

Il possède une capacité de rétention de 90 000 m³ auxquels s'ajoute une zone inondable.

Les principales quantités mises en œuvre sont les suivantes :

- ◆ terrassements : 100 000 m³;
- ◆ béton armé : 1 500 m³;
- ◆ fondations et revêtements de bassins secs et talus : 40 000 m³;
- ◆ revêtement terre végétale : 26 000 m³.

Cet ouvrage se compose de deux bassins reliés par un siphon en béton armé, le second bassin en herbe servant de déversoir au premier dans le cas de précipitations violentes et prolongées.

La particularité de ce chantier réside dans la nature du site de l'ancien bassin sur lequel sont en partie implantés les ouvrages. Il s'agit de tourbe, sur environ 4 m d'épaisseur, baignant dans la nappe phréatique sensiblement au niveau du fond de bassin à créer.

L'extraction, le chargement et l'évacuation de cette tourbe ont été réalisés à l'avancement, sous la protection d'importants pompages, d'un double

drainage et de rabattements de nappe pour les ouvrages en béton armé.

A la suite, ont été mis en œuvre sur un géotextile tissé résistant, 35 000 t de pierre calcaire cassée (tout-venant de carrière de l'Oise).

Cette phase, particulièrement délicate de la fondation, s'est passée sans encombre, grave laitier et enrobés étanches venant à la suite achever cette immense coque posée sur un marais.

■ LE BASSIN DE LA MOLETTE À DUGNY, LE BOURGET ET LA COURNEUVE (photo 2)

Sur un terrain d'environ 10 ha, trois bassins ont été réalisés d'une capacité de stockage de 200 000 m³. Une grande partie des terrassements a été réalisée sous la nappe phréatique. Ces ouvrages se composent de trois bassins reliés entre eux par des siphons et vannes complexes, y compris une station de pompage profonde destinée à baisser le niveau du plan d'eau du 3^e bassin en période d'orages.

Le premier bassin revêtu en béton est utilisé pour la décantation des eaux chargées. Après vidange, les boues sont récupérées puis évacuées. Dans le cas d'apport d'eaux important, celles-ci sont dirigées dans le bassin en eau par un siphon réglé.

A l'aval, des vannes réglables permettent de vidanger gravitairement, sous débit contrôlé, dans le collecteur de la Mollette.

La régulation de l'ensemble des vannes et siphons est assurée par gestion automatisée selon les informations recueillies par les sondes piézométriques et le fonctionnement du reste des autres ouvrages (un calculateur est installé dans le bâtiment technique).

Les principales quantités mises en œuvre sont :

- ◆ terrassements : 450 000 m³;
- ◆ béton armé : 2 000 m³;
- ◆ fondation et revêtement de bassins secs et talus : 25 000 m².

■ LE BASSIN DU PETIT MARAIS À VILLEPINTÉ (photo 3)

Ces bassins ont été exécutés en deux tranches autorisant au total une retenue de 50 000 m³ d'eau. Au moment des orages, les eaux provenant de la ZAC de Paris Nord II par un collecteur ø 2800, sont décantées dans une chambre à sable, stockées dans les bassins et réinjectées dans le réseau d'évacuation (1 m³/s maximum) avec un système électromécanique de régulation intégré aux ouvrages.

Les principales quantités mises en œuvre sont :

- ◆ terrassements : 220 000 m³;

- ◆ revêtements en béton armé de treillis (fonds de bassins et talus) : 30 000 m²;
- ◆ béton armé pour ouvrages : 3 000 m³.

■ LE BASSIN DU VIEUX BLANC MESNIL (photo 4)

Objet d'un premier aménagement en 1974, ce bassin – limité par la Morée, la RD 40, la déviation de la RN 2 et la voie ferrée d'accès à Garonor – a été approfondi pour augmenter sa capacité et la porter à 50 000 m³. La principale difficulté fut le travail sous le niveau de la nappe et d'assurer la stabilité des talus, pente 1/3, finalement revêtus de béton ainsi que le fond de bassin muni de clapets de décharge, pour équilibrer les sous-pressions.

■ LE BASSIN DE LA FERME BATAILLE À VILLEPINTE (photo 5)

L'originalité du complexe réside dans son intégration au parc du Sausset dont les bassins sont une pièce maîtresse du paysage. Il se caractérise par :

- ◆ une capacité d'environ 70 000 m³;
 - ◆ un bassin revêtu de 10 000 m³;
 - ◆ un bassin de 20 000 m³,
- et zones inondables dans le parc du Sausset pour 40 000 m³.

■ LE BASSIN DE COUBRON (photo 6)

La création d'une zone pavillonnaire et d'équipements collectifs dans "le bas de Coubron" nécessitait, soit le doublement du collecteur du ru de Chantereine (qui appartient au bassin versant de la Marne), soit la construction d'un ouvrage de retenue des eaux pluviales. C'est cette dernière solution qui s'avérait la plus simple en raison de l'existence des terrains délaissés (marécages) peu valorisables dans cette zone située à la limite de la Seine-et-Marne et bordée de terrains agricoles. Ce bassin a été réalisé en deux zones distinctes :

- ◆ un bassin sec revêtu servant de décanteur pour les petites pluies;
- ◆ un bassin en terre engazonnée, séparé du bassin revêtu par un talus.

La capacité des ouvrages est de l'ordre de 30 000 m³.

■ LE BASSIN DE LA MARE ROSSIGNOL À BONDY (photo 7)

Afin de limiter les inondations sur la commune de Bondy, le Département a réalisé un ouvrage de retenue enterré sous le terrain de football d'entraînement situé rue Marx Dormoy. Les études



Photo 5
Le bassin de la ferme Bataille
The Ferme Bataille basin



Photo 6
Le bassin de retenue de Coubron
The Coubron retention basin



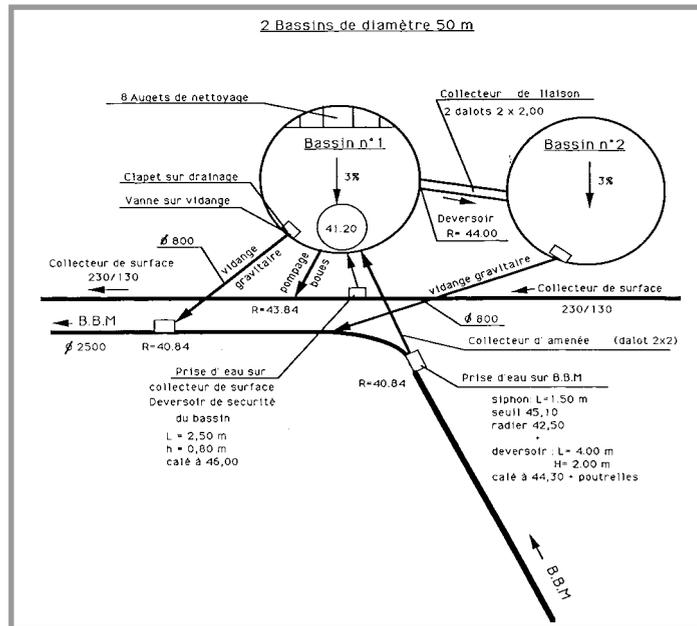
Photo 7
Le bassin de la mare Rossignol à Bondy
The Rossignol pond basin in Bondy

géologiques réalisées, ont permis de concevoir un ouvrage constitué de deux bassins de diamètre 50 m et d'une profondeur moyenne de 7,50 m par rapport au terrain naturel situé à la cote 48,50 m. Le mode de réalisation retenu a été celui de la paroi moulée circulaire d'une épaisseur de 0,80 m dont la partie inférieure est fichée à une profondeur approximative de 10,00 m par rapport au sol. Cette technique, permet par sa forme auto-stable d'éviter l'usage de tirants très coûteux nécessaires pour un ouvrage de forme rectangulaire.

La structure des ouvrages se présente comme suit :

- ◆ deux bassins de diamètre 50,00 m (radier 41,20 m au point le plus bas);
- ◆ dalle supérieure (susceptible de supporter un passage de véhicules légers) supportée par des poteaux et des poutres;
- ◆ fond de bassin (dalle en béton armé) muni d'une pente de 3 % dirigée vers l'exutoire;
- ◆ deux dalots 2,00 x 2,00 m calés à la cote 44,00 m

Figure 1
Le bassin de la mare Rossignol à Bondy.
Schéma de fonctionnement
The Rossignol pond basin in Bondy. Operating diagram



► (plus poutrelles) réalisés entre les bassins n° 1 et n° 2.

Capacité des bassins de retenue

La cote de remplissage maximale des bassins fixée à 46,50 NGF donne une capacité totale de 15000 m³. Le principe de fonctionnement des bassins est indiqué sur la figure 1.

Alimentation des bassins

Le remplissage du bassin n° 1 s'effectue par l'intermédiaire de deux prises d'eau distinctes :

- ◆ sur le collecteur profond (diamètre 2500) du Bondy - Blanc Mesnil (40,84) un ouvrage calé à la cote 44,30 permet, par l'intermédiaire d'une canalisation, d'alimenter le bassin;

- ◆ sur le collecteur de surface T 230/130 une prise d'eau a été réalisée (radier : 43,83 m);

Le remplissage du bassin n° 2 s'effectue à partir du bassin n° 1 par l'intermédiaire d'un ouvrage de déversement calé à la cote 44,00 m.

Vidange des bassins

La vidange des deux bassins de retenue se fait de façon distincte. Le bassin n° 1 est vidé de façon gravitaire dans le collecteur Bondy - Blanc Mesnil par un ouvrage de rejet calé à la cote 40,84 m. Les boues après décantation dans une fosse prévue à cet effet, sont pompées et envoyées dans le collecteur de surface.

Le bassin n° 2 est vidé de manière gravitaire dans le collecteur Bondy - Blanc Mesnil par un collecteur de vidange calé à la cote 40,84 m.

Nettoyage des bassins

Le nettoyage des bassins est effectué par utilisation d'augets auto-basculants situés dans le bassin n° 1. Le basculement en cascade de ces augets provoque un effet de chasse sur le fond du bassin (pente 3 %). Ces dépôts sont alors rassemblés

dans une fosse puis pompés vers le collecteur de surface.

Local technique

Un local technique implanté à proximité des vestiaires existants contient les organes (automatismes, armoires) nécessaires au fonctionnement et à la gestion du bassin.

LE BASSIN PLACE DE LA MAIRIE À PAVILLONS-SOUS-BOIS

Lors d'orages importants, les eaux de ruissellement provenant du plateau de Montfermeil dépassaient largement les capacités du réseau et provoquaient d'importantes inondations dans le centre-ville des Pavillons-sous-Bois et en particulier sur la Place du Marché.

Conscients de ce problème, le Conseil général de la Seine-Saint-Denis et la ville des Pavillons-sous-Bois ont décidé la construction d'un bassin de rétention en amont, place de l'Hôtel de Ville. Une construction qui figurait au schéma départemental d'assainissement et traduisait la convention d'environnement urbain signée entre les deux collectivités en 1994. Quant au financement de l'ouvrage, le Conseil général a bénéficié de subventions et de prêts de l'Agence de bassin Seine-Normandie et du Conseil régional d'Île de France.

Le principe retenu est un bassin enterré sous la place, d'une capacité de 15000 m³ utiles, avec une emprise circulaire au sol de 42 m de diamètre intérieur, pour une hauteur d'eau moyenne de 12 m. Le temps de remplissage pris en compte est d'une heure. Quant aux équipements de pompage, ils permettent d'assurer une vidange en 7 heures environ. Les travaux ont été confiés à Quillery Environne-

Photo 9
Le bassin de rétention des Pavillons-sous-Bois en cours de construction

The retention basin of Pavillons-sous-Bois under construction



Photothèque Quillery / Précision Photographique



Photo 8
A Pavillons-sous-Bois : le bassin d'orage

In Pavillons-sous-Bois : the storm basin

ment Urbain en décembre 1996, avec un délai de 24 mois, ramené à 19 mois pour limiter la gêne des riverains (photos 8, 9 et 10).

Les travaux se sont déroulés en quatre phases principales. Tout d'abord, le réservoir principal, qui comprenait la réalisation d'une enceinte en parois moulées et de dix barrettes profondées, le terrassement à ciel ouvert, l'exécution d'un complexe drainant et du radier, les aménagements de génie civil (voiles, puits de chute et de drainage, bâches de pompage...), la pose des bacs de rinçage et la couverture (poutres BA, dalles alvéolaires et dalle de compression). Puis, les ouvrages annexes : prise d'eau, bêche de refoulement, ouvrage de rejet, raccordement sur le collecteur existant, local technique enterré. Les équipements : vanne secteur, pompes de vidange, pompes de drainage, pompes à boues, pompe de brassage, automatismes, électricité, trappes et passerelles.

Enfin, l'aménagement de la place, avec dallage en béton désactivé, équipements routiers et espaces verts.

Les difficultés majeures d'exécution provenaient de l'étréouissement des emprises du chantier, qui se limitaient quasiment à celles des ouvrages et au site urbain à forte circulation : piétons, personnel de la mairie, arrêt de bus RATP, parking souterrain mitoyen...

L'installation d'une grue à tour en fond du bassin a permis de réaliser tous les ouvrages de génie civil en moins de 6 mois, y compris la pose des éléments préfabriqués pour la couverture.

Les principales quantités mises en œuvre furent :

- ◆ parois moulées : 2 260 m²
- ◆ terrassements : 19 000 m³ ;
- ◆ bétons (hors parois moulées) : 1 500 m³ ;
- ◆ coffrages : 1 650 m² ;
- ◆ armatures : 65 000 kg ;
- ◆ dalles alvéolaires : 1 320 m² ;
- ◆ béton désactivé : 1 900 m².

Photo 10

Vue générale du bassin des Pavillons-sous-Bois après travaux

General view of the Pavillons-sous-Bois basin after works



ABSTRACT

Example of rainwater management in the Seine-Saint-Denis region

J.-L. Naudé

This article describes the strategies applied by the Seine-Saint-Denis regional council in flood and pollution control, involving temporary storage of rainwater in retention basins. In the past 20 years, Quillery Environnement Urbain has been actively participating in the set-up of these structures, some examples of which are described in the article.

RESUMEN ESPAÑOL

Ejemplos de gestión de las aguas pluviales en el departamento de Seine-Saint-Denis

J.-L. Naudé

En el presente artículo se describen detalladamente las estrategias contra las inundaciones y la contaminación, puestas en aplicación por la Diputación General del departamento de Seine-Saint-Denis, que tiene por propósito el almacenamiento provisional de las aguas pluviales en embalses. Desde hace veinte años, Quillery Environnement Urbain participa activamente en la ejecución de estas estructuras, con algunos ejemplos que figuran a continuación.

Orly : Travaux sous haute sécurité dans un émissaire d'envergure

Joël Genty

SERVICE D.E.S.M.I.
TRAVAUX
Aéroports de Paris



Jean-Luc Debrin

INGÉNIEUR TRAVAUX
SADE



Afin d'améliorer la capacité hydraulique de 30 % de l'émissaire principal d'eaux pluviales de l'aéroport d'Orly (3 m de diamètre, 2250 m de long et 20 m de profondeur), ADP a souhaité remplacer les deux conduites existantes en amiante ciment (de diamètres 250 et 350 mm), par une canalisation de 400 mm de diamètre, sans interrompre le fonctionnement de l'aéroport et de sa station d'épuration.

Ce chantier a été réalisé en sécurité accrue, en raison d'une part, de la rapidité de la mise en charge du collecteur en cas de fortes pluies, d'autre part, de la présence d'amiante dans les deux canalisations à extraire.

La procédure spécifique mise en place pour la dépose des conduites en amiante ciment a prouvé sa remarquable efficacité puisque aucune fibre d'amiante n'a été décelée au cours de cette opération effectuée dans le délai imparti.

LE CONTEXTE DU CHANTIER

L'émissaire principal chargé de collecter les eaux pluviales de l'aéroport d'Orly avant rejet dans la rivière Orge, est un ouvrage de 3000 mm de diamètre et 30 cm d'épaisseur. C'est une construction traditionnelle maçonnée, de section circulaire, construite dans les années cinquante, qui croise à 22 m de profondeur deux pistes de l'aéroport. Les eaux rejetées dans l'Orge doivent respecter le niveau Q2, ce qui correspond à un niveau moyen en terme de qualité (classement qualité allant de Q1 à Q3, Q3 désignant la situation la plus dégradée). Ce niveau de qualité a été atteint grâce à d'importants travaux entrepris en 1994 sur le collecteur et comportant notamment la construction d'une station de traitement des eaux pluviales (STEP). L'installation comporte un poste de relevage, un bassin de stockage avant traitement, un dessableur (temps de pluie), un décanteur (temps sec), des filtres à sable, un stockage après traitement, un décanteur (récupérateur d'hydrocarbures et de boues), un épaisseur de boues et un poste de refoulement.

Les diverses évolutions de l'aéroport depuis sa construction ont accru de façon importante les surfaces collectrices à tel point qu'en 1995, lorsqu'un orage, de type dit décennal éclate au-dessus d'Orly, le débit de l'émissaire atteint le niveau critique de plus de 19 m³/s en quelques minutes provoquant un refoulement des effluents par le point bas et l'inondation de la RN7 et du parking de l'aérogare ouest (Po).

Par ailleurs, l'émissaire sert également de galerie technique pour deux canalisations d'eaux usées de 250 mm et 350 mm de diamètre disposées en encorbellement (figure 1). Il est rapidement appa-

ru que la seule possibilité de diminuer la section mouillée de l'ouvrage – et par conséquent d'augmenter le débit maximum de l'émissaire – consis-



Le chantier à proximité des pistes d'Orly

Worksite near Orly airport runways

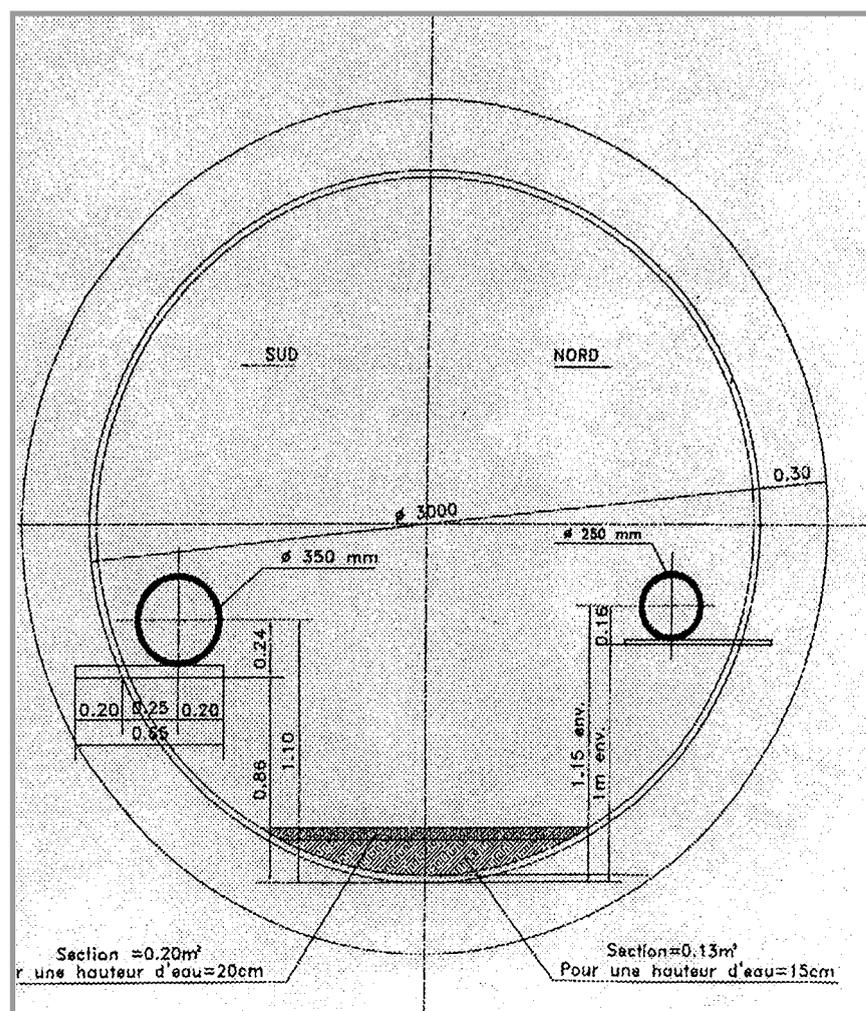


Figure 1
Coupe type sur section courante des anciennes canalisation d'eaux usées

Typical section of old wastewater piping

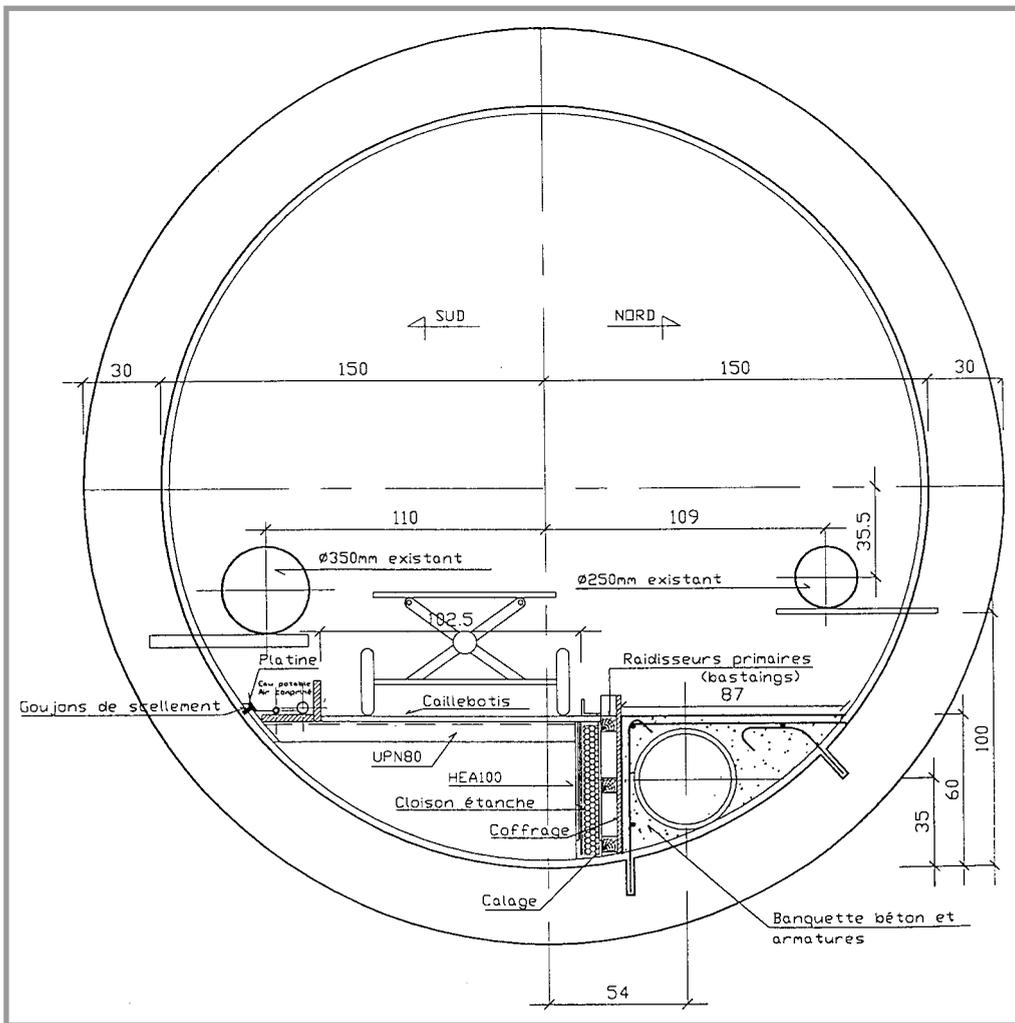


Figure 2
Coupe type sur section courante
de la nouvelle canalisation en PVC
Typical section of new PVC piping

► tait à substituer les deux canalisations existantes vétustes en amiante ciment par une canalisation en PVC mise en radier dans du béton (figure 2).

■ LES TRAVAUX À RÉALISER

Les travaux consistent en la pose d'une conduite d'eaux usées en PVC CR8 de 400 mm de diamètre noyée dans une banquette béton dans l'émissaire sud de 3000 mm de diamètre situé dans l'emprise de l'aéroport.

Ils comprennent essentiellement :

- ◆ la confection d'un batardeau et de platelage pour la réalisation des travaux et le coffrage de la banquette ;
- ◆ le raccordement des différentes chutes existantes sur le réseau de 400 mm projeté et les branchements provisoires des chutes d'eaux usées en place ;
- ◆ le scellement et la reprise des nouveaux aciers ;
- ◆ la fourniture et la pose de la conduite de 400 mm de diamètre en PVC CR8 ;
- ◆ la réalisation d'une banquette en béton armé ;
- ◆ la fourniture et la pose de trappes de visite (étanches à 1,5 bar) tous les 50 m ;
- ◆ la dépose et l'évacuation des conduites en amiante ciment de 250 et 350 mm de diamètre dans une décharge de classe 1.

A noter que les travaux doivent être réalisés en sécurité accrue en raison d'une part, de la rapidité de la mise en charge du collecteur en cas de fortes pluies et de l'impossibilité de dévier le flux, et d'autre part, de la présence de l'amiante dans les deux conduites à extraire.

■ DES CONTRAINTES EN NOMBRE

Au nombre des difficultés on citera la configuration du site et la permanence de l'exploitation des ouvrages en place, mais surtout l'aspect fondamental relatif à la sécurité, à savoir la présence d'amiante et les conditions d'évacuation du chantier en cas d'orage.

Un site particulier

La proximité des pistes de l'aéroport et l'exiguïté de l'émissaire et des puits d'accès ont entraîné quelques contraintes auxquelles se sont ajoutées celles inhérentes à tous les travaux en souterrain réalisés en présence d'eau. Il a donc été décidé de canaliser l'eau pendant la phase travaux avec la mise en place d'un batardeau, et d'équiper le chantier de tous les dispositifs nécessaires à la sécurité du personnel : protection individuelle, protections collectives, protection individuelle amiante, dispositif de sécurité pour l'évacuation rapide du personnel en cas de montée des eaux, dispositif de détection des gaz à caractère explosif (présence possible de kérosène), alarmes visuelles et sonores, détecteurs de fumée, groupe électrogène de sécurité, dispositif d'évacuation des blessés, installation d'énergie électrique (BT) et d'énergie pneumatique (air comprimé sur 2500 ml en 80 mm de diamètre), d'une installation en eau potable sur 2500 ml, d'un réseau de téléphonie (ligne filaire), et d'une ventilation (deux turbines hélicoïdes RF 20 de débit 18689 m³/h).

La présence d'amiante

C'est ce point qui a mobilisé le plus d'attention, tant la manipulation de l'amiante est désormais reconnue comme très dangereuse.

En effet, les opérations de dépose de canalisations en amiante ciment comportent habituellement des travaux de tronçonnage, de chanfreinage ou de carottage qui génèrent des poussières susceptibles de contenir des fibres d'amiante.

La réglementation impose que la concentration moyenne en fibres d'amiante dans l'air inhalé par un travailleur ne dépasse pas 0,1 fibre par centimètre cube par heure de travail.

Les consignes de travail sur de telles canalisations sont donc draconiennes tant en ce qui concerne les protections collectives et individuelles des personnes, que la protection du périmètre, le choix



La construction du batardeau
Cofferdam construction

des outils et le comportement du personnel dans de telles interventions.

Restent les contraintes liées au nettoyage de la zone d'intervention, à l'élimination des déchets solides et de ceux susceptibles de contenir des fibres d'amiante : la législation impose une mise en décharge de classe 2; le choix technique s'est porté sur une décharge de classe 1.

C'est pour supprimer les contraintes liées au risque présenté par l'amiante qu'a été imaginé un procédé technique unique (brevet en cours d'obtention) qui permet de réaliser les travaux de dépose des canalisations sans découpe de l'amiante et donc sans production de poussières.

Ce procédé pourrait s'appeler "déboîteur hydraulique de tube".

Les obligations techniques

Trois d'entre elles ont pesé plus que d'autres dans le bon déroulement du chantier, à savoir :

- ◆ l'impossibilité d'utiliser le puits de la station de traitement des eaux pluviales (STEP) pour le transfert des matériaux (en raison du risque de détérioration d'une pompe);
- ◆ l'exploitation de la STEP reste prioritaire; en conséquence, les travaux en aval de la station doivent se faire suivant une procédure "consignation - déconsignation" (la capacité de stockage des lagunes étant limitée à moins de 8 heures);
- ◆ la nécessité d'adapter le déroulement du chantier en fonction des bulletins météorologiques quotidiens.

Un délai d'exécution à respecter

Le délai de réalisation a été fixé à 5 mois à compter de la date fixée par l'ordre de service, à savoir le 18 août 1998.

Par ailleurs, pour tenir compte des conditions climatiques saisonnières, les travaux devaient impérativement être réalisés en dehors de la période à pluviométrie orageuse, laquelle, en région parisienne, se situe entre le 1^{er} avril et le 30 septembre. Or, fin 1998, l'Ile de France a connu des pluies abondantes en novembre et décembre qui ont fortement perturbé le bon déroulement du chantier.

■ LA RÉALISATION DES TRAVAUX : LES CHOIX TECHNIQUES

L'installation du chantier et des installations de sécurité

Cette importante étape sous contrainte aéronautique a doté les équipes de personnel de moyens techniques et hygiéniques conséquents pour réaliser les travaux.



Le batardeau couvert
Covered cofferdam



La dépose de l'amiante
Asbestos removal



La dépose de l'amiante
Asbestos removal

La construction du batardeau est préférée au pompage de l'eau

La hauteur d'eau dans le collecteur, fonction de la pluviométrie était, dans les cas les plus favorables, de 10 à 15 cm (débit par temps sec) dans la partie amont et très faible dans la partie aval, elle-même déjà protégée par un batardeau. Le pompage de l'eau ayant été abandonné du fait de l'importance des débits rencontrés (débit moyen d'une canalisation de diamètre 800 mm en écoulement gravitaire), l'entreprise s'est alors orientée vers le canal couvert de plancher.

Pour canaliser l'effluent une paroi berlinoise a été construite, l'étanchéité du batardeau ayant été obtenue avec de la résine.

Cette paroi assurant la fonction de batardeau – servant également de support du plancher pour le transport des matériaux et matériels en galerie –, c'est la solution du plancher en bastinges qui a été choisie car c'était la seule qui permettait de supporter la charge des chariots.

A noter qu'au cours de ce chantier, le transfert des matériaux de la surface par la cheminée d'accès s'est effectué au moyen d'un portique avec utilisation de paniers métalliques afin d'éviter les chutes.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- 40 000 heures
- 40 personnes
- 650 m³ de béton mis en œuvre
- 18 t d'armatures
- 10 000 percements
- 140 t de matériaux extraits
- 140 t de matériaux introduits
- Dépose de 5 500 ml de canalisation amiante ciment
- Pose de 2 250 ml de canalisation PVC CR8

Le "big-bag" est coupé
The "big-bag" is cut



Les canalisations d'amiante
enveloppées
Encased asbestos
piping



La pose de la canalisation PVC et la réalisation de la banquette en béton

Le ferrailage de la banquette a été assuré par l'utilisation de filants soudés de 30 m de long, et la résine synthétique a permis de sceller les cadres d'armatures. De plus les "épingles" également scellées ont aussi permis de tenir les tubes au bon niveau. La pose des tubes et des regards de visite tous les 50 m a été coulée avec une pente de 3 ‰. Le coulage de la banquette en béton a posé de nombreux problèmes en raison des conditions d'accès au site :

- ◆ descente verticale de 30 m correspondant à la hauteur moyenne des cheminées d'accès à la galerie ;

- ◆ distance maximale à parcourir en galerie avec le tuyau de la pompe d'une longueur de 350 m.

Le début du bétonnage s'est effectué à 300 m du puits d'accès. La vitesse d'écoulement du béton, faible au début, a augmenté sensiblement au fur et à mesure que les pertes de charges diminuaient

et un système de régulation de la pompe a été nécessaire. Restait la phase la plus importante de l'opération mais aussi la plus risquée pour laquelle un outil spécifique a été mis en place : la dépose des canalisations amiante ciment.

■ L'ÉTAPE MAJEURE DU CHANTIER : LA DÉPOSE DES CANALISATIONS AMIANTE CIMENT

Les contraintes imposées par Aéroports de Paris ont été celles applicables à l'amiante sous forme de fibres qui sont beaucoup plus sévères que celles applicables à l'amiante agglomérée.

L'ouvrage étant enterré, elles supposaient l'utilisation d'un sas et donc d'un changement d'équipe toutes les 2 heures, entraînant une prolongation du délai de réalisation imparti.

Il a donc fallu imaginer une solution pour déposer les canalisations d'amiante sans les couper ni les détruire de façon à ne produire aucune fibre. Cette solution a été rapidement mise en place et a prouvé sa totale efficacité.

Une procédure particulière a donc été conçue pour cette opération, comportant :

- ◆ une évaluation des risques ;
- ◆ la mise en place d'une fiche d'aptitude médicale du personnel affecté à ce chantier ;
- ◆ une formation spécifique du personnel ;
- ◆ un suivi médical ;
- ◆ la définition d'un mode opératoire d'exécution de l'opération de dépose ;
- ◆ la signalisation des zones d'intervention ;
- ◆ et enfin, le recueil et l'élimination des déchets.

La procédure de dépose des canalisations en amiante s'est déroulée en cinq phases détaillées ci-dessous (figure 3).

Phase n° 1

Mise en place d'une enveloppe étanche sur la zone de déboîtement des tronçons de 4 m des canalisations

Les tubes en amiante ciment (4 m de long chacun) sont assemblés par bagues pour le D 350 et par "slip-joint" pour le D 250. Les liaisons bague, tubes et tulipe, se font par joints caoutchouc. La procédure de dépose consiste à réaliser l'opération inverse de la pose, ceci afin d'éviter la découpe des tubes.

Pour extraire la partie du tube emboîtée (250) ou chasser la bague (350), il est nécessaire de produire un effort suffisant pour permettre au joint de se retourner. Un déboîteur a donc été conçu spécialement pour cette opération.

Par ailleurs, et afin d'éviter que des fibres d'amiante ne se libèrent dans l'atmosphère suite à un frottement sur les tubes et pièces en amiante, des

Phase 1 : placement of leakproof envelope over the disconnect zone. Phase 2 : placement of "big-bag" under the tube. Phase 3 : placement of disconnecter. Phase 4 : disconnection-sealing. Phase 5 : closing of "big-bag" and truck transfer

zones à protéger et à confiner sont déterminées :
 ♦ zone à protéger : surfaces d'appui des supports, surfaces de contact des vérins ;
 ♦ zone à confiner : zone emboîtée.

Une toile (GPK Products) de 1,20 m x 1,70 m est disposée sur la zone d'emboîtement et fermée aux deux extrémités. Elle est solidaire du tuyau par un ruban adhésif de 120 mm de large.

La toile est ensuite enduite sur sa face interne d'un revêtement adhésif.

Phase n° 2

Mise en place du "big-bag" sous le tube

Le "big-bag" est déployé ouvert sous le tuyau, entre les deux supports. Le vérin dont la tête est protégée par un coussin en néoprène, est placé sous le "big-bag". Le tuyau à déboîter est soulevé par le vérin de quelques millimètres, afin de positionner le "big-bag" sous le tuyau, au-dessus des supports. Le "big-bag" peut alors être refermé au 3/4 sur le tuyau. Un deuxième vérin sera ensuite positionné sous le tuyau à déboîter.

Phase n° 3

Mise en place du déboîteur

Le collier du déboîteur est fixé par serrage sur la partie du tuyau protégée par le ruban adhésif. La presse du déboîteur est centrée sur le manchon, de façon à conserver un jeu fonctionnel avec le tuyau. Les surfaces d'appui de la presse sont, quant à elles, en néoprène, et sont en contact avec la toile.

Phase n° 4

Déboîtement et scellement

Après extension des vérins, le tube est déboîté. Son extrémité demeure dans l'enveloppe de confinement.

A noter que lors du premier déboîtement, des mesures du niveau de fibres d'amiante ont été effectuées par un laboratoire agréé; aucune particule n'a été décelée dans l'atmosphère et l'opération a donc pu être poursuivie.

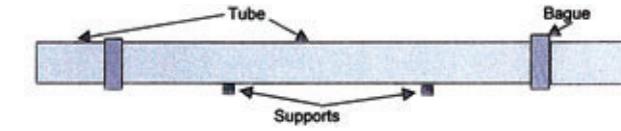
Le tube se déplace alors par translation grâce aux roues des vérins supports. Le tube est suffisamment dégagé pour permettre le déplacement de la toile. Celle-ci est collée, puis découpée. Le "big-bag" est fermé.

Phase n° 5

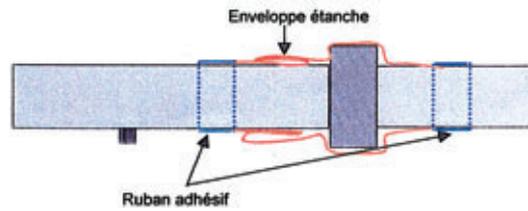
Fermeture du "big-bag" et transfert sur le chariot

Le tuyau est transféré sur le chariot par les poignées de levage du "big-bag". Le chariot est tracté jusqu'à la STEP. A l'extrémité de la galerie, le tube est repris par un palan sur rails et déposé sur

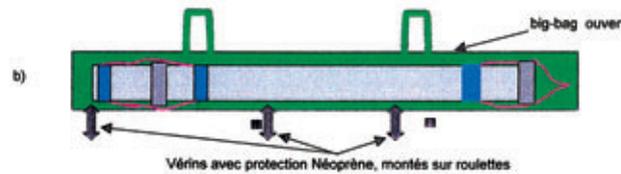
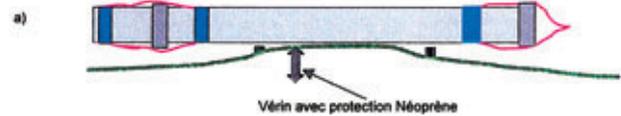
Phase 1 : Mise en place de l'enveloppe étanche sur la zone de déboîtement



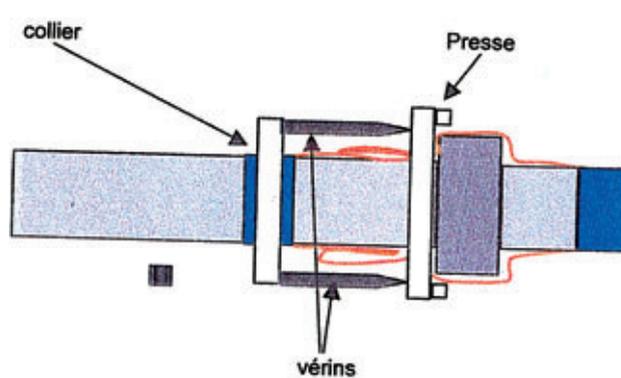
Mise en place de l'enveloppe étanche sur la zone de déboîtement



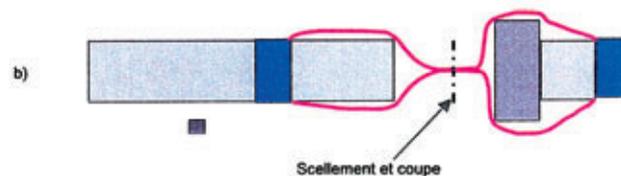
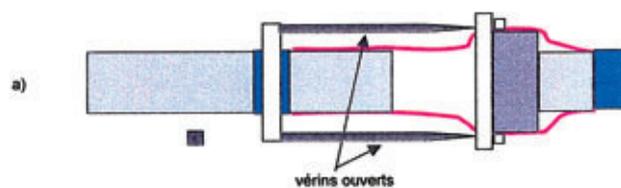
Phase 2 : Mise en place du "big-bag" sous le tube



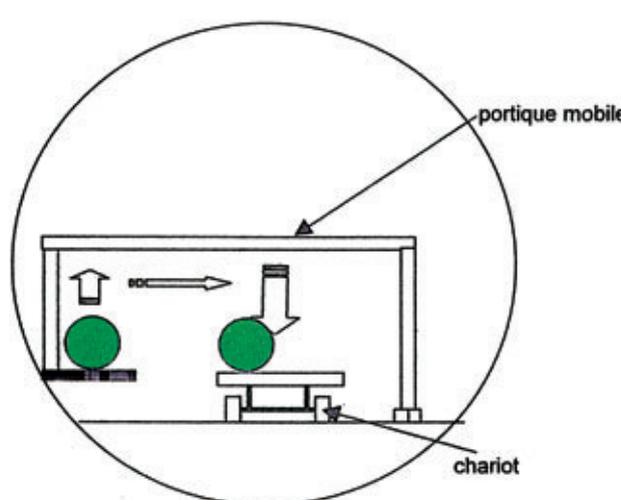
Phase 3 : Mise en place du déboîteur



Phase 4 : Déboîtement-scellement



Phase 5 : Fermeture du "big-bag" et transfert sur le chariot





Mise en place
des portiques

Placing
the gantries

► un chariot dans le puits de la STEP. Il est alors repris par la grue qui l'extrait du puits et le dépose dans la benne de mise en décharge.

Chacune des manipulations s'est effectuée dans des conditions optimales qui ont permis de respecter le délai. Ce sont une vingtaine de tubes de 4 m, soit entre 80 et 100 m qui ont ainsi été déposés chaque jour. Au final, cette opération de dépose a été répétée 1375 fois sans que la moindre fibre d'amiante ne soit décelée dans l'air !

■ PRIORITÉ À LA SÉCURITÉ

Ce chantier s'est déroulé dans des conditions optimales de sécurité et de qualité. La procédure spécifique mise en place pour la dépose des canalisations en amiante ciment a prouvé sa remarquable efficacité.

Le partenariat étroit entre ADP et la SADE a permis de surmonter les difficultés inhérentes à ce chantier très spécifique tant du point de vue de la sécurité que de la technique mise en œuvre. Cette collaboration efficace a conduit à la pérennisation des ouvrages principaux d'évacuation EP et EU de la deuxième plate-forme aéroportuaire de France.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage : Aéroports de Paris

Maitre d'œuvre

Pierre Lejet - Chef de Service D.E.S.M.I - Maintenance Infrastructure Sud - Orly

Coordinateur Sécurité - Santé : GEMO

Entreprise : SADE

ABSTRACT

**Orly : safety works
in a project of wide scope**

J. Genty, J.-L. Debrin

In order to improve the hydraulics of a deep rainwater drainage canal (diameter 3 m, length 2 250 m and depth 20 m), ADP (Aéroports de Paris) wished to replace the two existing asbestos cement pipes (diameters 250 and 350 mm) with a 400 mm diameter pipe, without interrupting the operation of the neighbouring sewerage plant.

This project was conducted under increased safety conditions due to both the filling speed of the drainage canal in the event of heavy rain and the presence of asbestos in the two pipes to be removed.

The specific procedure implemented to remove the asbestos cement pipes proved to be remarkably effective since no asbestos fibres were detected during this operation which was completed on schedule.

RESUMEN ESPAÑOL

**Orly : Trabajos en régimen
de alta seguridad
en un emisario de gran
envergadura**

J. Genty, J.-L. Debrin

Con el fin de mejorar las características hidráulicas de un emisario profundo de aguas pluviales (3 m de diámetro, 2 250 m de largo y 20 m de profundidad), ADP (Aéroports de Paris) decidió sustituir los dos conductos de asbestocemento existentes (de diámetros 250 y 350 mm) por una tubería de 400 mm de diámetro, sin interrumpir el funcionamiento de la estación depuradora vecina.

Esta obra se realizó con una seguridad reforzada debido, por un lado, a la rapidez en que se pone en carga el colector en caso de fuertes lluvias y, por otro lado, a la presencia de asbesto en las tuberías que debían extraerse.

El procedimiento específico empleado para desmontar los conductos de asbestocemento probó su notable eficacia, ya que no se detectó ninguna fibra de asbesto durante esta operación, efectuada por otra parte en el plazo impartido.

Haliotis : la station de la ville de Nice

Une nouvelle unité de traitement

En 1994, la Ville de Nice décidait de se doter des techniques les plus récentes en matière de traitement biologique des graisses. Cette unité de traitement, d'une capacité journalière de 10 m³, la plus importante en Europe, fait partie d'un ensemble de réalisations destiné à améliorer la qualité et la fiabilité de traitement des effluents arrivant à Haliotis. Elle permet notamment, grâce à un traitement *in situ*, de s'affranchir des contraintes liées au transport et à l'élimination des produits graisseux dans les fours de l'usine d'incinération des ordures ménagères de la ville de Nice. Les travaux d'un coût global de 110 millions de francs réalisés en 41 mois se sont achevés en juin 1998.



© Alain Malaval / Artval Center

Photo 1
Vue d'ensemble
du complexe Haliotis
*General view
of Haliotis complex*

Dès 1898, l'administration municipale fit établir un projet très complet pour l'assainissement de l'ensemble de la ville de Nice. Compte tenu de l'existant, c'est un système unitaire qui fut retenu et étendu aux nouveaux quartiers. Les eaux ainsi drainées étaient recueillies par un collecteur intercepteur général longeant le rivage de la Méditerranée et le déversement se faisait par un émissaire en partie ouest de la ville. A partir de 1930, ce dispositif, bien que complété au fur et à mesure de l'augmentation de la population s'est avéré insuffisant pour recevoir l'effluent correspondant à une population voisine des 250 000 habitants.

Ainsi, jusqu'en 1967, diverses extensions furent réalisées en transformant ce réseau de type unitaire en réseau mixte comprenant :

- ◆ un système séparatif dans les quartiers périphériques;
- ◆ un système unitaire dans le centre-ville.

Puis, en octobre 1967, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France a approuvé le "Dossier d'assainissement de l'agglomération niçoise" établi par les services Techniques de la Ville de Nice. Celui-ci comprenait notamment la construction – au quartier Ferber à l'extrémité ouest de la promenade des Anglais – d'une station de relevage et de prétraitement des effluents.

Cette première usine de "prétraitement de Ferber"

réalisée en 1970 bénéficia à l'époque de sa construction des technologies les plus avancées.

Ce dispositif de traitement a ensuite été sécurisé et complété au fil du temps compte tenu des avancées liées à la technologie du traitement de l'eau, dans laquelle la France tient un rôle prépondérant. Ainsi entre les années 1988 et 1992 plusieurs installations sont venues compléter ce dispositif :

- ◆ le complexe Haliotis d'une capacité de traitement 650 000 équivalents habitants avec son unité biologique mis en service dès 1988 et son traitement de désodorisation de l'air, à l'époque le plus important en France ;

- ◆ une chaîne de secours de traitement de l'air en 1992 afin d'éviter toute nuisance en cas d'incident survenant à l'installation principale et pendant les opérations de maintenance de celle-ci (photo 1). Cependant, les ouvrages de prétraitement restaient très proches de leur état initial. Ainsi en 1994 la municipalité décidait de les doter des améliorations les plus récentes en matière de ventilation, traitement de l'air vicié avant rejet à l'atmosphère, traitement biologique des graisses, et secours des installations de relèvement par un groupe électrogène de 1 600 kVA couplé sur le réseau HT du complexe.

■ LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL

Les travaux d'un coût global de 110 millions de francs et d'une durée de 41 mois ont été engagés en janvier 1995 pour être achevés en mai 1998. L'ensemble de ces nouveaux équipements a nécessité la réalisation de plus de 900 m² de bâtiments neufs :

- ◆ un bâtiment "locaux techniques généraux" d'une superficie de 420 m² abritant l'ensemble des installations de distribution électrique et de ventilation;
- ◆ un local "réactifs" abritant les trois cuves de stockage des réactifs de l'installation de désodorisation de 110 m²;
- ◆ un bâtiment "désodorisation" de 218 m² et d'une hauteur totale de 14 m;
- ◆ un bâtiment "de traitement des graisses" de 186 m² et d'une hauteur totale de 12 m dont 5 m hors sol, comprenant notamment deux bassins enterrés d'un volume de 540 m³ chacun.

L'édification de l'ensemble de ces bâtiments dans un environnement sensible lié à la proximité de l'aéroport international Nice Côte d'Azur, au sein d'une exploitation en service et qui plus est dans un

d'épuration

des graisses

sol hétérogène (ancienne zone remblayée sur la mer), encombré de nombreuses canalisations, réseaux divers, a nécessité la mise en œuvre de techniques de fondations diverses :

- ◆ radier général drainant sur bouchon injecté pour les deux bâtiments présentant une partie enterrée ;
- ◆ radier général sur micropieux pour les autres locaux.

De plus il a été nécessaire de prendre en compte la proximité d'ouvrages en fonctionnement très sensibles à toutes vibrations et notamment le relèvement des eaux brutes constitué de six vis d'Archimède dont l'arrêt entraîne immédiatement des déversements en mer.

Ainsi pour la construction des deux bâtiments enterrés, des enceintes en palplanches de plus de 15 m de profondeur ont été réalisées au moyen d'un procédé innovant dit "fonçage hydraulique". Le Silent Piler machine de haute technologie utilisée à cette occasion pour la première fois dans le Sud de la France a permis l'enfoncement de plus de 3600 ml de palplanches sans production de vibration, de bruit ou de choc (photos 2 et 3).

Cette machine de dimensions réduites (3,8 m x 2,5 m x 1,2 m) et d'un poids de 25 tonnes agissant tel un vérin de poussée maximale de 150 tonnes prend appui sur la partie du rideau en place pour provoquer l'enfoncement mètre après mètre des palplanches suivantes.

L'ensemble de ces ouvrages de génie civil a nécessité la mise en œuvre des matériaux suivants :

- ◆ bétons :
 - bétons pour radiers : 770 m³,
 - bétons pour voiles et superstructures : 1620 m³,
 - aciers pour armatures : 237,4 tonnes,
- ◆ rideau de palplanches :
 - longueur : 120 ml,
 - surface : 1600 m²,
 - poids total : 237 tonnes ;
- ◆ micropieux pour assise des radiers :
 - micropieux de 30 tonnes : 400 ml,
 - micropieux de 25 tonnes : 1400 ml ;
- ◆ bouchons injectés :
 - volume de coulis injecté : 2080 m³ ;
- ◆ terrassements généraux :
 - préterrassement à la cote + 1,90 NGF : 4100 m³,
 - terrassements en fouille : 1000 m³.

Tous les bétons ont fait l'objet d'un traitement de surface par peinture époxy, représentant :

- ◆ ouvrages neufs : 3100 m² ;
- ◆ ouvrages anciens (prétraitement) : 4800 m².

Les ouvrages exposés aux réactifs et aux graisses ont fait l'objet d'un revêtement anticorrosion spécial :



- ◆ bassins des graisses : 1000 m² ;
 - ◆ réactifs et désodorisation : 670 m².
- Tous les sols neufs ont fait l'objet de revêtement antipoussière.
- ◆ surface totale : 975 m².

■ INSTALLATION DE TRAITEMENT DES GRAISSES

Parmi, les nouveaux équipements mis en œuvre, le traitement biologique des graisses est certainement le plus innovant. Avec ses deux bassins de plus de 500 m³, il est le plus important actuellement en fonctionnement.

Les graisses traitées dans cette unité proviennent soit du réseau d'égout, soit d'apports extérieurs acheminés par des citernes de curage.

Les graisses qui représentent une forte proportion de la pollution totale mesurée à l'entrée des stations d'épuration perturbent les traitements biologiques.

- ◆ en réduisant l'efficacité du transfert d'oxygène ;
- ◆ en favorisant le développement d'organismes filamenteux.

D'une façon plus générale, elles contribuent en

Christian Allain



INGÉNIEUR EN CHEF
DIRECTION
DE L'ASSAINISSEMENT
Ville de Nice



Photo 3
3600 ml de palplanches enfoncées à 15 m de profondeur par la machine "Silent piler"

3,600 ml of sheetpiles driven to a depth of 15 m by the "Silent piler" machine

Photo 2
Fonçage hydraulique. Le "Silent piler" machine de 25 t équipée d'un vérin de 150 t de poussée
Hydraulic pile driving. The "Silent piler," a 25-t machine equipped with a cylinder offering 150 t of thrust



outre au "salissement" des ouvrages et en compliquent ainsi l'exploitation et l'entretien. Il est donc primordial de les éliminer le plus rapidement possible au début de la filière de traitement.

Auparavant les graisses étaient concentrées au prétraitement, puis reprises par camions-citernes pour être incinérées dans les fours d'ordures ménagères de la Ville de Nice.

Le transport de ces graisses et leur réception vers l'usine d'incinération donnaient lieu à des sujétions importantes :

- ◆ nuisances olfactives durant le transport malgré toutes les précautions prises ;
- ◆ évacuation en décharge pendant les périodes d'arrêt pour maintenance des fours, solution qui ne sera plus envisageable à très court terme.

De plus, le déversement dans l'unité de prétraitement des bacs à graisses avec dilution dans les eaux brutes puis reprise des graisses dans la ligne de séparation entraînait une surcharge inutile avec un risque de perte d'une partie de ces éléments vers la décantation.

Ainsi l'élimination de ces graisses par d'autres processus plus fiables et présentant moins de nuisances se posait donc avec d'autant plus d'acuité. Dès 1991, une unité pilote de traitement biologique a été mise en place afin de déterminer les concentrations et les rendements en pollution éliminée notamment sur la DCO en fonction de la qualité des apports.

Le procédé Biomaster de traitement

Le traitement retenu consiste à dégrader biologiquement les graisses, en milieu aérobie par acclimatation de bactéries spécifiques. Cette dégradation s'effectue en deux étapes :

- ◆ hydrolyse des triglycérides en acide gras ;
- ◆ oxydation de ces derniers en gaz et en eau.

Le procédé breveté "Biomaster^{GR}" de propriété Degremont ne nécessite aucun ajout de bactéries, la biomasse étant créée par le milieu nutritionnel équilibré.

La biomasse en excès est assimilable à des matières en suspension. Elle est reprise par trop plein des réacteurs et s'écoule dans une fosse de pompage équipée de deux pompes immergées de 10 m³/h pour être refoulée soit sur les bassins d'aération de la station d'épuration, soit en tête de station sans aucun inconvénient pour la filière de traitement.

Cette évacuation peut être modulée soit automatiquement soit manuellement au gré de l'exploitant (figures 1 et 2).

On conçoit ainsi aisément la réduction du coût de traitement par rapport aux autres solutions existantes. Les essais sur pilotes ont montré que 80 à 90 % des graisses sont éliminées pour des charges volumiques allant de 2 à 3 kg DCO/m³/jour.

L'installation d'Haliotis permet de traiter un flux de pollution de 2 000 kg/jour de DCO soit en moyenne 10 m³ de graisse par jour. La garantie constructeur correspond à une dégradation d'au moins 80 % des matières extractibles de l'Hexane.

Le transfert des graisses retenues au prétraitement

Les graisses recueillies dans le séparateur sont reprises et pompées vers le Biomaster dans la fosse de dépotage. La pompe de reprise disposée dans le séparateur spécialement conçu pour ce type de produit démarre sur une programmation et s'arrête lorsque la fosse est vide. Le débit est limité à 3 m³/h.

Une dilution s'avère nécessaire pour que la solution puisse être traitée dans le réacteur biologique ; elle est assurée à partir d'eau prétraitée reprise par une pompe volumétrique de 20 m³/h mise en service dès l'arrêt du pompage des graisses, ce qui assure en même temps un rinçage efficace de la tuyauterie de transfert.

Le temps de fonctionnement est adaptée à la dilution recherchée dans les réacteurs.

Le dépotage des produits graisseux

Le dépotage gravitaire des produits provenant des bacs à graisses s'effectue en enceinte fermée et ventilée pour éviter la propagation d'odeurs.

Le local peut recevoir des camions-citernes de 7 m³ et de dimensions maximales :

- ◆ longueur hors tout : 7,5 m ;
- ◆ hauteur hors tout : 3,7 m.

Les produits s'écoulent dans une fosse de 20 m³ protégée par une grille. Ils sont repris par une pompe identique à celle du transfert qui refoule dans l'un ou l'autre des deux réacteurs.

Pour assurer l'homogénéisation des produits et éviter les dépôts, la fosse de dépotage est équipée d'un agitateur. La dilution nécessaire est alors effectuée dans cette fosse à partir du réseau d'eau industrielle.

Conditions de fonctionnement nominales

La charge volumique nominale est de 2,5 kg DCO/m³/jour. Le volume d'aération correspondant est de 800 m³ réparti en deux cuves de 400 m³ chacune. Celles-ci peuvent fonctionner en parallèle indépendamment l'une de l'autre. L'oxygénation s'effectue à l'air atmosphérique injecté en fond de bassin. La quantité d'oxygène requise pour traiter 1 kg de DCO entrante est de 0,7 kg. Les besoins spécifiques sont donc de 1 400 kg/j (58,3 kg/h) pour un flux de pollution de 2 000 kg/j de DCO. Ce flux correspond en moyenne à 10 m³ de graisse par

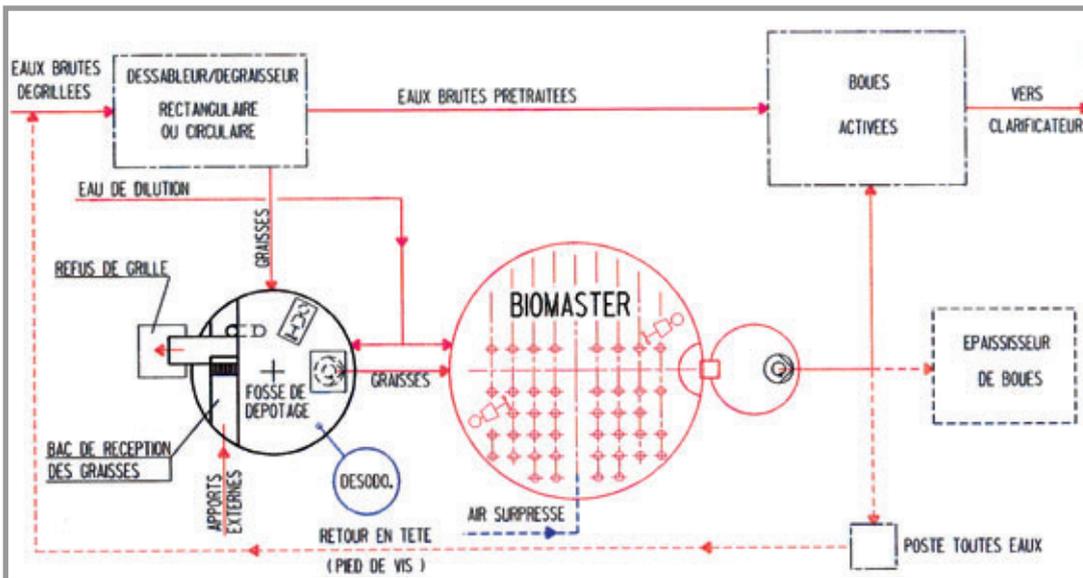


Figure 1
Schéma de principe du fonctionnement du Biomaster®. Intégration du complexe Biomaster® dans la ligne de traitement

Schematic operating diagram of the Biomaster® complex in the treatment line

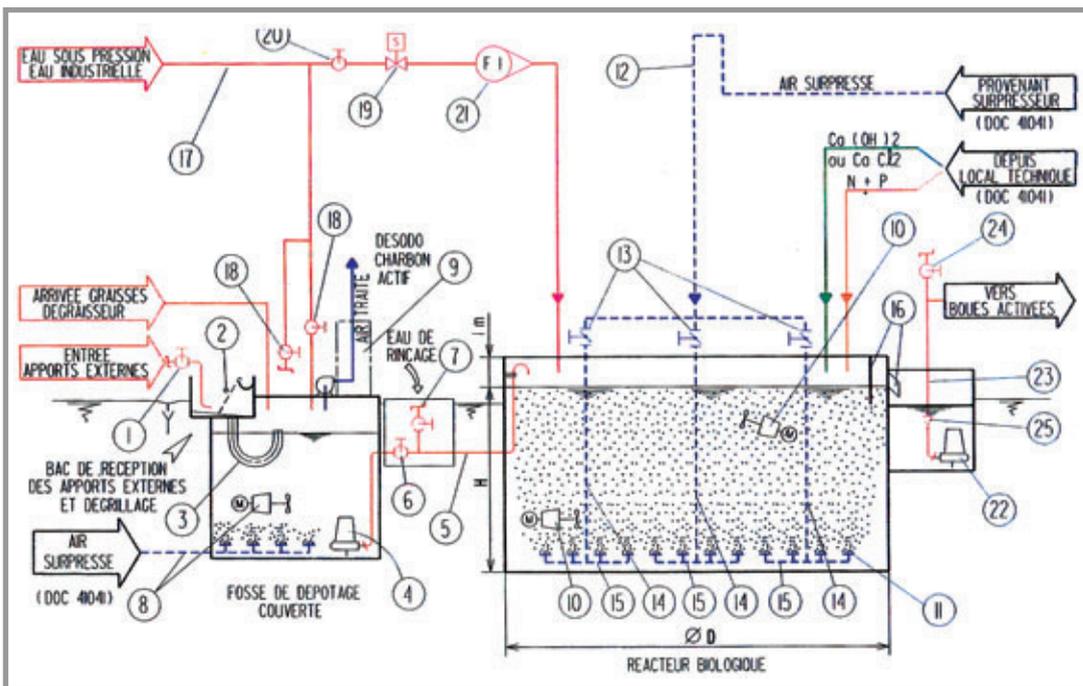


Figure 2
Schéma de principe du fonctionnement du Biomaster®
Schematic operating diagram of Biomaster®

jour à 200 g/l de concentration de DCO. Un groupe électro-surpresseur par cuve et un groupe supplémentaire de secours d'un débit de 1000 m³/h produisent les quantités d'air nécessaires.

La diffusion de l'air dans les bassins est assurée par 170 diffuseurs Vibrairs sur collecteurs en inox. L'homogénéisation de la liqueur dans chaque réacteur est assurée par deux agitateurs immergés.

Contrôle du fonctionnement des réacteurs biologiques

Le bon fonctionnement des réacteurs nécessite le contrôle du processus biologique par :

- ◆ la mesure de concentration de la liqueur aérée ;
- ◆ la mesure du PH ;
- ◆ la mesure de l'oxygène dissous ;
- ◆ l'équilibrage du milieu.

Compte tenu de la nature très hétérogène des produits admis, il est nécessaire d'équilibrer le milieu par injection :

- ◆ de chaux sur la base de 3 % de la DCO soit environ 60 kg/jour et 600 litres de lait de chaux à 10 % ;
- ◆ de phosphore et d'azote sous forme :
 - de phosphate : 21 kg/j,
 - d'urée : 63 kg/j.

Ces produits sont dissous dans un même bac à la concentration de 200 g/l ce qui représente un volume journalier de 420 l.

Matériels utilisés

Les matériels utilisés sont les suivants :

- ◆ surpresseurs d'air : Hibon - SNH9 - 1000 m³/h - 1 bar ;



- ◆ pompe de transfert des graisses : Ranson - RG5
- 10 m³/h;
- ◆ pompes de reprises des boues en excès : Flygt
DP 3085 - 10 m³/h - 1 bar;
- ◆ pompes de dilution : PCM MV3014 - 3 à 23 m³/h
- 4 bars;
- ◆ capteurs :
- PH : Zellweger 8350 Polymétron,
- concentration : Zellweger TX-RDP10/5,
- niveau : Hendress - Hauser Prosonic FDU80;
- ◆ agitateurs : Flygt.

■ CONCLUSIONS

Cet équipement en service depuis le mois de juin 1998 donne entière satisfaction à la ville de Nice et à l'exploitant de la station. Il a permis de régler de façon définitive les nuisances liées au transfert de produits gras vers l'usine d'incinération des ordures ménagères.

Il permet grâce à un traitement *in situ* de s'affranchir de tous les aléas pouvant survenir en cas d'incident sur les incinérateurs et évite le recours à des solutions que la réglementation n'autorisera plus dans un proche avenir – comme le dépôt en décharge – avec les nuisances liées à ce type de procédé.

Ainsi donc, le traitement biologique des graisses sans aucune incidence sur l'environnement, peut suppléer des méthodes qui ont certes fait leurs preuves par le passé, mais qui aujourd'hui sont appelées à disparaître rapidement afin de parfaire la protection du milieu environnant, enjeu majeur de la politique d'aménagement des collectivités locales notamment au sein de sites touristiques tels que Nice, capitale de la Côte d'Azur.

ABSTRACT

Haliotis : the treatment station of the town of Nice. A new grease treatment station

Ch. Allain

In 1994, the town of Nice decided to apply the most recent techniques with regard to the biological treatment of grease.

As Europe's largest treatment station, with a daily capacity of 10 m³, this facility forms part a construction programme designed to improve the quality and reliability of systems treating effluents coming into the town of Haliotis.

Thanks to in-place treatment, the unit obviates the need to transport and eliminate greasy products in the furnaces of the household refuse incineration plant operated by the Nice Township. The works, representing a total cost of FF110 million, were carried out in 41 months and were completed by June 1998.

RESUMEN ESPAÑOL

Haliotis : la estación depuradora de la ciudad de Niza. Una nueva unidad de tratamiento de las grasas

Ch. Allain

En 1994, la ciudad de Niza tomó la decisión de dotarse de las técnicas más recientes en el sector del tratamiento biológico de las grasas.

Esta unidad de tratamiento, de una capacidad diaria de 10 m³, la más importante de Europa, forma parte de un conjunto de realizaciones destinadas a mejorar la calidad y la fiabilidad del tratamiento de los efluentes destinados a Haliotis.

Fundamentalmente, esta unidad permite, mediante un tratamiento *in situ*, liberarse de los imperativos relacionados con el transporte y la eliminación de productos grasientos en los hornos de la planta de incineración de basuras domésticas de la ciudad de Niza.

Estas obras, de un coste global de 110 millones de francos, ejecutadas en 41 meses, han dado fin en junio de 1998.

Prévision et traitement du bruit sur les chantiers de travaux publics

Jusqu'à présent la gêne acoustique des riverains des chantiers de travaux publics est, à de rares exceptions près, constatée lors de la réalisation des travaux ou a posteriori. La mise en place d'une démarche d'acoustique prévisionnelle permet dans les choix de l'organisation du chantier, des techniques et des engins, d'anticiper et réduire les problèmes d'insertion sonore du chantier vis-à-vis du voisinage.

La disposition d'un outil de prévision acoustique est une aide précieuse pour un diagnostic préalable.

LE BRUIT DE CHANTIER : NOUVELLES CONTRAINTES

L'évaluation de l'impact acoustique dû à l'activité du chantier est un sujet complexe du fait de l'absence, à ce jour, d'indicateurs, de méthodologie de prévision et du caractère temporaire, varié et multiple des activités selon l'ampleur et la durée du chantier.

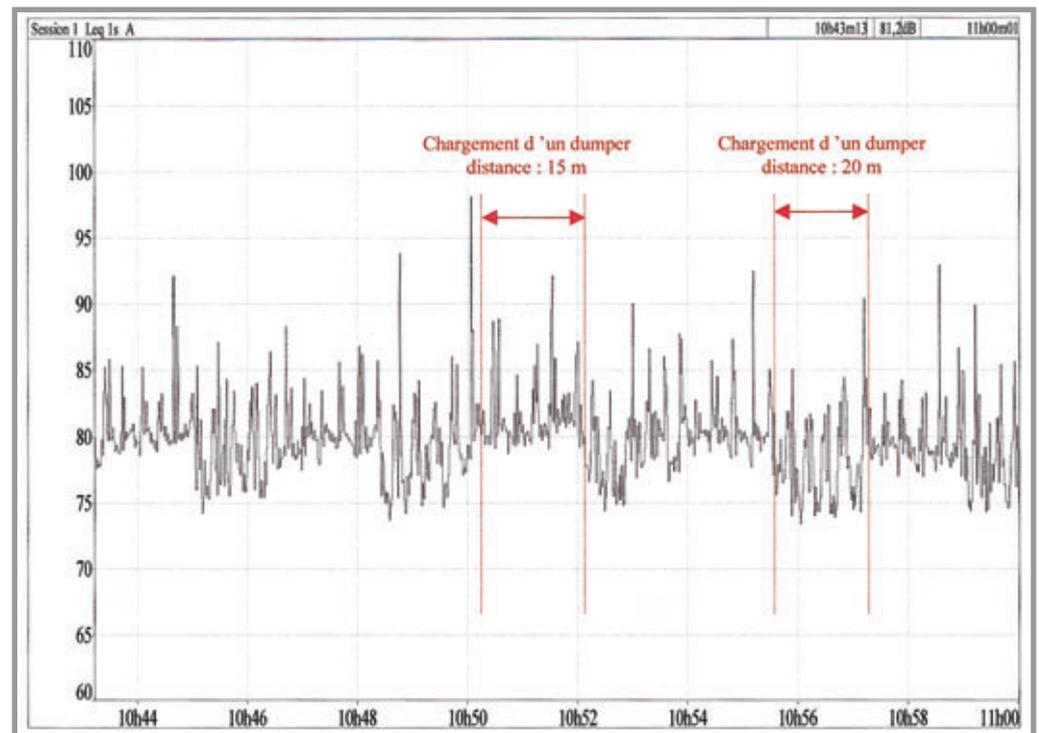
Les seules prescriptions actuelles en matière de bruit de chantier portent d'une part, pour les fabricants sur une limitation des puissances d'émissions sonores de certains engins et matériels de chantier et, d'autre part, pour les utilisateurs sur les règles d'utilisation et les horaires d'activité.

Par contre, la loi-cadre sur le bruit du 31 décembre 1992 (articles 6 et 12) introduit le principe d'une prise en compte du bruit global émis sur les chantiers et le décret du 9 janvier 1995 (article 8) oriente la démarche vers une étude d'impact acoustique préalable aux travaux.

Par ailleurs, même si la majorité des citoyens a conscience de la nécessité des chantiers et des travaux, certains riverains n'hésitent plus à interpeller les maîtres d'ouvrage et élus sur ces questions d'environnement, voire s'opposer au projet. Pour répondre aux engagements de l'Etat portant sur le chantier de Rueil-Malmaison du projet A86 ouest, la faisabilité d'une étude acoustique "prévisionnelle" permettant de quantifier et prévoir le bruit du chantier auprès des riverains s'est posée rapidement. Toute analyse ou diagnostic sommaire reposant sur une appréciation d'expert paraissait insuffisante, de ce fait il a été retenu de développer une méthodologie, basée sur une analyse prévisionnelle détaillée.

LE CHANTIER A86 OUEST

Rappelons brièvement le contexte : le projet de bouclage de l'autoroute A86 entre Rueil-Malmaison et Versailles - Pont Colbert d'une part, et l'autoroute



A12 (triangle de Rocquencourt - Bois d'Arcy) d'autre part, repose sur la construction de deux ouvrages réalisés pour l'essentiel en tunnel foré. La réalisation de tels ouvrages nécessite la mise en place, en site périurbain, de plates-formes de chantier importantes.

Le chantier de Rueil s'étend du coteau de la Jonchère aux berges de la Seine. Il comprend d'une part, les installations fixes du chantier de forage et de construction du tunnel situées au nord de la RN13 sur les berges de Seine et d'autre part, la zone de travaux des ouvrages d'accès aux futurs tunnels et au tunnelier située au sud de la RN13. Le chantier s'inscrit dans un environnement suburbain de résidences et de centres d'affaires marqué notamment par les trafics de la RN13 et de la RD128 (côte de la Jonchère).

L'environnement sonore existant est relativement contrasté selon la proximité de la RN13, mais res-

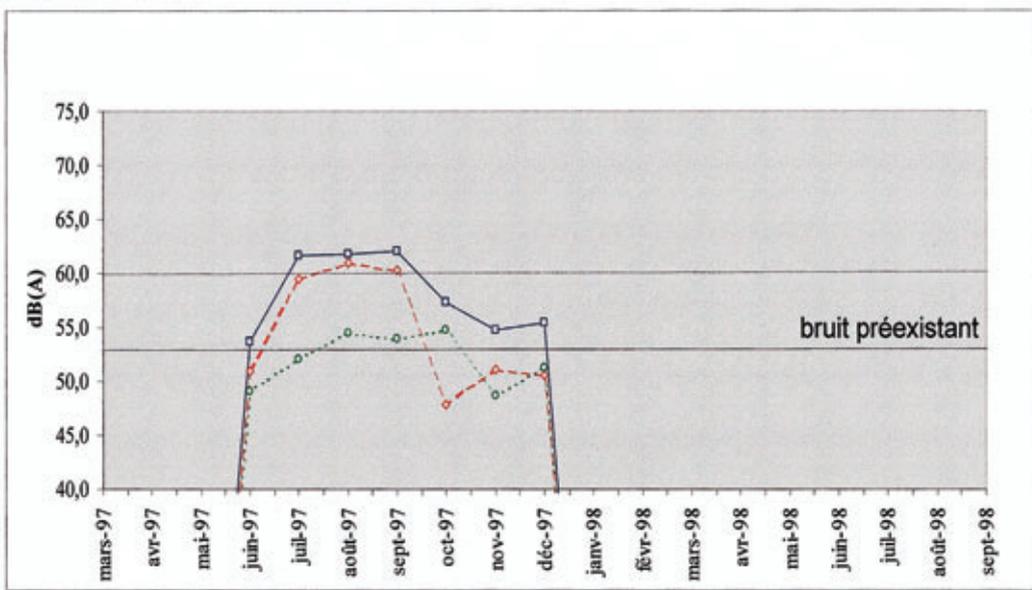
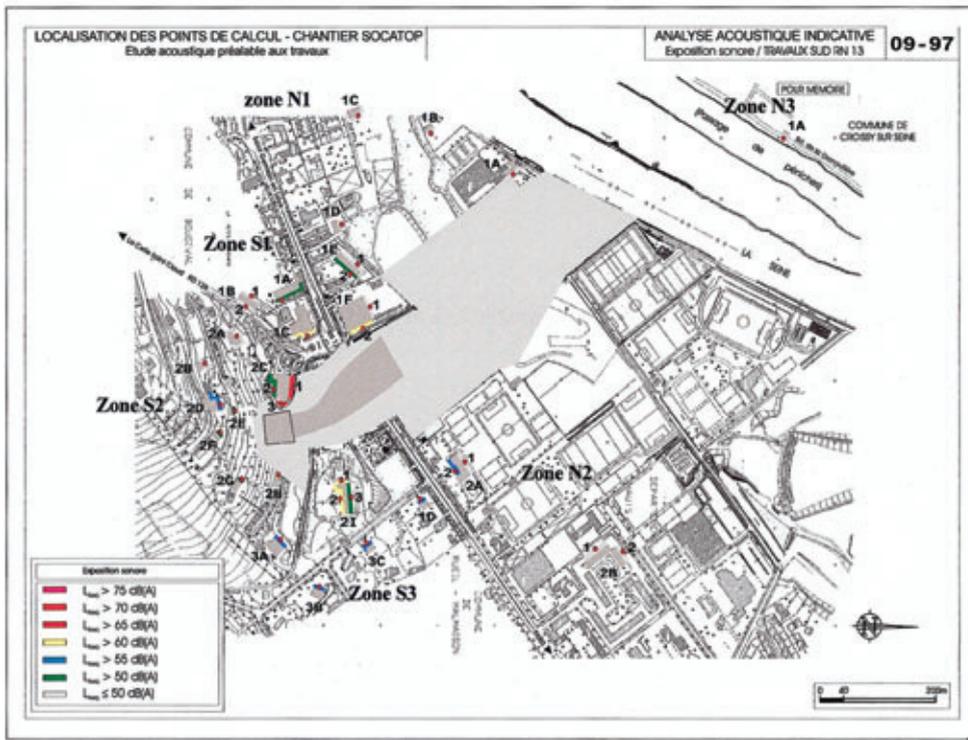
Jacques Reinhart

CHEF DU SERVICE
ACOUSTIQUE
Ingerop Infrastructure



Mesure in situ de caractérisation d'un échelon de terrassement. A noter les cycles de chargement alterné selon que le dumper est devant ou à droite de la pelle

In-situ measurement for characterising earthworks. Note the alternate loading cycles depending on whether the dump truck is in front of or to the right of the shovel



Cartographie des expositions sonores auprès de riverains. Situation réaliste septembre 1997. Exemple de calendrier "bruit" pour les sept mois de travaux de soutènement et de terrassement au sud de la RN13. On repère à partir d'octobre, l'incidence de l'abaissement du fond de fouille

Mapping of local resident acoustic exposure. Realistic situation, September 1997. Example of "noise" calendar for the 7 months of retaining works and earthworks south of highway RN 13. As of October, the effect of the lower excavation level can be seen



te malgré tout marqué par la rumeur générale de la circulation, en particulier sur le coteau, les situations les plus calmes se rencontrant en bord de Seine. Il était prévu que les travaux du chantier de Rueil-Malmaison s'organisent en deux phases; seule la première a été réalisée :

- ◆ la première qui correspond aux travaux de terrassement et de soutènement des ouvrages d'accès au tunnelier (au sud de la RN13), accompagnée progressivement de l'équipement des installations fixes du chantier en berges de Seine ;
- ◆ la seconde qui est programmée (dite de forage et de réalisation du tunnel) où l'activité est concentrée en berges de Seine et où la partie au sud de la RN13 en fond de fouille est utilisée comme piste d'accès pour les circulations entre le tunnelier et la Seine.

L'approche acoustique prévisionnelle a été effectuée au titre d'étude pilote expérimentale pour les seuls premiers travaux de terrassement et de soutènement.

MODÉLISER POUR PRÉVOIR LES IMPACTS ACOUSTIQUES

Il a été retenu de mettre en place une méthodologie prévisionnelle précise de prise en compte des bruits de chantier reposant sur une campagne de mesures avant le commencement des travaux et une simulation détaillée des bruits de chantier en fonction de l'avancement des différentes phases de travaux.

Pour mener à bien cette estimation prévisionnelle, on a procédé comme suit :

- ◆ une recherche préalable sur les indicateurs a été réalisée. Elle était nécessaire dans la mesure où il n'existe pas de critère spécifique de ce qu'est une gêne acoustique liée à un chantier; cette lacune a été palliée par une interprétation à titre indicatif des textes recouvrant la réglementation sur la gêne de voisinage, le bruit routier et les installations classées;
 - ◆ un état initial de la zone avant travaux a été établi au moyen d'une campagne de mesures importante (une quinzaine de points fixes de plus de 24 heures et une cinquantaine de prélèvements);
 - ◆ une quantification des éléments bruyants du chantier a été faite sous forme de points sources dont les niveaux de puissance acoustique et les spectres d'émission ont été élaborés sur la base d'informations recueillies auprès des constructeurs ou lors de mesures de caractérisation *in situ*;
 - ◆ une modélisation des points sources dans le temps et dans l'espace (en fonction du déroulement du chantier et des engins utilisés lors des différentes phases, du planning des travaux), et du site dans sa configuration réelle (implantation du bâti, masques éventuels, configuration des terrains et terrassements) a été réalisée. Les travaux analysés ont porté sur l'aménagement du site de Rueil-Malmaison dans la phase de terrassement et de soutènement au sud de la RN13;
 - ◆ une simulation informatique en 3D a été réalisée avec le logiciel MICRO-BRUIT (diffusé par le Cerutu) afin de calculer l'impact du chantier sur le voisinage le plus exposé de manière à quantifier les expositions sonores.
- Le principe de l'analyse acoustique a consisté à élaborer en préalable un outil de base dit "tableau d'analyse paramétrique de propagation sur le site" qui consiste à représenter les caractéristiques de propagation acoustique du site selon un maillage de localisation des sources sonores et l'implantation des riverains, ceci pour plusieurs configurations de profondeur de fouille. La matrice de base représente l'exposition sonore

en façade des riverains pour chaque localisation possible sur le chantier d'une même source sonore de puissance acoustique unitaire.

Un calcul matriciel permet ensuite de connaître l'impact acoustique de toute "configuration réaliste de travaux" selon l'emplacement des ateliers et leur puissance d'émission sonore réelle.

Une étude des configurations successives d'activité selon le planning des travaux a alors permis d'établir une approche d'un calendrier du bruit de chantier.

Outre la réalisation d'un calendrier de l'impact acoustique, cette étude en matière d'appréhension des bruits de chantiers a permis d'anticiper certains problèmes tels que ceux liés, par exemple, aux battages des palplanches, pour lesquels une variante a été trouvée à un coût moins élevé que la solution initialement envisagée.

D'une manière générale, malgré l'absence de critères spécifiques pour le bruit global admis pour les chantiers et la nouveauté de l'approche prévisionnelle quantifiée du bruit des travaux, la méthodologie retenue apporte une bonne connaissance des impacts et des contraintes et permet notamment :

- ◆ une analyse comparative des expositions des riverains ;
- ◆ une analyse de l'impact au cours du déroulement des travaux ;
- ◆ la mise en évidence des contraintes ;
- ◆ une approche des actions envisageables.

D'une manière pratique le principe de l'étude prévisionnelle comprenant l'articulation autour du "tableau d'analyse paramétrique" permet d'introduire une grande souplesse dans l'analyse acoustique de l'insertion du chantier dans son environnement. Cette méthodologie permet une approche par étapes successives (analyse qualitative, analyse indicative, analyse détaillée) selon la précision des données d'émissions sonores utilisées et du degré d'analyse du planning travaux.

L'analyse prévisionnelle peut être affinée et enrichie selon l'enjeu de la prise en compte du bruit, comme dans le cas, de travail posté en soirée ou d'activités nocturnes.

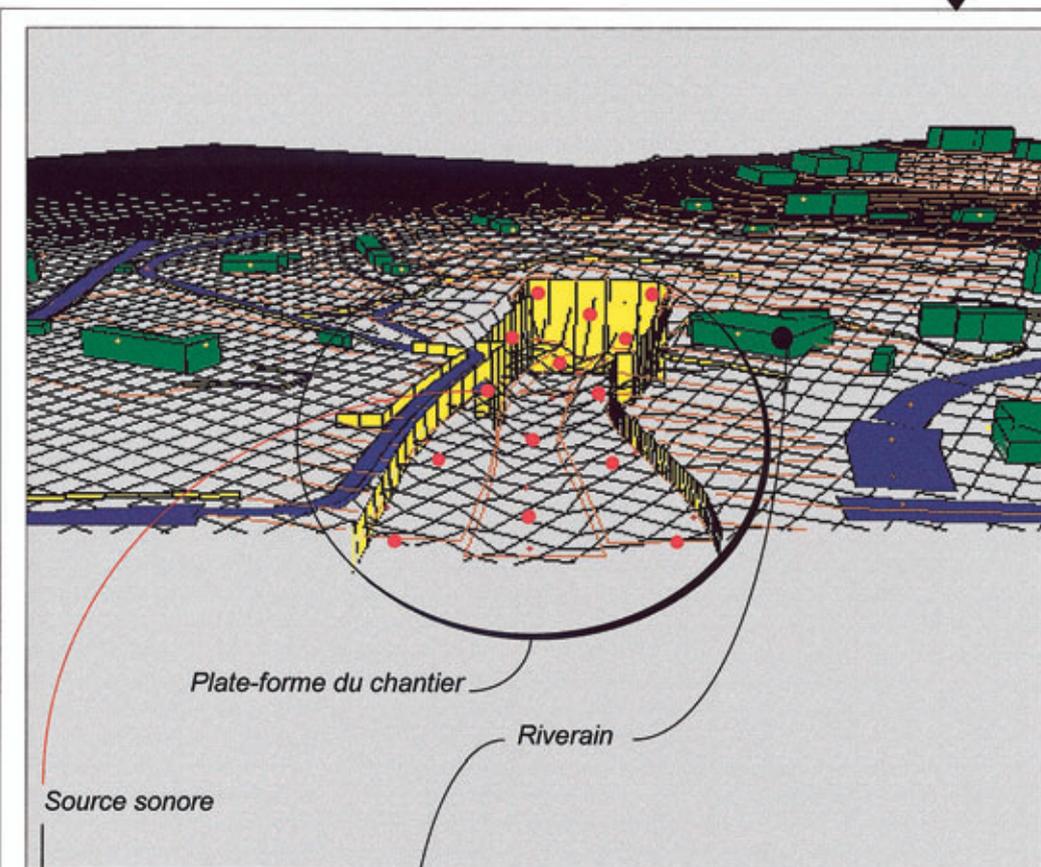


Table d'influence du bruit auprès des riverains selon la localisation des travaux sur la plate-forme

		RIVERAINS Zone Sud 2 (S2)													
		S2A1	S2B1	S2C1	S2C2	S2C3	S2D1	S2E1	S2F1	S2G1	S2H1	S2I1	S2J2	S2K3	
CHANTIER	Usine	0001	39,9	35,2	57,7	53,9	72,3	36,1	42,3	38,9	40,2	45,3	53,6	48,4	44,1
		0002	44,5	34,8	63,5	54,3	68,7	39,9	42,4	43,1	39,5	50,5	52,7	48,8	46,7
		0003	41,8	41,6	64,0	50,2	71,5	53,6	52,3	42,1	40,8	46,7	47,4	46,4	35,2
		0004	43,6	39,7	66,5	48,7	65,3	42,2	45,2	47,6	48,1	51,2	51,9	47,1	42,4
		0005	46,6	46,4	70,1	50,1	73,2	53,7	53,6	51,3	44,7	47,5	51,1	40,7	30,0
	Sud RN13	0006	43,6	44,1	64,7	49,6	68,1	49,1	50,7	44,9	46,4	44,4	48,3	48,3	40,5
		0007	43,2	45,5	64,8	50,0	71,4	53,9	52,8	52,8	43,4	47,8	47,6	49,0	33,0
		0008	42,1	37,8	69,4	50,1	65,0	38,9	40,0	41,1	48,8	49,4	53,2	47,5	45,4
		0009	42,8	44,2	65,3	50,8	66,5	58,4	54,1	47,7	49,6	47,5	49,0	45,4	46,3
		0010	37,7	37,7	50,6	46,6	47,0	39,9	41,4	39,5	47,5	47,3	54,7	47,7	48,3
		0011	44,5	49,8	67,5	51,1	65,2	62,5	62,4	58,3	44,0	48,6	54,4	44,7	45,1
		0012	45,4	54,2	67,5	49,1	62,5	52,9	57,3	49,5	50,2	49,5	51,0	46,0	48,9
		0013	45,0	53,3	65,0	48,5	60,9	60,6	61,2	60,5	51,9	49,4	53,9	43,9	44,7
	O.A. RN13	0014	39,4	38,2	49,3	42,7	35,5	42,0	41,6	48,4	48,5	52,1	55,2	46,9	53,2
		0015	48,1	51,7	66,1	56,3	61,2	56,5	52,2	55,7	48,7	45,2	54,5	47,0	50,0
		0016	58,3	55,8	64,1	46,6	46,2	57,4	56,8	55,8	50,4	56,2	58,6	47,9	58,7
		0017	56,7	56,4	61,1	47,6	57,8	55,4	56,2	56,0	54,2	55,3	61,2	46,7	60,1

PERSPECTIVES

La présente méthode d'analyse prévisionnelle du bruit de chantier constitue un outil précieux pour l'expert acousticien dans le cadre d'un diagnostic préalable des impacts sonores d'un chantier. Cependant elle demande encore à être enrichie et adaptée pour envisager des applications courantes et opérationnelles.

Cette étude pilote constitue une première expérience en la matière et présente des perspectives intéressantes. Elle s'inscrit dans les préoccupations actuelles et contribue probablement

à l'ensemble des réflexions et recherches développées à ce jour par d'autres organismes (cf. Bibliographie).

Cette démarche a permis également un travail de sensibilisation des hommes de chantier à la prise en compte du bruit dans l'organisation des travaux. Enfin, cette approche d'expert ne nous fait pas oublier l'importance des contacts et des actions de communication avec les riverains concernés. Ecouter le chantier c'est bien, écouter les riverains c'est mieux.

Image 3D de la modélisation du site du chantier de Rueil et extrait des résultats d'analyse paramétrique sous forme de "table d'influence du bruit"

3D image of the model of the Rueil project site, and extract of the results of parametric analysis in the form of a "noise influence table"



BIBLIOGRAPHIE

- Loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit.
- Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements des infrastructures de transports terrestres.
- Décret n° 95-79 du 23 janvier 1995 relatif aux objets bruyants et aux dispositifs d'insonorisation.
- Arrêtés du 12 mai 1997 fixant les dispositions communes applicables aux matériels et engins de chantier.
- Le bruit des chantiers. B. Mériel et B. Bonhomme. *Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées*, n° 208. Mars - Avril 1997.
- Bruit de chantier du bâtiment. L'information du voisinage. E. Thibier - ADEME 1997.
- Les nuisances et la gêne créées par les chantiers de travaux publics. M. Vallet et J.-M. Abramowitch. Comité bruit et vibrations du ministère de l'Environnement. Octobre 1981.
- Engins de chantiers. La réglementation. M. Motard. *Chronique juridique. Revue Echo Bruit*. Octobre 1990.

Configuration du chantier de Rueil-Malmaison au sud de la RN13. Forage de berlinoises, réalisation de parois moulées, terrassement et déstockage. On repère un écran acoustique le long de la lisière du parc de la Petite Malmaison



Configuration of the Rueil-Malmaison worksite south of highway RN 13. Drilling for berlin-type walls, diaphragm walls, earthmoving and stock reclaiming. A noise barrier can be seen along the edge of the Petite Malmaison park



ABSTRACT

Prediction and treatment of noise at public worksites

J. Reinhart

Up to now, the acoustic disturbance felt by local residents around public works projects has, barring rare exceptions, been observed during as well as after the works. The set-up of a forward-looking noise control policy makes it possible to anticipate and reduce noise generation effects during the organisation of the worksite and the selection of techniques and machines. A computer-assisted acoustic prediction tool is a precious aid in preliminary diagnosis.

RESUMEN ESPAÑOL

Previsión y amortiguación del ruido en las obras públicas

J. Reinhart

Hasta la fecha, y salvo contadas excepciones, la molestia acústica del vecindario cercano de las obras públicas, se comprueba en el momento de ejecución de las obras, o bien, a posteriori. La puesta en aplicación de un enfoque acústico previsional, permite, tanto en la opción de la organización de las obras, de las técnicas y de la maquinaria y equipos, prever y reducir los problemas de inserción sonora de las obras con respecto al vecindario circundante. El empleo de una herramienta de previsión acústica constituye una ayuda sumamente valiosa para establecer un diagnóstico preliminar.

Traitement du bruit (murs et revêtements) dans les infrastructures routières

Par l'intermédiaire de son réseau d'agences, de centres et de filiales présents à travers toute la France, le groupe Jean Lefebvre répond depuis près de vingt ans à une demande perpétuellement croissante en terme de traitement du bruit. Les solutions apportées et les recherches permanentes menées par l'entreprise concernent essentiellement les murs de protection et les bétons bitumineux phoniques qui offrent des performances sans cesse accrues dans un marché en pleine expansion. Le professionnalisme, l'innovation et la force de proposition font partie des préoccupations du groupe pour construire de manière pertinente des ouvrages souvent délicats et qui relèvent à la fois des métiers de la route et du génie civil.

■ LES DISPOSITIFS ANTIBRUIT : UNE RÉPONSE À UN FLÉAU ACTUEL

L'urbanisation ainsi que le développement du réseau et du trafic routiers sont sans cesse croissants. Désormais, le cadre législatif vise à amoindrir les nuisances sonores en imposant d'une part un recensement des zones fortement exposées (les points noirs dont la définition date de 1982) et en exigeant d'autre part des travaux susceptibles de ramener le niveau sonore à un seuil raisonnable : voisin de 65 dB (A).

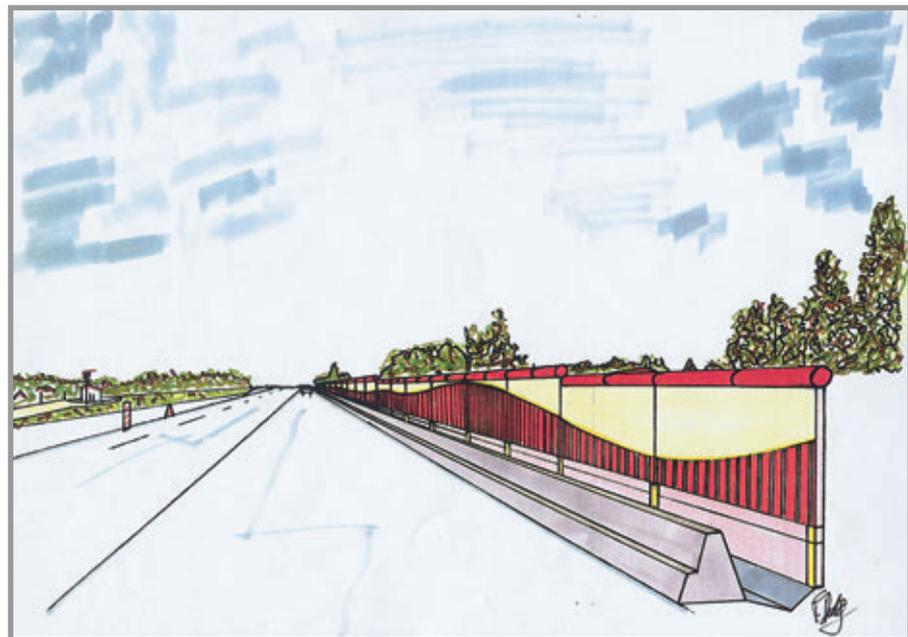
Les murs antibruit et les enrobés phoniques constituent l'essentiel des méthodes car leur efficacité a été éprouvée à travers des moyens objectifs de quantification.

L'écran antibruit doit remplir sa fonction et s'intégrer dans le paysage

Le mur antibruit est une barrière qui arrête la propagation directe du son depuis sa source vers ses récepteurs. Sa fonction principale est donc assurée par un matériau dense. Souvent, on lui adjoint une partie active qui absorbe l'énergie apportée par les ondes sonores. On trouve donc deux grandes familles de panneaux : les écrans réfléchissants ou réverbérants et les écrans absorbants, plus nombreux compte tenu du faible surcoût qu'ils occasionnent.

Afin de rompre la monotonie de ce type d'ouvrages linéaires et de les intégrer le plus élégamment dans leur environnement, les architectes et les entrepreneurs tentent de donner aux panneaux des formes et des couleurs les plus variées possibles, tout en jouant sur le choix des matériaux.

Il existe ainsi trois grands types de matières premières : le bois qui se décline selon trois présen-



Esquisse de Fontenay Trésigny sur la RN4 – Béton de bois multicolore

Sketch of Fontenay Trésigny on highway RN 4 – Multicolour wood-concrete

tations (le pin traité, le bois exotique et le bois rétifé), le béton de bois et le métal qui peut être de l'acier ou de l'aluminium. A côté de ces matériaux courants, le marché propose des solutions diverses comme les écrans transparents (verre, polycarbonate, méthacrylate), les briques, le béton mais aussi des matériaux plus originaux comme les résines, les billes d'argile ou les écrans végétalisés de toutes sortes (sur base d'acier, de béton et même de plastique recyclé).

L'objectif principal est donc de réduire le bruit mais également d'offrir aux riverains un cadre esthétique amélioré. Ces ouvrages sont donc onéreux et leur coût global peut atteindre 3000 F le mètre carré avec une moyenne se situant autour de 1800 F le mètre carré.

Dans certains cas, l'écran peut même être le vecteur d'une valorisation du cadre urbain lorsqu'il s'accompagne d'aménagements qualitatifs divers tels que le mobilier urbain, la végétalisation ou la construction de petites placettes.

Les dernières réalisations d'écrans du groupe Jean Lefebvre

Latest noise barrier projects of the Jean Lefebvre group

SYSA Fontenay Tresigny (77) – RN4	2400 ml – 7000 m ² de béton de bois	16 MF	Poteaux cachés, couronnement cylindrique antidiffractant, vague bicolore architecturale, têtes de pieux métalliques, pieux H vibrofonçés
SYSA Croissy Beaubourg (77) – A4/A104	920 ml – 4000 m ² de béton de bois + 300 m ² de résine	12 MF	Poteaux cachés, couronnement cylindrique antidiffractant, habillage résine, têtes de pieux métalliques et pieux H battus
E. J. L. Tours Chambray (37) Cofiroute	300 ml – 800 m ² de béton de bois double face	2,5 MF	Béton de bois double face architectonique avec une face en trompe l'œil de troncs d'arbres
LOCATELLI Chalon – A6	11000 m ² de pin traité		Travaux s'étalant en plusieurs tranches sur un an et demi
E. J. L. Lille Lille (59) – Rocade Nord Ouest	1000 ml – 2500 m ² d'aluminium	3,5 MF	Deuxième tranche suite à une mise en service de la rocade
E. J. L. Lille Lille (59) – RN227	400 ml – 1300 m ² de pin traité	5 MF	
E. J. L. Blois Orleans (45) – Tangentielle Ouest	Méthacrylate et pin traité		Multiplés tranches faisant l'objet de plusieurs appels d'offres

Mesurer et prévoir efficacement la perte par insertion d'un écran

Il est fondamental qu'un écran soit efficace, c'est-à-dire qu'il ramène les riverains à un niveau sonore légalement acceptable de l'ordre de 60 à 65 dB (A) selon les zones ; c'est l'objet de la loi "bruit" du 31 décembre 1992 et de ses décrets d'application 95-21 et 95-22 du 9 janvier 1995. L'étude de bruit constitue donc l'étape préliminaire à l'élaboration d'un mur.

La difficulté réside dans la prévision des niveaux après insertion de l'écran ; pour cela on utilise dans la majorité des cas des règles simples d'acoustique géométrique issues des travaux du japonais Maikawa et de Fresnel. A partir de ces travaux, les divers organismes d'Etat et de normalisation comme le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) ont établi des normes et des méthodes de calculs, permettant même d'intégrer les phénomènes météorologiques, en plus des paramètres de base comme la capacité d'absorption du sol ou les déclivités du terrain.

Lorsque l'on veut mettre en œuvre des formes recherchées d'écrans ou lorsque la géométrie des lieux est complexe, il est souvent utile de modéliser l'insertion acoustique à l'aide de logiciels dont le principe est basé sur les éléments finis de frontières et les fonctions de *green*. Le Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et la SNCF utilisent ce type de méthode pour des études spécifiques.

A la suite des prévisions, il est intéressant de réaliser une confrontation avec des résultats *in situ*. C'est principalement le Centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics (CEBTP), qui en France, développe des protocoles de mesures dans un souci permanent d'objectivité et de réalisme. On constate qu'il est parfois délicat de faire coïncider des résultats prédictifs avec des mesures sur le site compte tenu des difficultés à établir, d'une part le protocole d'essai et à s'affranchir, d'autre part de tous les phénomènes parasites (bruit d'avions, conditions météorologiques, points géométriques singuliers...).

La norme NFS 31089 qui code les essais pour la détermination de caractéristiques acoustiques d'écrans installés en champ libre est apparue sous forme expérimentale en 1986, elle a été homologuée en 1990 après révision. Elle a pour but de déterminer *in situ* les pertes d'énergie acoustique en transmission (TLT) et en réflexion (TLR). Son principe est basé sur une analyse fréquentielle qui permet de séparer l'énergie émise (le rayon incident), l'énergie transmise (la transmission), l'énergie réfléchie (la réflexion) et l'énergie diffractée en sommet d'écran (la diffraction).

S'agissant de la caractérisation des matériaux de



Ecran de Villebon (Essonne) en bois exotique

Villebon (Essonne region) noise barrier in tropical hardwood

Le coût, le dimensionnement et la réalisation sont autant de facteurs importants à prendre en considération

Nous venons de voir que les murs phoniques constituaient un investissement important pour un maître d'ouvrage ; il est donc vital que leur dimensionnement soit pertinent et juste. Pour cela plusieurs points ne doivent pas être négligés :

- ◆ l'étude acoustique qui cartographie les niveaux sonores en niveaux équivalents moyens (les LAeq jour et les LAeq nuit). C'est à partir de ce document que les hauteurs et les types de panneaux vont être définis à partir de niveaux dits "équivalents" qui ont pour objet d'une part de lisser les pics sur une longue période et d'autre part de tenir compte des différences d'impacts diurnes ;

- ◆ le rapport géotechnique qui sert de base à la définition et à géométrie des fondations. En effet, les écrans, perpétuellement sujet à l'action du vent, entrent dans la catégorie des ouvrages soumis au renversement tels les pylônes ou les ducs d'Albe. Dans le coût global d'un mur, la part des fondations peut être très importante, en particulier s'il est haut et si le sol est de mauvaise qualité ;

- ◆ le choix des matériaux de panneaux en fonction de leurs performances respectives : réfléchissant, absorbant ou très absorbant.

Il est en outre souvent judicieux de s'attaquer à la source sonore elle-même et de combiner les écrans avec des enrobés phoniques. La diminution porte alors sur une partie du contact pneu-chaussée mais aussi sur le pouvoir absorbant de la couche de roulement lorsque celle-ci est poreuse.

panneaux, les essais se déroulent en chambre et concernent deux grandeurs physiques fondamentales : la transmission et l'absorption. Ces essais sont très simples dans le principe mais ils exigent la réalisation d'environ douze mètres carrés de panneaux testés dans des chambres en béton totalement isolées.

Les laboratoires capables de réaliser de tels essais sont donc peu nombreux et une série d'essais coûte environ vingt mille francs par panneau.

L'essai en transmission est le plus rudimentaire ; il consiste à positionner un panneau entre deux salles supposées parfaitement isolées acoustiquement l'une de l'autre. Dans la première, on produit un son à des fréquences données (variant de 125 Hz à 4 000 Hz) et à un niveau d'énergie connu ; on mesure dans la seconde salle l'énergie reçue qui correspond, par construction de l'essai, à l'énergie transmise.

L'essai d'absorption est quant à lui plus recherché ; dans une salle parfaitement réverbérante dont les parois sont totalement asymétriques, un panneau absorbant de douze mètres carrés est introduit ; on produit alors, comme dans l'essai précédent, un son étalonné et on mesure le temps au bout duquel une fraction de l'énergie de base a été captée par un récepteur situé dans la salle. La comparaison avec une durée similaire et supérieure mesurée en l'absence de panneau et dans les mêmes conditions fournit le coefficient d'absorption à une fréquence donnée.

Ces essais sont donc réalisés sur un spectre s'étalant le plus souvent entre 125 et 4 000 Hz.

■ LA RÉPONSE AUX ATTENTES DU MARCHÉ

Depuis plus de quinze ans, Jean Lefebvre réalise des écrans antibruit partout en France par le biais de ses filiales spécialisées comme Sysa ou Locatelli qui dispose d'un secteur antibruit, mais également par l'intermédiaire de ses centres de génie civil (Blois, Tours, Lille). Dans un marché de plus en plus concurrentiel, EJM réussit à maintenir sa position de leader avec près de 100 millions de francs de travaux réalisés sur le territoire national par an et pour la seule activité de murs. Le groupe est en outre très bien armé pour proposer des solutions mixtes écrans - enrobés phoniques puisque ces derniers font partie de son activité principale.

Par sa capacité à proposer

Jean Lefebvre dispose sur le territoire national de filiales et de centres qui construisent des écrans antibruit. On retrouve en effet, Sysa en Ile de France qui est spécialisée dans cette activité et qui réalise un chiffre d'affaires de près de 35 millions de francs par an, Locatelli en région Rhône Alpes qui

dispose d'un secteur mur qui totalise près de 20 millions de francs par an de travaux, ainsi que des centres de génie civil qui répondent aux attentes de leurs marchés locaux respectifs en matière de protection phonique : Blois, Tours et Lille.

Compte tenu de la législation récente, le marché est en pleine expansion depuis quelques années et l'entreprise Jean Lefebvre, tout comme ses concurrents, doit faire preuve de professionnalisme car les écrans antibruit sont des ouvrages qui demandent une attention particulière depuis leur conception jusqu'à leur réception.

Le groupe et en particulier sa filiale Sysa est capable de prendre en charge tous les aspects d'un projet même si ses efforts se concentrent principalement sur les études d'exécution et sur la construction. Ainsi Sysa, pour des raisons commerciales, a pris la décision de réaliser elle-même l'intégralité des études qui comprennent systématiquement : un relevé du terrain naturel, des élévations qui respectent la ligne de bruit, des notes de calculs justifiant les diverses parties de l'ouvrage depuis les fondations jusqu'aux couronnements, des plans de détails et de ferrillages. Sollicitée par une petite commune dans l'Est de la France qui ne disposait pas de moyens internes suffisants, Sysa est allé jusqu'à la constitution d'une étude d'avant-projet. Cette dernière comprenait : le dimensionnement acoustique, l'étude géotechnique, des propositions architecturales, un dimensionnement structurel de plusieurs solutions d'écrans, étayé par des notes de calculs complètes. En tant qu'entrepreneur général d'écrans, le groupe propose souvent de multiples variantes qui portent essentiellement sur les fondations et sur les panneaux, dans un souci permanent d'économie et de valorisation architecturale de l'ouvrage.

Les dernières réalisations peuvent en témoigner : ♦ l'écran de Fontenay Trésigny en Seine-et-Marne, long de 2,4 km est rehaussé d'un couronnement cylindrique en béton de bois ; les panneaux bicolores constituent une vague continue, masquant totalement les poteaux ;

♦ celui de l'autoroute A4 à Croissy Beaubourg dispose de poteaux cachés surmontés d'un couronnement monolithique ;

♦ à Chambray, le centre de Tours a construit un mur dont les panneaux comportent un trompe l'œil en forme de troncs d'arbres qui rappelle l'environnement forestier du site.

La force de proposition du groupe passe également par l'adjonction de prestations associées à la construction comme les contrats d'entretien et d'enlèvement des graffitis (contrat Sysa en Seine-et-Marne de près de 300 000 F pour l'enlèvement des graffitis), ou par le développement du concept d'espaces urbains revalorisés comme à Bobigny où la présence de l'écran a permis des constructions mitoyennes de placettes et de jardinets.

Enfin, le marché d'entreprises de travaux publics



Ecran de Croissy Beaubourg en béton de bois cannelé sur l'A4/A104

Croissy Beaubourg noise barrier in grooved wood-concrete on motorways A4/A104



Ecran de Chambray-les-Tours (Indre-et-Loire) en béton de bois architectonique

Chambray-les-Tours (Indre-et-Loire region) noise barrier in architectonic wood-concrete



(METP) de Villebon constitue une excellente réponse à un besoin, pas toujours exprimé, mais bien réel des communes à faibles budgets.

Dans ce cas, le groupe Jean Lefebvre a, d'une part, pris en charge le financement des travaux et l'entretien de l'ouvrage durant quinze ans, mais il a répondu d'autre part à une obligation de résultats acoustiques. Des mesures réalisées par le CEBTP sur site après 5 ans attestent que l'objectif de 65 dB (A) a même été dépassé puisque les valeurs varient entre 55 dB (A) et 64 dB (A) suivant les zones.

**Ecran de Bobigny
en béton de bois (bois
exotique)**

**Bobigny noise barrier
in wood-concrete
(tropical hardwood)**



Par sa capacité d'innovation

L'innovation reste un point de passage obligé de l'activité de lutte contre la pollution sonore. Les efforts portent sur plusieurs axes.

Ainsi un brevet de tête de pieu métallique a été déposé par le groupe. Il autorise la mise en œuvre, sans soucis, de pieux constitués de profilés métalliques en H. Cette technique présente des avantages économiques, elle permet un parfait réglage des poteaux supports et supprime les difficultés saisonnières de prise et de séchage du béton. A ce jour, près de 2000 têtes métalliques ont été mises en œuvre en région parisienne et dans l'Est et l'Ouest de la France.

Dans la même gamme de produits, environ 5000 m² d'ossatures métalliques spéciales ont été conçues et mises en œuvre afin d'habiller des parois mouillées tortueuses de dalles de béton de bois.

S'agissant des panneaux, l'entreprise entretient des partenariats avec certains fournisseurs comme la société belge Mice, mais elle met également au point des procédés de fabrication. Le béton de bois recyclé (B.B.R.) et le béton de bois phonique (B.B.P.) sont deux marques déposées correspondant à deux types de panneaux absorbants développés par le groupe. Le B.B.P. se rapproche d'un béton de bois traditionnel tandis que le B.B.R. utilise pour la première fois du bois recyclé. Ce procédé répond à une attente environnementale double

dans la mesure où la matière première est un déchet difficilement valorisable comme les traverses de chemin de fer. Les essais de lixiviation sur le bois brut et sur le produit fini attestent que le liant neutralise réellement les copeaux. Le B.B.R. peut donc être mis en œuvre sans précaution concernant le traitement préalable des imprégnations éventuellement présentes dans le bois d'origine. L'entreprise travaille non seulement sur les produits mais aussi sur les moyens de mise en œuvre; Sysa a conçu des outils facilitant la pose de caissons d'habillage ou la mise en fiche de pieux dans un soucis constant du respect des normes de sécurité.

Au chapitre des enrobés phoniques destinés à combattre le bruit à la source, le groupe Jean Lefebvre effectue sans cesse des recherches depuis plusieurs années.

Les premiers bétons bitumineux phoniques (Acrophone), apparus dès 1968 étaient des enrobés drainants à forte teneur en vide; ces types de revêtements ont vu leur indice de porosité croître sans pour autant voir leur pérennité affectée. La gamme d'enrobés phoniques a été enrichie et aujourd'hui, l'entreprise peut proposer outre l'Acrophone, diverses formules "d'Ultraprones".

Les enrobés phoniques à base de bétons bitumineux drainants offrent plusieurs avantages: ils font disparaître la pellicule d'eau en surface, évitant ainsi tout phénomène d'aquaplanage, ils sont plus adhérents, diminuant ainsi les distances de freinage et ils sont bien entendu efficaces acoustiquement puisqu'ils suppriment l'éclatement de la lame d'air comprimée entre le pneu et le revêtement.

Le problème posé par le colmatage est depuis quelques années résolu par l'entreprise avec son procédé Rugor dont le principe est basé sur la projection d'eau à forte pression à travers des jets tournants. Cette application améliore nettement l'aspect de surface en redonnant au revêtement sa rugosité, tout en le débarrassant de la gangue indésirable qui est aspirée par une balayeuse située à l'arrière de l'atelier. En outre, le groupe Jean Lefebvre travaille actuellement sur l'amélioration de ce procédé afin de le rendre encore plus efficace. Le M.E.T.P. de Villebon avec 15 dB (A) moyen d'atténuation ainsi que le site de Savigny-sur-Orge et ses 20 dB (A) de baisse sur l'autoroute A6 témoignent tous deux de l'efficacité induite par la combinaison des enrobés phoniques et d'un écran antibruit.

Par sa capacité à développer et à construire

La raison d'être principale des différentes entités du groupe est la construction. Pour cela toutes les filiales et tous les centres répondent aux attentes des clients avec l'étendue complète de la gamme de produits présents sur le marché. Les fondations

font également l'objet d'une attention particulière et plusieurs configurations sont souvent envisagées. Le choix le plus judicieux est fait entre les pieux classiques en béton, des pieux métalliques battus ou vibrofonçés, les semelles ou les massifs en béton armé. Les glissières en béton armé (GBA) renforcées (chantier de Vire) sont très pratiques lorsque la hauteur de l'écran est faible et qu'il est nécessaire de prévoir une protection de sécurité chasse roue.

Les panneaux font également l'objet d'une attention particulière, surtout lorsque ce sont des prototypes; ils donnent systématiquement lieu à un procès verbal d'essais en chambre et souvent à des contrôles *a posteriori* sur le site.

D'autre part, le groupe tente de diversifier sa clientèle qui reste en grande majorité l'Etat, compte tenu du coût important des ouvrages. Ainsi l'entreprise Sysa réalise des murs le long des autoroutes mais également pour la SNCF (chantiers de Bobigny et de Cergy Pontoise).

Des dispositifs antidiffractants en crêtes de panneaux tels les casquettes ou les couronnements cylindriques sont souvent mis en œuvre afin de supprimer les méfaits d'arêtes vives en sommet de mur qui diminuent l'efficacité de ce dernier; ces aménagements peuvent revêtir plusieurs aspects architecturaux: les casquettes métalliques comme sur le site de Bobigny ou en béton de bois intégré au panneau comme à Nemours; les couronnements cylindriques comme à Fontenay Trésigny ou à Croissy-Beaubourg.

L'entreprise intervient non seulement pour la construction de murs mais aussi pour des habillages de parois ou de trémies de tunnels. Des travaux relativement récents ont pu mettre en évidence l'importance du choix des matériaux et de leur mise en œuvre, en particulier pour le béton de bois dont le plénum et les cannelures jouent un rôle prépondérant dans l'absorption du son. Des compromis sont parfois nécessaires entre l'aspect de l'habillage et ses capacités acoustiques à certaines fréquences.

Jean Lefebvre a mis en œuvre des écrans végétalisés de toutes sortes et en particulier en Ile de France; on peut citer Saint-Germain-en-Laye un mur en plastique recyclé chauffé à 500 °C, Savigny-sur-Orge constitué de bacs métalliques, ou le mur béton type Delta de Lagny-sur-Marne. Une nouvelle fois un soin approprié doit être apporté sur le choix des plantes mais aussi sur l'arrosage. Le client doit alors être informé du coût important de la construction (entre 2 000 et 4 000 F/m²) et de l'entretien qui en découle pour la conservation des végétaux et donc de l'aspect architectural.

ABSTRACT

Noise abatement (walls and surfacings) in road infrastructures

Fr. Dutrey

Through its network of offices, centres and subsidiaries present throughout France, the Jean Lefebvre group has been able to meet constantly growing demand in terms of noise abatement in the past 20 years. The solutions found and constant research conducted by the company have to do essentially with noise barriers and acoustic bituminous concrete offering increasingly higher acoustic efficiency in a constantly evolving market. The professionalism, innovation and imaginative proposals characterising the group enable it to undertake the construction of often delicate structures involving both highway engineering and civil engineering.

RESUMEN ESPAÑOL

Amortiguación del ruido (muros y revestimientos) en las infraestructuras viarias

Fr. Dutrey

Por medio de su red de agencias, de centros y de filiales que actúa en toda Francia, el Groupe Jean Lefebvre responde desde hace cerca de veinte años a una demanda incremental persistente en términos de amortiguación del ruido. Las soluciones aplicadas y las investigaciones permanentes emprendidas por esta empresa constructora, se refieren principalmente a los muros de protección y los hormigones asfálticos fónicos, que brindan prestaciones cada vez mayores en un mercado en plena expansión. El profesionalismo, la innovación y el potencial de propuestas forman parte de las preocupaciones del Grupo para construir de forma pertinente estructuras frecuentemente sensibles y que dependen simultáneamente de las profesiones de la carretera y de la ingeniería civil.

Autoroute A16 Amiens - Boulogne. Exemple de l'insertion dans le paysage

La section Amiens - Boulogne de l'autoroute A16 a été mise en service entre 1997 et 1998. Elle a été concédée à la Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France (SANEF) qui, en sa qualité de maître d'ouvrage en a confié la maîtrise d'œuvre générale des travaux et études à Scetauroute. L'autoroute traverse plusieurs sites et vallées de grand intérêt écologique, lui conférant une grande sensibilité écologique et paysagère. Il s'agit en outre du premier projet rentrant dans le champ d'application de la circulaire "Bianco", relative à la conduite des grands projets nationaux d'infrastructures. Afin de répondre pleinement à ces différents enjeux, la SANEF a engagé une politique nouvelle d'approche pluridisciplinaire et couplée de l'environnement et de la technique en amont de la définition du tracé, traduite sous la forme d'un Plan objectif environnement (POE), au sein duquel prend place un schéma directeur paysager, trame support des aménagements paysagers de l'autoroute.

Qui n'a pas un jour ouvert une carte pour tracer sa route, retrouver son chemin ? Tel un fil d'Ariane, la carte nous guide dans le dédale des routes et autoroutes. Mais si ce compagnon fidèle n'était en fait qu'un outil de confusion ? L'artifice graphique de la carte nous restitue l'autoroute comme une ligne, un trait coupant sans état d'âme vallées et plateaux, prairies et bois, s'emmêlant en "plat de nouilles" à chaque diffuseur ou échangeur. A quand alors la carte du voyageur qui donnera de l'épaisseur à ce trait et restituera la dimension des paysages perçus ? Car l'autoroute a changé ; la chaussée rectiligne collant au relief et qui ressemblait tant au trait de la carte a laissé la place à des ondulations qui apparaissent et disparaissent dans le paysage au gré des remblais et déblais. Les taillis cache-misère qui masquaient l'autoroute depuis l'extérieur, et qui, bien maladroitement, renforçaient encore plus la perception d'une ligne ininterrompue dans le paysage, ne sont plus de rigueur.

Aujourd'hui, au contraire, on parle, dans une littérature abondante et dans les faits, de "vitrine" des territoires traversés, du respect mutuel des usagers et des riverains, d'incitation à la découverte. L'autoroute A16 entre Amiens et Boulogne-sur-Mer s'inscrit dans cette logique nouvelle et peut même être considérée comme pionnière d'une démarche d'insertion des autoroutes aujourd'hui systématisée. Au-delà de ses fonctions de transit et de desserte, elle se veut pour les usagers qui l'empruntent une fenêtre sur les paysages et pour les riverains une présence discrète intégrée dans les sites. Les lignes qui suivent visent à présenter les grandes étapes de cette démarche d'insertion de l'autoroute A16 dans le paysage, l'itinéraire d'un paysage en marche.

■ LE PROJET D'AUTOROUTE A16 AMIENS - BOULOGNE-SUR-MER

L'autoroute A16 Paris - frontière belge a été concédée à la SANEF (Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France) entre Paris et Boulogne-sur-Mer. La section Boulogne-sur-Mer - frontière belge n'est pas concédée. L'autoroute A16 est à ce jour réalisée, à l'exception de la section Paris (A86) - l'Isle-Adam.

La section Amiens - Boulogne-sur-Mer s'inscrit au sein de l'itinéraire d'autoroute A16 reliant Paris à la frontière belge. Elle est également un maillon de l'autoroute des estuaires, entre la Mer du Nord

et l'océan Atlantique. La section, longue de 120 km environ, a son origine sud au droit du diffuseur d'Amiens Nord sur la section l'Isle-Adam - Amiens, et son extrémité nord au droit du diffuseur de Boulogne Nord.

La section Amiens - Boulogne-sur-Mer a été pour sa part mise en service en juin 1997 pour le tronçon Amiens - Abbeville et en mai 1998 pour le tronçon Abbeville - Boulogne (figure 1).

■ LES TERRITOIRES TRAVERSÉS

L'autoroute A16 entre Amiens et Boulogne-sur-Mer traverse deux grandes entités paysagères : le plateau picard entre Amiens et la vallée de l'Authie, les monts du Boulonnais entre la vallée de la Canche et Boulogne. Le plateau picard se caractérise par un paysage de grandes cultures ponctué par des boisements épais ou de grands massifs (Vignacourt, Crécy). Des vallées "sèches" (Bouchon, Moufflers) ou "humides" (Nièvre, Scardon, Dien, Maye, Pendé), sillons verts d'orientation est-ouest, animent le relief calme du plateau. Les monts du Boulonnais viennent en terminaison du plateau de l'Artois. Le relief est marqué, offrant de larges ouvertures visuelles portant jusque la Manche proche. Des vallées étroites serpentent au milieu d'une mosaïque de paysages où coexistent bocage, étendues boisées (forêt d'Hardelot) et grandes cultures. Le territoire compris entre les vallées de l'Authie et de la Canche constitue un espace de transition entre ces deux grandes entités. Les zones boisées se densifient sur le plateau (Commanderie, Sorrus, Saint-Josse), alors que l'ambiance maritime pénètre dans les terres au gré des marées sur l'Authie et la Canche.

■ LE CONTEXTE DU PROJET

La section Amiens - Boulogne-sur-Mer a été déclarée d'utilité publique en 1992, dans un climat d'hospitalité en région Nord - Pas-de-Calais vis-à-vis d'un projet qui venait couper les espaces naturels préservés de l'arrière bande littorale. L'autoroute A16 est en outre rentrée dans le champ d'application de la circulaire du 15 décembre 1992 relative à la conduite des grands projets nationaux d'infrastructures, dite circulaire "Bianco". Cette circulaire instituait la tenue de comités de suivi regroupant des élus et des associations dont l'objectif était de veiller à l'application des engagements de l'Etat.

Itinéraire d'un paysage d'une autoroute

Bernard Cathelain
DIRECTEUR DE L'INGÉNIERIE
ET DU DÉVELOPPEMENT
Société des Autoroutes du Nord et de l'Est
de la France (SANEF)

François Charlet
CHEF DE PROJET AU DÉPARTEMENT
ENVIRONNEMENT
Scetauroute

■ LA PRISE EN COMPTE DES ENJEUX : L'ORGANISATION MISE EN ŒUVRE PAR LA SANEF

Afin de répondre aux sensibilités des sites traversés et à ses nouvelles obligations réglementaires, la SANEF, en sa qualité de maître d'ouvrage du projet, a instauré une étape nouvelle dans l'élaboration du projet : le Plan objectif environnement (POE). Cette étape visait à faire réaliser par des spécialistes un inventaire exhaustif de l'environnement dans la bande de 300 m déclarée d'utilité publique, préalablement à une concertation locale et au calage définitif du tracé de l'autoroute. Les résultats des études du POE furent soumis à l'avis d'experts nationaux indépendants nommés par l'Etat pour assister les comités de suivi.

■ LES ÉTAPES DU PROJET DE PAYSAGE

Pour le projet d'autoroute A16 entre Amiens et Boulogne-sur-Mer, la SANEF a confié la maîtrise d'œuvre générale à Scetauroute, ainsi qu'une mission d'assistance à la maîtrise d'ouvrage (AMO). Charge fut donc donnée au département Environnement de Scetauroute d'assurer le suivi et l'encadrement des différents spécialistes intervenant dans le domaine du paysage et de l'environnement, ainsi que d'assister la SANEF dans la concertation locale. Les études de paysage furent scindées en deux grandes missions :

- ◆ la réalisation du schéma directeur paysager de la section ;
- ◆ la maîtrise d'œuvre particulière des études et suivis des travaux d'aménagement paysager.

Le POE et le schéma directeur paysager

Le schéma directeur paysager, clé de voûte du projet de paysage, a été réalisé par le bureau d'études Bouquot Doyelle Paysagement dans le cadre du POE. Sa conception devait s'inscrire dans une démarche d'approche globale de la section Amiens - Boulogne-sur-Mer, afin d'assurer une cohérence de traitement du linéaire dans une démarche pluridisciplinaire, en association notamment avec les écologues intervenant au titre du POE et les architectes du projet. Ainsi, sous l'égide de Scetauroute, des réunions régulières regroupaient l'ensemble des bureaux d'études techniques et d'environnement



Figure 1
Plan général
de l'autoroute A16
Amiens - Boulogne
*General plan
of Amiens - Boulogne
A16 motorway*

ment et avaient pour finalité de confronter les orientations, parfois contradictoires, de chacun. Un arbitrage sur les choix fondamentaux était alors assuré au regard du degré de sensibilité propre à chaque thématique. Les grandes étapes du schéma directeur paysager furent :

- ◆ l'analyse paysagère de la bande de 300 m d'utilité publique ;
- ◆ l'élaboration des recommandations paysagères pour la définition du tracé ;
- ◆ la mise en forme du synoptique des aménagements paysagers du tracé définitif et l'estimation des travaux correspondants. L'analyse paysagère a présenté plusieurs particularités, notamment :
 - le recours à une cartographie détaillée des pentes en vue de l'analyse des rapports visuels entre les sites traversés et la bande d'étude, point ca-

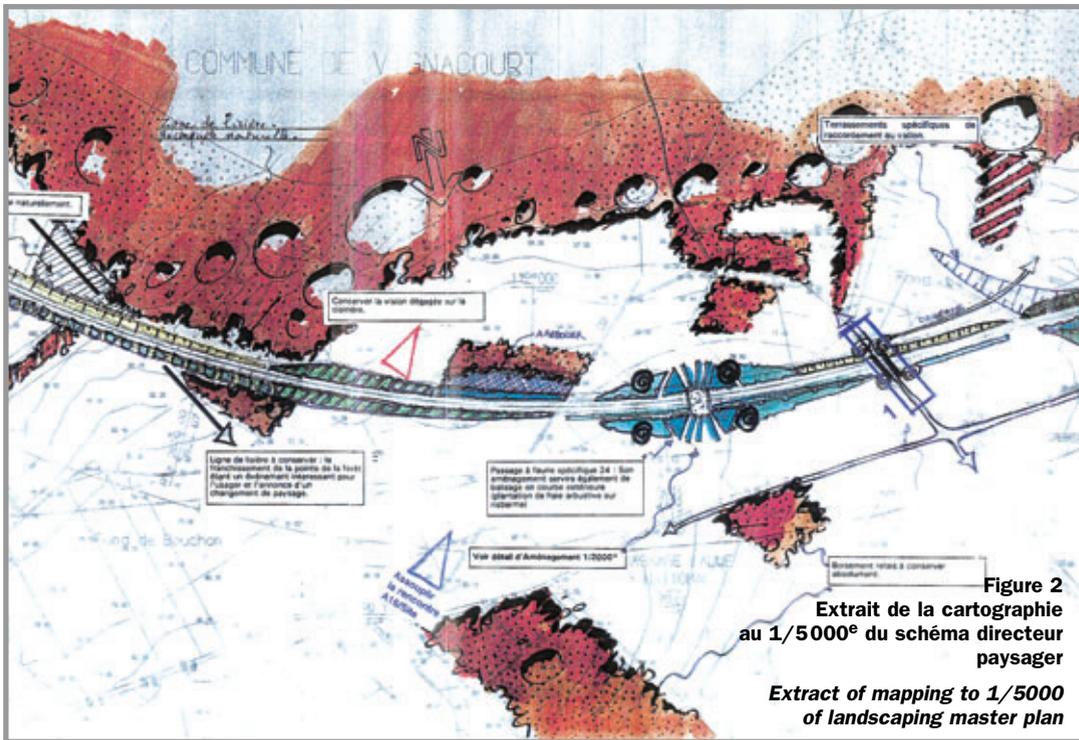


Figure 2
Extrait de la cartographie
au 1/5000^e du schéma directeur
paysager
Extract of mapping to 1/5000
of landscaping master plan

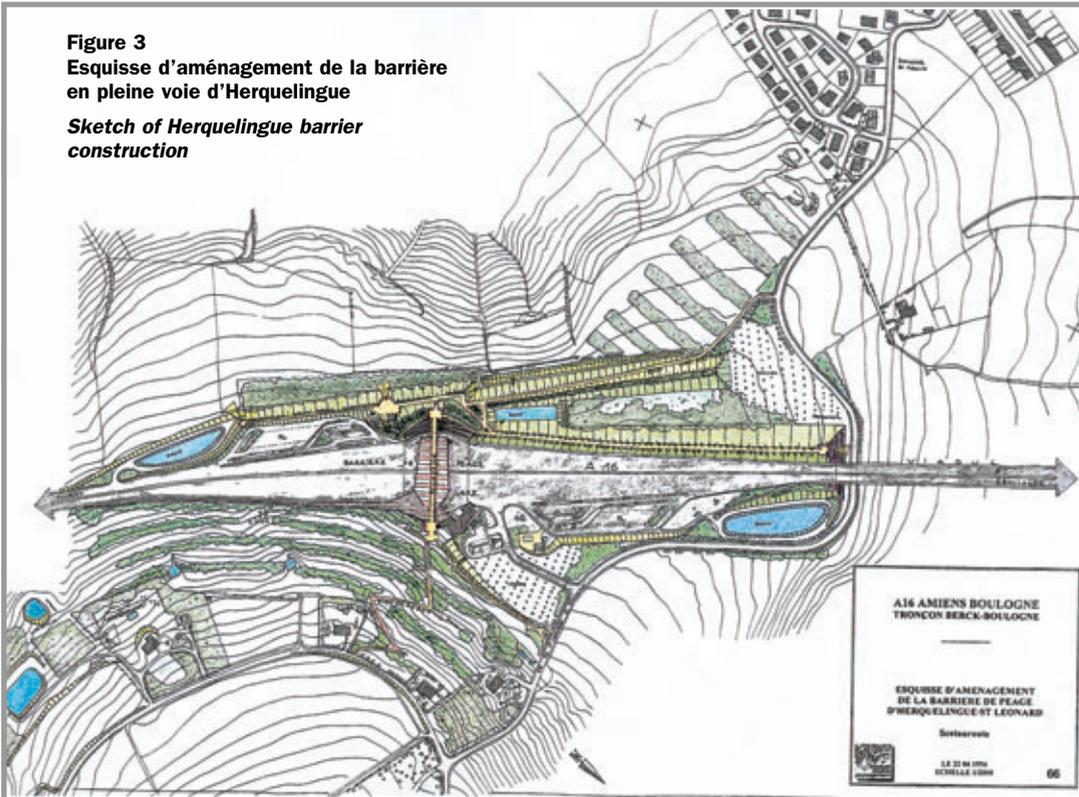


Figure 3
Esquisse d'aménagement de la barrière
en pleine voie d'Herquelingue
Sketch of Herquelingue barrier
construction

► pital dans l'optique du traitement de la couture entre l'autoroute et les territoires,
- l'analyse psychosensible des territoires, sur la base de sondages, pour aboutir à un classement des sites, forme de guide Michelin du paysage de l'autoroute,
- l'étude des dynamiques de formation et d'évolution des paysages en vue de la définition des sensibilités paysagères au regard de la vulnérabilité au projet des éléments constitutifs du paysage,
- une recherche thématique (historique des lieux, vocabulaire du paysage) sur les sites d'implantation des aires d'accueil des usagers.

L'élaboration des recommandations paysagères concernait :

- ◆ le mode de rétablissement de la voirie secondaire, afin d'en limiter l'impact visuel ;
- ◆ les vues à dégager pour l'utilisateur,
- ◆ le profil en long général de la section (alternance des déblais et remblais) ;
- ◆ les équipements (éclairage, clôtures...), la conservation et/ou la préservation de sites remarquables sensibles ;
- ◆ le calage du tracé en plan du projet ;
- ◆ l'implantation et la forme des aires d'accueil des usagers.

Ces recommandations intégraient bien entendu les réflexions du travail pluridisciplinaire, en matière notamment d'architecture et d'écologie du paysage. Elles ont grandement contribué à la définition du tracé autoroutier. Le synoptique enfin fut réalisé à l'échelle du 1/5000^e, complété par des schémas de principe des traitements généraux paysagers et des détails spécifiques pour les sites remarquables. En guise d'exemple, figurent ici différents extraits du schéma directeur (figures 2, 3 et 4). Outre ces outils "classiques", il y eut recours au Système d'information géographique (SIG) dans la conception des cartes de soumission à la vue (prise en compte active du relief), ainsi qu'aux maquettes virtuelles simples permettant de visualiser sans sophistication inutile le projet dans son contexte et de faciliter les choix.

L'estimation globale des travaux paysagers est de 53 millions de francs hors taxes (conditions économiques base 1994) soit environ 1 % du montant total des travaux. Ces valeurs ne peuvent à elles seules représenter la part du paysage dans le projet global, tant l'incidence de la prise en compte du paysage fut grande sur les terrassements notamment.

L'avant-projet paysager

A l'issue du schéma directeur paysager, des architectes paysagistes furent désignés afin d'assurer une mission de maîtrise d'œuvre particulière. Les éléments de mission étaient les suivants :

- ◆ rédaction de l'avant-projet paysager sur la base du schéma directeur ;
 - ◆ conseil en modelé des terrassements et des dépôts ;
 - ◆ rédaction des DCE (dossiers de consultation des entreprises) ;
 - ◆ suivi de travaux pour les aménagements paysagers et le reboisement.
- Sont intervenus :
- ◆ sur le tronçon Amiens - Abbeville : le groupement Agence Paysage - Larue ;
 - ◆ sur le tronçon Abbeville - Berck : le groupement Société Forestière - Beture Infra ;
 - ◆ sur le tronçon Berck - Boulogne : le groupement agence Noyon - Cerrep ;

- ◆ sur l'aire de la baie de Somme : l'agence Hannel;
- ◆ sur l'aire des falaises de Widehem (animations spécifiques) : l'agence Bouquot Doyelle Paysagement.

Les avant-projets paysagers réalisés avaient pour vocation la traduction des orientations du schéma directeur paysager sur la base du tracé définitif et "calé" et l'appropriation du projet par les maîtres d'œuvre particuliers. La définition des essences et des associations végétales, ainsi que des aménagements écologiques spécifiques (abords des passages faune notamment) fut établie sur la base des prescriptions du Conservatoire national de botanique de Bailleul intervenu au titre du POE. Cette étape des avant-projets paysagers, présentés aux élus des communes traversées, permettaient ainsi de finaliser une démarche pluridisciplinaire architecture - paysage - écologie dont les grands traits étaient :

- ◆ le respect des paysages traversés traduit par un mimétisme des aménagements paysagers de l'autoroute avec les structures paysagères voisines ;
- ◆ l'incitation à la découverte des territoires par le traitement spécifique des points d'échange des aires d'accueil et le maintien de grandes échappées visuelles pour l'usager.

Les travaux généraux

Un événement important du chantier a été la participation des architectes paysagistes à la conception des modèles des dépôts définitifs et des merlons. En effet, on peut considérer que l'intégration paysagère d'une autoroute tient principalement dans la définition du profil en long et de la gestion des matériaux excédentaires. A ce titre, la participation du paysagiste au calage du profil en long et lors des terrassements dans le cadre de l'autoroute A16 apparaît exemplaire.

Les aménagements paysagers et les plantations

Comme cela a été signalé, le choix des essences et leur association ont répondu à des critères écologiques en vue d'une parfaite intégration de l'autoroute. En section courante, ce principe fut rigoureusement appliqué, le choix se portant sur des végétaux de petite taille afin d'en favoriser la reprise et d'en limiter l'entretien. Sur les aires d'accueil et les diffuseurs, il a été admis qu'il était souhaitable d'ouvrir la gamme de végétaux à des sujets plus horticoles afin de renforcer un aspect "jardiné" et accueillant pour l'usager. De même, dans le but d'une lecture immédiate pour l'usager, les végétaux furent choisis avec une taille et une force plus importante. En terme d'entretien, si les aires et diffuseurs nécessitent une attention renforcée, l'entretien de la section courante visait prin-

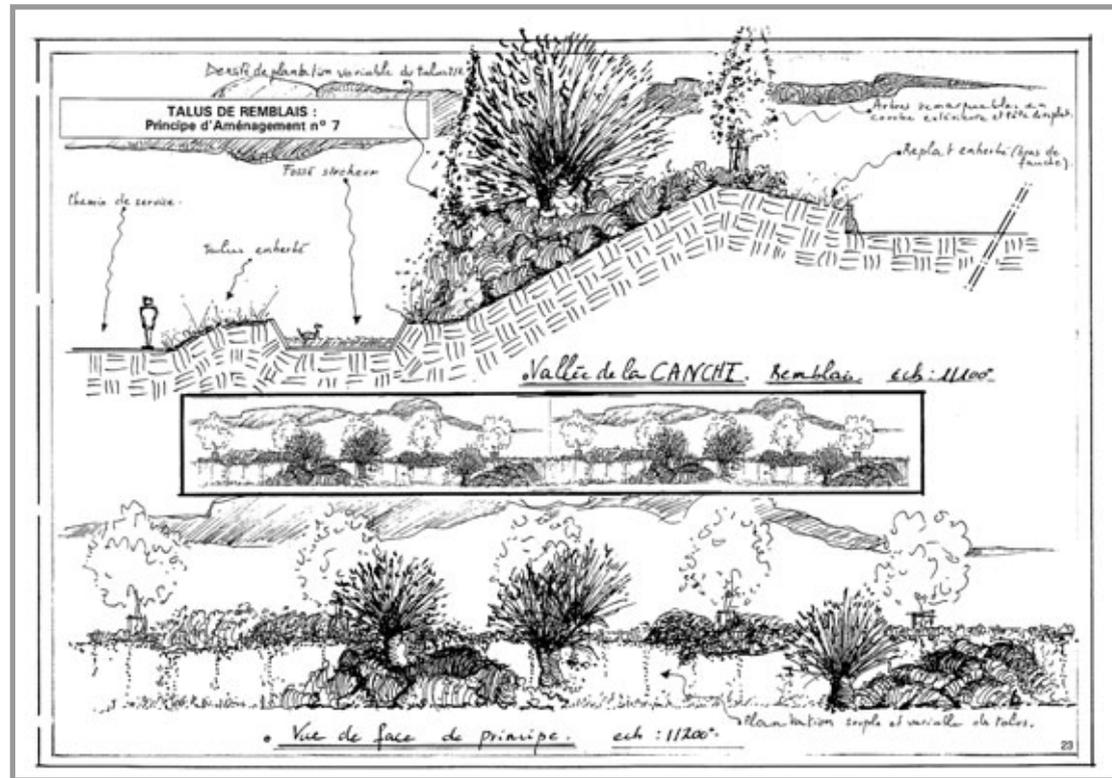


Figure 4
Schéma de principe de traitement des remblais dans la vallée de la Canche
Schematic diagram of cuttings in the Canche valley

cipalement à favoriser la bonne reprise des végétaux, un des objectifs étant à terme d'aboutir à des formes de décolonisation spontanée. Ainsi, tout entretien chimique est proscrit dans les vallées et zones écologiques sensibles, la SANEF étant assistée dans son entretien par des écologues définissant le plan annuel de programmation des entretiens.

Les interfaces et aménagements connexes

Parallèlement aux aménagements de l'ouvrage autoroutier, le projet a fait l'objet d'une procédure 1 % paysage et de remembrements. La politique du 1 % paysage confère à la SANEF le devoir de participer pour 1 % du montant total des travaux de l'autoroute à des opérations de paysagement dans le domaine de covisibilité de l'autoroute, soit sur la base d'un montant maximal de 50 % des opérations engagées, charge aux collectivités de compléter le financement. Cette démarche exemplaire va dans le sens de la nécessité de traiter en épaisseur le paysage des grandes infrastructures et non de manière linéaire. Conformément à ses obligations la SANEF s'est également engagée financièrement dans les remembrements accompagnant la réalisation du projet, veillant au mieux à la bonne adéquation des mesures connexes avec le projet autoroutier. Cependant, s'il existe un axe d'amélioration en vue du traitement en épaisseur du paysage des grandes infrastructures, c'est la définition commune d'un projet de paysage entre les acteurs des remembrements et les maîtres d'ouvrage. Cette démarche est aujourd'hui défaillante voire inexistante et peut conduire à des contradictions dans la gestion de l'espace. Enfin, la SANEF s'est engagée autant que possible à associer sa propre démarche paysagère avec celles des collectivités dont des projets se



trouvaient en interface avec le projet (échangeur de la Nièvre, de Boulogne Nord). Cette démarche va également dans le sens d'un paysage global.

■ BILAN

Le cas de l'autoroute A16 entre Amiens et Boulogne-sur-Mer permet de dégager certains aspects primordiaux contribuant à l'insertion d'un projet linéaire dans le paysage :

- ◆ la contribution en amont du paysagiste à la définition du tracé et des équipements à une échelle adaptée. A ce titre, la réalisation du schéma directeur paysager dans le cadre du POE a été déterminante ;
- ◆ la participation en amont et durant le chantier du paysagiste à la mise en forme des modèles de terrain. Cette prestation peut, à l'instar de l'A16, être rémunérée à la journée (il suffira alors de provisionner un nombre d'interventions proportionnel à l'importance des mouvements de terre) ;
- ◆ la démarche pluridisciplinaire, notamment architecte - paysagiste - écologue, contribue à une conception harmonieuse de l'infrastructure ;
- ◆ si le traitement paysager de l'autoroute se doit de répondre aux attentes des riverains en terme de résorption des impacts visuels, il se doit tout également de contribuer à la découverte des territoires traversés par l'utilisateur. Ainsi, la contribution en amont du paysagiste peut permettre d'éviter de recourir à un usage systématique du merlon et autres écrans verts qui banalisent l'autoroute et renforcent son caractère linéaire ;
- ◆ le choix des végétaux est essentiel dans la recherche d'une complicité entre l'autoroute et les paysages traversés. La contribution d'un écologue est donc un atout sans être une contrainte si la vocation des paysages (naturel ou jardiné) est clairement définie ;
- ◆ le maître d'ouvrage d'une infrastructure linéaire ne peut porter seul la responsabilité de l'insertion du projet, notamment dans la recherche du traitement paysager en épaisseur en liaison avec le paysage alentour. Les procédures du 1 % paysage et de remembrements sont à ce titre à améliorer afin de favoriser une démarche commune entre le maître d'ouvrage et les acteurs locaux ;
- ◆ enfin, l'entretien doit être regardé avec une attention particulière. S'il paraît souhaitable pour la réussite des plantations de préférer des marchés de plantation prévoyant trois années d'entretien, la question d'un traitement différencié, favorisant la décolonisation spontanée dans les zones "naturelles" et un aspect soigné des points de contact privilégiés avec l'utilisateur, est à envisager.

ABSTRACT

Motorway A16 between Amiens and Boulogne. A landscape route How to insert a motorway in the landscape

B. Cathelain, Fr. Charlet

The Amiens – Boulogne section of motorway A16 went into service between 1997 and 1998. Its operation was granted on a concessionary basis to the SANEF (Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France) which, in its capacity of client, enlisted Scetauroute for the general contracting of the works and design studies. The motorway goes through several sites and valleys of significant ecological value, making it particularly sensitive in terms of the environment and landscaping. It is moreover the first project falling within the framework of the application of the "Bianco" circular relative to major national infrastructure projects. In order to deal effectively with these different issues, SANEF instituted a new policy involving a multi-disciplinary approach. This approach combines environmental compliance and action upstream for the definition of motorway routing in the form of an Environmental Objective Plan comprising a landscape master plan representing the supporting structure for motorway landscaping.

RESUMEN ESPAÑOL

Autopista A 16 Amiens - Boulogne. Itinerario de un paisaje. Ejemplo de la inserción de una autopista en el paisaje

B. Cathelain y Fr. Charlet

La sección Amiens-Boulogne de la autopista A 16 ha sido abierta al tráfico rodado entre 1997 y 1998. Su explotación ha sido concedida a las Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France (SANEF) (Sociedad de autopistas del Norte y del Este de Francia) que en tanto que empresa contratante, ha encargado la supervisión general de las obras y estudios a Scetauroute. Esta autopista atraviesa varios parajes y valles de gran interés ecológico, de lo cual se deriva una elevada sensibilidad en los aspectos ecológicos y del pai-

saje. Además, se trata del primer proyecto que corresponde al campo de aplicación de la circular "Bianco", relativa a la dirección de los grandes proyectos nacionales de infraestructuras. Para poder responder totalmente a estos diversos retos, la SANEF ha emprendido una nueva política de enfoque multidisciplinario y conjunta del medio ambiente y de la técnica que precede la definición del trazado, reflejada en forma de un Plan objetivo medioambiental (POE) en el cual se integra un esquema rector del paisaje, trama de soporte de los acondicionamientos del paisaje de la autopista.

Archéologie préventive

Des méthodes de prospection archéologique non destructives

La découverte fortuite d'un site archéologique au cours d'un chantier est un aléa largement redouté par les aménageurs. Cela signifie, en effet, l'arrêt du chantier pendant de longs mois avec un préjudice mal, voire non indemnisé. Afin de limiter ce risque, la solution consiste à pratiquer l'archéologie préventive, notamment en réalisant une prospection préalable du terrain par sondages mécaniques. Cependant, cette prospection n'est pas sans inconvénient...

Elle entraîne bien souvent, outre un impact important sur le paysage, une déstabilisation ponctuelle du substrat, problématique en cas de mise en place de remblais par exemple. Elle implique également, de par la densité des sondages qu'elle génère (ouverture de 4 à 7 % de l'emprise par des tranchées de 20 m de long sur 2 m de large) une maîtrise totale du foncier et cela au moins un an avant le début des travaux de terrassement autoroutiers. Cette obligation, peu réaliste notamment en zone boisée, conduit bien souvent le maître d'ouvrage à payer les terrains "au prix fort".

En tant que première société française concessionnaire d'autoroutes et avec des chantiers tels que A20 : Souillac - Cahors, A66 : Toulouse - Pamiers, A83 : Oulmes - A10, A87 : Angers - La Roche-sur-Yon et A89 : Bordeaux - Clermont-Ferrand, Autoroutes du Sud de la France (ASF) tente d'apporter une réponse à ces problèmes. En collaboration avec l'Association pour les fouilles archéologiques nationales (Afan) et Terra Nova, une société spécialisée en la matière, ASF a décidé d'encourager, à titre expérimental, le recours à des méthodes de prospection non destructives.

Qu'est-ce que la prospection non destructive ?

Parmi ces méthodes, il existe la prospection géophysique et plus particulièrement les mesures de susceptibilité magnétique et de conductivité électrique à large maille.

Cette approche a pour caractéristique d'assurer la détection des structures, à partir des mesures effectuées à la surface d'un sol qui peut éventuellement masquer leur présence par un recouvrement. Ceci implique que ces structures présentent, par rapport au milieu qui les enrobe, un contraste de propriétés suffisant – sous certaines conditions géométriques de technique opératoire – décelable par rapport à la répartition uniforme qui serait observée sur un terrain homogène.

Deux propriétés physiques des sols sont princi-



Sondage mécanique.
La prospection non destructive a justement pour objectif d'éviter ce type de reconnaissance nuisible à l'environnement et coûteux pour le maître d'ouvrage

Mechanical boreholes.
Non-destructive prospecting is designed precisely to avoid this type of exploration, which is detrimental to the environment and costly for the client

© ASF - Ph. Roy

palement utilisées à ce jour pour détecter les structures archéologiques :

- ◆ la résistivité électrique caractérise la plus ou moins grande aptitude d'un matériau à laisser passer le courant électrique. Elle est essentiellement liée à la texture du sol (cohérence et granulométrie) ainsi qu'à sa teneur en eau ;

- ◆ les propriétés magnétiques sont liées à la plus ou moins grande présence dans les matériaux du sol de deux oxydes de fer fortement magnétiques : la magnétite et la maghémite. Ces oxydes se développent particulièrement en milieu archéologique sous l'effet de la fermentation des matières organiques, du chauffage ou de la cuisson des argiles. Ils contribuent à la susceptibilité magnétique des matériaux qui peut être mesurée soit sur des échantillons, soit directement sur le terrain. Sur les ateliers de potier, les sites métallurgiques, où l'ac-

Découverte d'un squelette datant de l'âge du bronze lors de la construction de l'autoroute A46 par ASF (contournement est de Lyon)

Discovery of a skeleton dating back to the Bronze Age during the construction of the A46 motorway by ASF (Lyon by-pass)



© ASF - Ph. Roy

Acquisition de mesure de susceptibilité magnétique. Ce paramètre physique du sol peut varier selon divers facteurs géologiques, géomorphologiques, pédologiques et anthropiques

Acquisition of magnetic susceptibility measurement system. This physical parameter of the soil can vary depending on different geological, geomorphological, pedological and anthropical factors



© Loïc de Cargouët

► tion du feu a été déterminante et où l'augmentation de susceptibilité caractérise l'occupation dans le passé, on peut ainsi délimiter les secteurs de l'activité artisanale.

Les données recueillies jusqu'à présent sur trois autoroutes ASF en construction (cf. infra) ont été analysées et ont fait l'objet d'une synthèse avec les autres méthodes de prospection mises en œuvre durant ces opérations telles que l'archéomorphologie (carto et photo-interprétation) et la géologie. Les résultats ont été positifs puisque cette synthèse a permis, en donnant une image détaillée du sol et d'une partie des structures anciennes qu'il recèle, une évaluation du risque archéologique sur la totalité de l'emprise autoroutière.

Ainsi, plus rapide et moins contraignante que les méthodes de prospections destructives, la prospection géophysique, pratiquée en tenant compte de la nature et de la genèse des sols prospectés, permet la réalisation d'un diagnostic raisonné dont les coûts et l'impact sont mieux évalués avant l'intervention sur le terrain.

La prise de décision, qui doit aboutir à l'évaluation des potentialités archéologiques et par la suite à la fouille, est donc facilitée et peut être plus se-

reine. Chacun alors s'y retrouve, l'archéologue comme l'aménageur.

■ LES EXPÉRIMENTATIONS MENÉES PAR ASF

A20, section Cahors sud - Cahors nord, site de la Combe Nègre (Lot)

Ici le but était de mieux comprendre le signal magnétique dans un cadre environnemental et chronologique bien connu. Le site présentait une succession de niveaux d'occupations, paléolithique, mésolithique, de l'âge de bronze moyen et final. L'étude géologique couplée aux mesures magnétiques en laboratoire, a montré des phases importantes d'érosion, probablement d'origine anthropique, entre le néolithique et l'âge du bronze moyen et à partir de l'âge du bronze final.

Les sondages électriques effectués en amont et en aval du site ont permis de donner une estimation de l'évolution de la profondeur du substrat et de comprendre la genèse du site et les raisons de son état de conservation exemplaire.

A66, section Toulouse - Pamiers (Haute-Garonne, Ariège)

La prospection géophysique réalisée sur l'A66 avait pour objet d'interpréter le signal magnétique sur des surfaces géomorphologiquement cohérentes. Outre la définition d'un référentiel naturel et anthropique en milieu molassique et alluvionnaire, l'un des objectifs de la prospection archéologique de l'A66 était d'appréhender l'impact de l'homme au cours des temps sur le paysage traversé. La prospection électromagnétique, réalisée sur une partie du tracé, a contribué à la mise en évidence de cette anthropisation.

A89, section Ussel - Tulle (Corrèze)

La prospection géophysique effectuée par Terra Nova sur l'A89 a été le point de départ d'une utilisation couplée de deux types d'appareils, le MS2 de Bartington Ltd (Terra Nova) et l'EM38 de Geonics (Afan), ainsi que d'une étude sur la nature du signal magnétique sur terrain granitique.

Une analyse pédologique fine est primordiale sur un tracé d'une telle complexité géomorphologique. La variabilité des sols est très importante et doit donc logiquement conduire à des signaux magnétiques différents. Le but – la recherche d'indices d'anthropisation – devient très difficile à atteindre sans ces analyses complémentaires. Les analyses magnétiques de laboratoire ont été réalisées pour permettre de caler la réponse de la prospection électromagnétique avec des observations pédolo-

giques succinctes. Les prélèvements ont été faits en partie par le responsable de l'opération et le géologue, afin d'appréhender le contexte géologique et archéologique. Le classement des échantillons par l'équipe a considérablement facilité les mesures en laboratoire.

Sur certaines zones, la prospection géophysique initiale (Terra Nova) a donc été doublée par une prospection au moyen de l'appareil l'EM38 de Geonics. Les deux appareils ayant des caractéristiques différentes, la comparaison des résultats a permis de définir les avantages et les limites des approches dans un contexte granitique de moyenne montagne.

ABSTRACT

Preventive archaeology. Non-destructive archaeological prospecting methods

J.-P. Roth, H. Boisot

The accidental discovery of an archaeological site during a construction project is an occurrence dreaded by developers. This in fact means that the works must be stopped for long periods with consequences for which there is little or no indemnity. In order to limit this risk, the solution consists in carrying out preventive archaeology by prior prospecting of the site by means of mechanical boreholes. However, this prospecting has its difficulties. To try to find a response to this problem, motorway operator ASF (Autoroutes du Sud de la France) decided, with the AFAN (national association for archaeological digs) and the company Terra Nova, to encourage the use of non-destructive prospecting methods such as large-grid geophysical prospecting.

RESUMEN ESPAÑOL

Arqueología preventiva. Métodos no destructivos de prospección arqueológica

J.-P. Roth y H. Boisot

El descubrimiento imprevisto de un emplazamiento arqueológico al proceder a la ejecución de obras, constituye una incertidumbre muy temida por parte de los proyectistas de planes de desarrollo u otros. Efectivamente, esto significa la interrupción de las obras durante largos meses con un perjuicio mal, e incluso nada compensado por una indemnización. Con objeto de limitar este riesgo, la solución consiste en practicar la arqueología preventiva, y fundamentalmente, mediante la ejecución de una prospección preliminar del terreno por sondeos mecánicos.

No obstante, esta prospección no deja de acarrear inconvenientes. Para intentar conseguir una respuesta, la empresa "Autoroutes du Sud de la France (ASF) (Autopistas del Sur de Francia), ha decidido, conjuntamente con la Asociación de excavaciones arqueológicas nacionales (Afan) y la sociedad Terra Nova, fomentar el recurso a métodos no destructivos de prospección, como la prospección geofísica ampliamente reticulada.

La réhabilitation du centre un village-étape en Corrèze

Le projet d'alimentation en gaz naturel par Gaz de France, du bourg de Donzenac (10 km au nord de Brive) a conduit cette commune à rénover (voire créer) la totalité de ses réseaux : assainissement, eaux pluviales et usées, adduction d'eau potable, électricité, éclairage public et gaz complétés par la réfection des chaussées avec dallage, pavage... Trois ans de travaux pour 23,5 millions de francs exécutés par Miane & Vinatier, spécialiste des multiréseau avec le concours du Conseil général de Corrèze, de l'Etat, de l'Europe, de la Région Limousin, des Syndicats intercommunaux eau et électricité, de la Commune.

Donzenac réhabilité a obtenu le label Village-étape, un premier prix au concours Lumières et Monuments 1998.

■ DIAGNOSTIC D'UN PROJET

Pour cette commune de 2 155 habitants, perchée sur une colline à 10 km au nord de Brive, l'histoire commence en 1995, lorsque Gaz de France propose d'alimenter le bourg en gaz. La nouvelle municipalité saisit cette opportunité pour mettre en place le plan d'aménagement du bourg. L'objectif, compte tenu de son raccordement à l'autoroute A 20 toute proche est d'obtenir le label "Village-étape".

Auparavant, il aura fallu construire ou reconstruire – en les mettant en conformité – tous les réseaux qui participent aujourd'hui au confort des riverains : l'eau, l'assainissement, le gaz et l'électricité, le téléphone, l'éclairage public.

Le maire, Yves Laporte et le conseil municipal s'informèrent auprès des gestionnaires de réseaux – EDF - le Syndicat d'électrification de Brive - le

Syndicat des eaux de l'Yssandonnais - France Télécom – de leurs projets à Donzenac.

Sollicité en tant que maître d'œuvre, le conseil général étudia et établit les dossiers d'assainissement des eaux usées et pluviales du bourg.

Une coordination des projets futurs des gestionnaires de réseaux de la commune fut réalisée, – d'une part pour éviter la répétition des travaux dans le temps et d'autre part pour réduire les coûts de génie civil (terrassement, remblaiement des tranchées et réfection de chaussées). Ces travaux, particulièrement importants par rapport aux dimensions de la commune, devaient être réalisés d'une manière cohérente et efficace selon un planning tendu afin d'en réduire les désagréments.

Après avoir obtenu les concours financiers du conseil général de la Corrèze, de l'Etat, de l'Europe, de la Région Limousin, des Syndicats intercommunaux, une présentation des travaux par tous les maîtres d'œuvre fut organisée à l'intention des riverains. Elle permit de préciser les rues concernées, le matériel employé, les contrôles qui seraient effectués (gaz), de communiquer le planning des travaux ainsi que les dispositions à prendre concernant la sécurité incendie, le ramassage des ordures ménagères et le stationnement.

Les travaux furent dévolus, après appel d'offres publics et marchés négociés, à un groupement d'entreprises dont le mandataire est Miane et Vinatier. Cette entreprise réalisa la majorité des travaux et assura la coordination du chantier.

Pour rassurer les riverains, la municipalité, de concert avec l'entreprise a, préalablement adressé à chaque riverain, un courrier explicatif sur les travaux et les délais d'intervention. De plus, les équipes techniques ont été préparées pour qu'elles soient attentives aux besoins des habitants et limitent les contraintes inhérentes à des ouvertures de tranchées sur toute la largeur des rues.

■ RÉALISATION DE L'OPÉRATION

L'étroitesse des rues et la dureté du sous-sol furent les principales difficultés du chantier : Donzenac est bâtie sur un piton rocheux; le hameau voisin Travassac renferme une carrière d'ardoises unique en Europe exploitée pour les monuments historiques et pour le tourisme grâce à son site exceptionnel et vertigineux : les pans de Travassac.

Il a été nécessaire d'ouvrir les rues sur toute leur largeur tout en maintenant les alimentations en eau et en électricité. La compétence technique mul-



Vue de Donzenac depuis l'autoroute
View of Donzenac from motorway



La place de l'Hôtel de Ville en travaux
Place de l'Hôtel de Ville (town hall square) during works

bourg de Donzenac :

Yves Laporte

MAIRE DE DONZENAC



Robert Sicot

P.-D.G
Miane et Vinatier



tiréseau de l'entreprise était dès lors primordiale pour assurer la meilleure coordination possible avec le minimum de gêne pour les habitants.

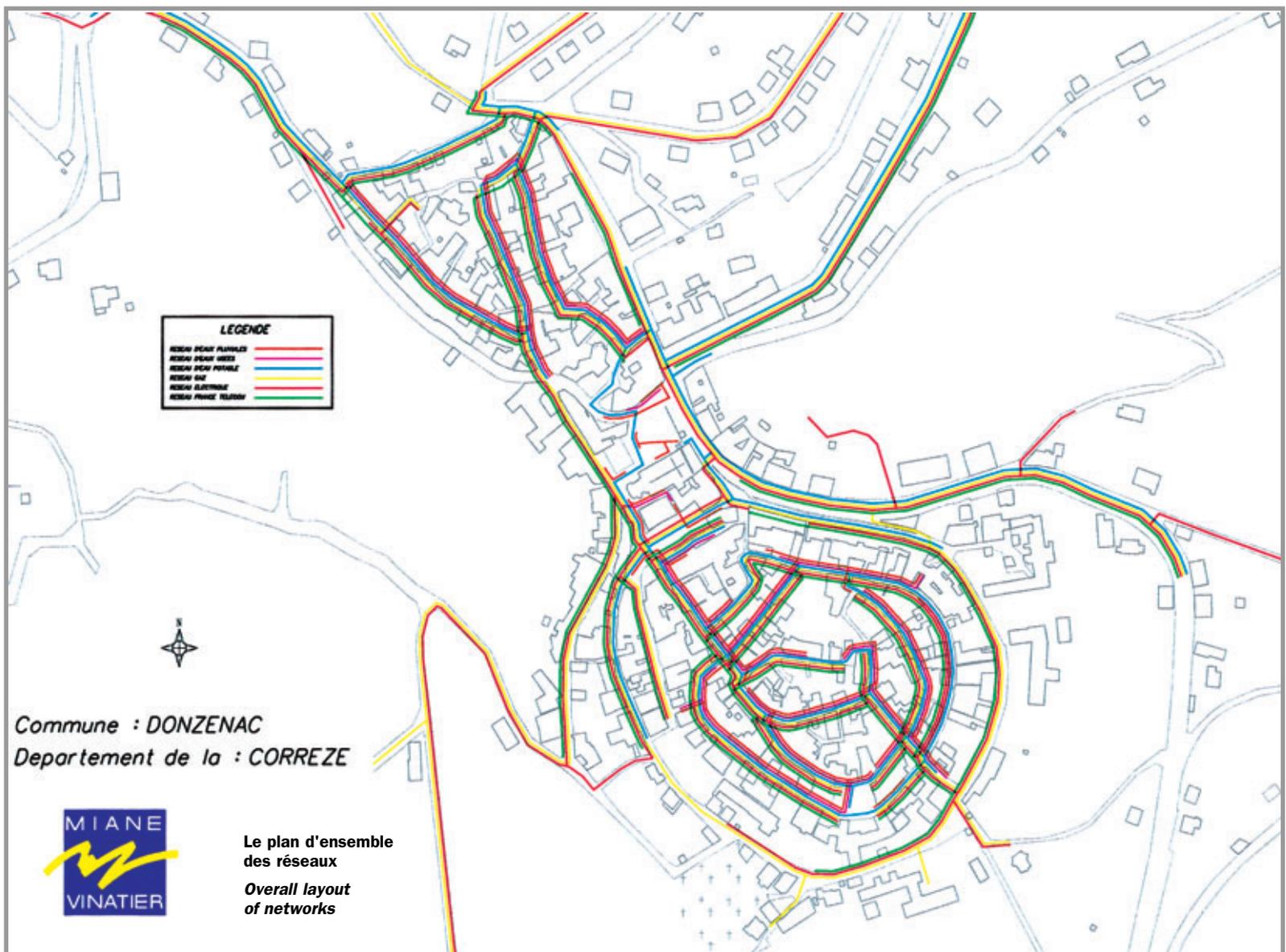
L'information et le sérieux, la disponibilité, le respect des délais, la qualité des prestations des entreprises et la compréhension des riverains ont permis un déroulement exemplaire de ce chantier regroupant simultanément six maîtres d'ouvrage et quatre maîtres d'œuvre (tableau I).

Trois ans de travaux, un investissement de plus de 23,6 millions de francs (dont 49 % financés par la commune) ont donné un nouveau visage à Donzenac.

Pour exécuter les travaux, un conducteur de travaux



Les rues défoncées pendant les travaux
Streets broken up during the works



Maître d'ouvrage : Commune de Donzenac	Longueur	Montant des travaux
Assainissement Maître d'œuvre : Conseil général de la Corrèze • Assainissement des eaux usées • Assainissement des eaux pluviales	1,360 km 1,360 km	2 780 000 F 1 447 200 F
Réfection des chaussées Maître d'œuvre : Conseil général de la Corrèze • Enrobés • Pavage des porches et croisements de rues		950 000 F 81 900 F
Mise en valeur nocturne Maître d'œuvre : Cabinet Dejante • Illumination du clocher • Illumination des Places		151 000 F 515 000 F
Plan d'aménagement du bourg Maître d'œuvre : DDE de la Corrèze • Place du Salavert • Place de la Mairie • Place de la Halle		1 262 740 F 1 614 900 F 1 282 000 F
Maître d'ouvrage : Gaz de France Maître d'œuvre : Gaz de France • Conduite de gaz 1996 - 1997	5,220 km	4 824 000 F
Maître d'ouvrage : EdF Maître d'œuvre : Electricité de France • Réalisation d'une ossature souterraine moyenne tension • Dépose de ligne moyenne tension • Pose de câble moyenne tension	1,500 km 3,100 km	1 989 000 F
Maître d'ouvrage : Syndicat d'Electrification du pays de Brive Maître d'œuvre : Cabinet Dejante • Pose de câble basse tension	1,500 km	2 200 000 F
Maître d'ouvrage : Syndicat des eaux de l'Yssandonnais Maître d'œuvre : Cabinet Dejante • Adductions d'eau : rénovation du réseau	3,500 km	3 500 000 F
Maître d'ouvrage : France Télécom Maître d'œuvre : France Télécom • Lignes téléphoniques dissimulées	2,840 km	1 017 000 F
TOTAL		23 614 740 F

Tableau I
Les travaux de 1996 à 1998

Works from 1996 to 1998

La place du marché
Place du marché (market place)



de Miane et Vinatier, spécialiste des canalisations a disposé d'une quinzaine d'équipes d'activités diverses : électriciens, assainisseurs, adducteurs d'eau, spécialistes de la voirie et du pavage, éclairagistes... la plupart de la même entreprise; ce qui lui a permis de coordonner au mieux leurs interventions successives ou simultanées suivant les besoins. Les contraintes étaient multiples :

- ◆ assurer le maintien en eau potable par voie aérienne, y compris en période de gel, et en eau pour la défense incendie (un incendie dans un immeuble du centre bourg a pu être ainsi circonscrit à ce seul bâtiment confirmant la qualité de l'organisation mise en place dès l'ouverture du chantier);
- ◆ permettre la circulation et le stationnement afin de ne pas trop pénaliser les commerçants et leurs clients;
- ◆ assurer les services urbains : nettoyage, ordures ménagères...

Tous les réseaux étant dissimulés, Donzenac offre aujourd'hui un visage rajeuni, et les nouvelles illuminations intégrées (clocher, halle du marché, Hôtel de Ville, fontaine, porches...) parachèvent la mise en valeur de son riche patrimoine :

■ SUITES DE "L'OPÉRATION"

Outre l'embellissement du cadre de vie des habitants (chacun à un moment ou à un autre se rend à la mairie, à l'église, à la bibliothèque...) cette opération a contribué à :

- ◆ améliorer le confort avec la desserte en gaz naturel, la réfection des adductions d'eau, l'accès des handicapés à tous les bâtiments publics et aux commerces;
- ◆ renforcer la sécurité avec six poteaux incendie supplémentaires;
- ◆ anticiper des prescriptions de la loi sur l'eau concernant l'assainissement des eaux usées et pluviales.

■ CONCLUSION

Après trois ans de travaux, l'aménagement du bourg est inauguré grâce à la synergie du conseil municipal, des habitants et des entreprises participantes. La première gratification ce fut l'obtention du label "Village-étape" le 8 juin 1998 à Paris. L'enquête réalisée au mois d'octobre 1998 auprès des commerçants, a montré qu'ils avaient augmenté leur chiffre d'affaires de manière significative. Mais la reine des récompenses ce fut la première fête médiévale organisée en août, – dans les rues et places rénovées –, par des habitants satisfaits et fiers de montrer leur patrimoine valorisé. Il en va de même des éloges reçues par les estivants sur les aménagements réalisés. Ceci permet au maire, Yves Laporte de conclure en

disant : "Le patrimoine préservé, c'est l'avenir assuré".

C'est en tout cas le message qu'il transmet aux Premières Assises nationales du Patrimoine et du Développement local, organisées en novembre 1998 à Strasbourg.

Une rue de Donzenac, les travaux achevés

A street in Donzenac after completion of works



ABSTRACT

Rehabilitating the centre of Donzenac : a stage-village in the Corrèze region

Y. Laporte, R. Sicot

The natural gas supply scheme devised by Gaz de France (utility company) for the town of Donzenac (10 km north of Brive) led this town to renovate all its utility networks, and even create new ones : sewerage, rainwater and wastewater, drinking water supply, electric power, public lighting and gas, along with the repaving of streets with paving blocks, slabs, etc. Three years of works for FF23.5 million carried out by Miane & Vinatier, specialists in multiple utility networks, with the help of the Corrèze regional council, the national government, Europe, the Limousin region, inter-communal water and electricity authorities, and the commune.

After rehabilitation, Donzenac was awarded the Stage Village label, a first prize in the 1998 Lights and Monuments Competition.

RESUMEN ESPAÑOL

La rehabilitación del centro urbano de Donzenac : pueblo-etapa en Correze

Y. Laporte y R. Sicot

El proyecto de alimentación mediante gas natural por Gaz de France, de la ciudad de Donzenac (ubicada a 10 km del norte de Brive) ha conducido a este municipio a renovar (e incluso crear) la totalidad de sus redes : saneamiento, aguas pluviales y servidas, traída de aguas, electricidad, alumbrado público y alimentación de gas, completados por la refacción de las calzadas con enlosados, pavimentos, etc. Tres años de trabajos de un importe de 23,5 millones de francos, ejecutados por Miane & Vinatier, especialista de redes múltiples, con la participación de la Diputación Provincial de Correze, del Estado, de la CE, la Región Lemosina, de las Agrupaciones intermunicipales del agua y electricidad, así como del propio Municipio.

Una vez rehabilitada, esta localidad ha obtenido el Sello de calidad "Village-étape" y un primer premio del concurso Lumières et Monuments 1998.

qualité

La qualité chez les distributeurs, loueurs et réparateurs de matériels

Dans un contexte où la concurrence est de plus en plus forte, la qualité est devenue un moyen de se démarquer : désormais, les utilisateurs et clients recherchent des garanties et éléments objectifs pour orienter le choix de leurs partenaires. Consciente de cet enjeu économique, la fédération DLR (Distributeurs, loueurs et réparateurs) a mis en place, pour ses adhérents, une démarche qualité : QUALIMAT DLR.

■ UN GUIDE D'APPLICATION DE LA QUALITÉ POUR LES MÉTIERS DU DLR

Afin de faciliter l'accès de l'ensemble de ses adhérents à la qualité, la fédération DLR a créé un référentiel rassemblant les requis de la norme ISO 9002 adaptés à la spécificité de l'activité de ses adhérents en fonction :

- des spécificités des professions du DLR,
- des besoins et attentes des clients,
- des aspects réglementaires liés aux activités du DLR.

Ce référentiel est issu d'une réflexion collective réunissant les professionnels du DLR ainsi que des spécialistes de l'Assurance Qualité.

Il a l'avantage d'être étoffé d'exemples et d'outils d'amélioration de la qualité spécifiques aux métiers de loueurs et distributeurs, ainsi que de recommandations permettant aux entreprises de faire fonctionner un système assurance qualité simple et adapté à leurs attentes.

■ UNE ÉTAPE INTERMÉDIAIRE À LA CERTIFICATION ISO 9002 : LA CERTIFICATION QUALIMAT DLR

Pour les entreprises qui le souhaitent, la fédération DLR propose le passage à l'ISO 9002 par une étape intermédiaire : la **certification QUALIMAT DLR**.

Ayant répondu aux exigences propres à QUALIMAT, basées sur les requis de l'ISO 9002, l'entreprise obtient - au terme d'un audit, réalisé par une tierce partie, portant sur son organisation et ses méthodes de travail - la certification QUALIMAT DLR.

Cette certification QUALIMAT DLR est délivrée par une commission de qualification constituée de représentants de la profession, mais aussi et surtout des clients (CAPEB, FEDIMAG, FNB, FNTP).

■ POURQUOI UNE QUALIFICATION QUALIMAT DLR ?

• Pour les entreprises n'ayant pas les capacités (moyens matériels et humains) d'obtenir la certification ISO 9002 immédiatement, QUALIMAT est un gage de qualité et de professionnalisme. Ce label permet par ailleurs d'initier la démarche qualité en mettant en oeuvre une partie des exigences de l'ISO 9002.

• QUALIMAT DLR n'est pas à considérer comme une fin en soi mais comme une étape intermédiaire à la certification ISO 9002.

• Cette étape permet de bien asseoir le système assurance qualité mis en place, de se l'approprier. Une fois cette phase assimilée, l'entreprise peut développer son système assurance qualité, si elle le souhaite, vers une certification ISO 9002. En effet, les efforts faits et les moyens mis en oeuvre pour obtenir QUALIMAT DLR s'intègrent parfaitement à l'étape suivante qu'est ISO 9002.

• De plus, QUALIMAT et ISO 9002 sont complémentaires : ISO permet de prouver la volonté de l'entreprise de satisfaire au mieux les besoins du client, et QUALIMAT permet de faire reconnaître le professionnalisme de l'entreprise de façon beaucoup plus forte.