

# Travaux

n° 830

- L'usine d'épuration des Grésillons
- Valenton VL10. Un tunnel ø 4 m pour l'assainissement
- Aménagement des berges des lacs de Viry-Châtillon et Grigny (Essonne)
- Isséane, un chantier aux priorités environnementales
- Isséane. Le culte du respect de l'environnement
- A89 Le Sancy - Combronde. Les batraciens et la Sioule sont suivis de près...
- Gestion intégrée des eaux pluviales
- Développement durable et entreprise routière
- "Home vert"
- Traitement de l'eau, des déchets, des fumées et des boues

## Environnement

# Travaux

# numéro 830

# mai 2006

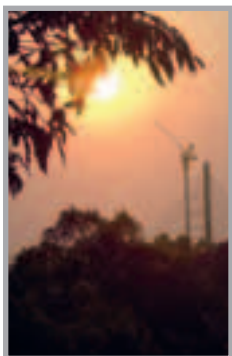
# Environnement

# éditorial

# actualités

# PRÉFACE

# ENVIRONNEMENT



## Notre couverture

Pont de Bai Chay  
au Vietnam

© Nicolas Blanchard -  
Freysinnet

## DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Patrick Bernasconi

## RÉDACTION

André Colson et Mona Mottot  
3, rue de Berri - 75008 Paris  
Tél. : (33) 01 44 13 31 83 - colsona@fnntp.fr  
Tél. : (33) 01 44 13 31 03 - mottotm@fnntp.fr

## SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart  
Tél. : (33) 02 41 18 11 41  
Fax : (33) 02 41 18 11 51  
francoise.godart@wanadoo.fr

## VENTES ET ABONNEMENTS

Agnès Petolon  
10, rue Clément Marot - 75008 Paris  
Tél. : (33) 01 40 73 80 05  
revuetravaux@wanadoo.fr

France (11 numéros) : 190 € TTC  
Etranger (11 numéros) : 240 €  
Etudiants (11 numéros) : 75 €  
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)

## MAQUETTE

T2B & H  
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris  
Tél. : (33) 01 44 64 84 20

## PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle  
Martin Fabre  
61, bd de Picpus - 75012 Paris  
Tél. : (33) 01 44 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° 0106 T 80259



## éditorial

Patrick Bernasconi

## actualités

## PRÉFACE

Sophie Liger-Tessier

## ENVIRONNEMENT

◆ L'usine d'épuration des Grésillons à Triel-sur-Seine. Un 5<sup>e</sup> site pour le SIAAP en région parisienne - *Grésillons sewage treatment plant in Triel-sur-Seine. A fifth facility for SIAAP in the Paris Region*

**Divers auteurs**

◆ Valenton VL10. Un tunnel ø 4 m pour l'assainissement réalisé au tunnelier à pression de terre CSM Bessac - *Valenton VL10. A tunnel of dia. 4 m for sewerage executed by CSM Bessac Earth Pressure Balance TBM*  
**J.-N. Lasfargue, Y. Ménard**

◆ Aménagement des berges des lacs de Viry-Châtillon et Grigny (Essonne) - *Improvement of the banks of Viry-Châtillon and Grigny lakes (Essonne region)*

**R. Mattras, Ch. Moiroud**

◆ Isséane, un chantier aux priorités environnementales - *Isséane, a project with environmental priorities*

**S. Mauvillain, Fr. Linant**

◆ Isséane. Dès les fondations le culte du respect de l'environnement - *Isséane. As of the foundation stage, the cult of environmental conservation*

**D. Viargues**

◆ A89 Le Sancy - Combronde. Les batraciens et la Sioule sont suivis de près... - *A89 Le Sancy - Combronde. The batrachians and the Sioule are monitored closely...*

**H. Pouchelle**

◆ Gestion intégrée des eaux pluviales. Le Fascicule n° 70-II du CCTG consacré aux ouvrages de recueil, stockage et restitution des eaux pluviales

# Sommaire

mai 2006

**Environnement**

**Dans les prochains numéros**

- Réhabilitation**
- Énergies renouvelables**
- SIAAP**
- Travaux souterrains**
- Réseaux - Galeries multiréseaux**
- Sols et fondations**
- Travaux fluviaux et maritimes**



- *Integrated rainwater management. Section 70-II of the "CCTG" General Technical Specifications devoted to structures for the collection, storage and retrieval of rainwater*

**N. Le Nouveau, S. Vigneron, J.-D. Balades**



◆ Développement durable et entreprise routière : l'exemple d'Eiffage Travaux Publics

- *Sustainable development for a highway engineering contractor. The example of Eiffage Travaux Publics*

**J.-P. Antoine, B. Héritier, J. Marcilloux**



◆ "Home vert". Vers une pratique conforme à un développement durable

- *"Home Vert" ("Green Home") : toward practice in conformance with sustainable development*

**Ch. Gobin**

◆ Traitement de l'eau, des déchets, des fumées et des boues : quatre métiers catalyseurs d'activité chez Sogea Construction

- *Water, waste, fume and sludge treatment : four catalyst activities at Sogea Construction*

**D. Haegel, A. Mendiboure, F. Genest, R. Benaddou**

**répertoire des fournisseurs**

68

73

75

82

**ABONNEMENT TRAVAUX**

Encart après p. 48

## INDEX DES ANNONCEURS

ALKOR DRAKA .....	16	PRO BTP .....	2
COLAS .....	20	SADE .....	9
EIFFAGE TP .....	4	SCETAURROUTE .....	2
FRANCE MACCAFERRI .....	4	SIPLAST .....	15

# Le développement durable : un nécessaire engagement des entreprises

Lancé en 1987 par les Nations unies et conforté par le colloque de Rio en 1992, le concept de développement durable est devenu un objectif de société pour de nombreuses nations. Il fait l'objet de stratégies formalisées dans le cadre européen et dans le cadre national. En France, il est inscrit dans la Constitution au travers de la Charte de l'Environnement depuis 2005.

Pour le MEDEF, le développement durable constitue un facteur de croissance pour les entreprises dès lors qu'il s'appuie de manière strictement équilibrée sur ses trois piliers : l'efficacité économique, l'équité sociale et la préservation de l'environnement. Toutes les entreprises participent au développement durable dans la mesure où elles créent de la richesse et de la valeur, constituent des gisements d'emplois, contribuent aux financements de systèmes de solidarité, forment leurs salariés...

Dans le cadre de leurs activités, les entreprises – comme cela est le cas pour toutes les activités humaines – sont naturellement consommatrices de ressources naturelles, productrices de déchets, génératrices d'impacts sur l'environnement mais elles sont en première ligne pour limiter ces impacts par leurs comportements et par les innovations introduites par leurs efforts de R&D. Elles sont capables de créer des produits nouveaux et de mettre au point des techniques plus respectueuses de l'environnement, et contribuent ainsi fortement au développement économique et à la création d'emplois. Chaque entreprise peut concevoir son propre cercle "vertueux" : anticipation des contraintes et des risques techniques, juridiques et financiers ; réduction de la consommation de ressources ; réduction de la production de déchets ; réduction des émissions ; différenciation des produits sur les marchés ; création de nouveaux débouchés ; amélioration de l'image ; avantage concurrentiel...

Ce numéro spécial "Environnement" de la revue *Travaux* démontre à souhait comment l'innovation technologique et le progrès technique dans le domaine de la construction peuvent contribuer à une meilleure "équation environnementale" donc à l'un des trois piliers du développement durable.

L'usine Isséane permet de traiter les déchets domestiques pratiquement au cœur de leur production évitant stockage et transport urbain des déchets tout en contribuant à une production locale d'énergie. L'avènement des microtunneliers amène un double gain par la résolution de problèmes techniques de conception de réseaux d'assainissement d'une part et la suppression des emprises de chantier, sources de désagréments, en surface d'autre part. Le recyclage des granulats routiers et l'utilisation des enrobés tièdes, voire froids, diminuent la consommation de granulats nobles et évitent les émissions de gaz dans l'environnement immédiat des engins de chantier.

Dans tous les cas, c'est le savoir-faire des entreprises qui permet de répondre à des objectifs de plus en plus ciblés. Le MEDEF, conscient de cette situation, s'efforce de faciliter la tâche des entreprises, et des PME en particulier, dans leur marche vers le développement durable. Dans cette perspective, il s'attache à :

- sensibiliser les entreprises sur les enjeux auxquels elle a à faire face, notamment dans le domaine de la responsabilité sociétale ;
- informer les acteurs et l'opinion sur toutes les initiatives et les "bonnes pratiques" souvent reproductibles ;
- accompagner les acteurs par la réalisation de guides et de supports.

C'est dans cet esprit que le MEDEF rassemble de nombreux experts sur ces sujets, travaille à l'exploration de voies nouvelles et publie dès juin 2006 un guide de bonnes pratiques destiné aux entreprises et à leurs salariés. C'est éga-

lement pour cela qu'il rassemble les entreprises qui développent des programmes de R&D en faveur de la lutte contre le réchauffement climatique, qu'il s'apprête à mobiliser l'ensemble des acteurs économiques sur le thème de l'efficacité énergétique dans le tertiaire.

La revue *Travaux* apporte sa pierre à l'édifice en démontrant par le texte et par l'image que le développement durable, dans le champ de la construction, n'est plus seulement un concept théorique mais une réalité porteuse de progrès dès lors qu'elle est bien pilotée, ce qui est le cas pour les entreprises de génie civil.



■ **SOPHIE  
LIGER-TESSIER**  
**Directeur Adjoint**  
**Environnement,**  
**Développement**  
**durable, Énergie**  
**MEDEF**

# L'usine d'épuration des à Triel-sur-Seine

## Un 5<sup>e</sup> site pour le SIAAP en

Le site Seine-Grésillons situé à Triel-sur-Seine, et pour partie à Carrières-sous-Poissy, fut consacré dès le début de la constitution du réseau parisien des égouts, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, au traitement des eaux usées.

Pour acheminer l'eau sur ces différents sites, il a été construit "l'émissaire général", ouvrage maçonné d'une section moyenne de 3 m de diamètre. Cet ouvrage d'une longueur d'environ 25 km est en cours de réhabilitation et permettra d'alimenter en partie la future usine d'épuration.

l'une des plus importantes au monde. Le dernier schéma directeur d'assainissement de la Région Parisienne, ainsi que l'étude d'assainissement en zone centrale de la région Ile-de-France prévoient, dans le cadre du développement de nouvelles capacités de traitement, la construction d'une usine d'épuration sur le site des Grésillons à Triel-sur-Seine.

Cette usine à réaliser par le SIAAP aura, à terme, une capacité de 300 000 m<sup>3</sup>/j et sera réalisée en deux tranches. Pour la première tranche, l'usine traitera les affluents d'origine urbaine provenant :

- ◆ du Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Région de l'Haut-Ille (Aigremont, Andrésy, partie de Boisement, Chambourcy, Chanteloup-les-Vignes, Carrières-sous-Poissy, Maurecourt, Médan, partie d'Orgeval, Poissy, Triel-sur-Seine, Villennes);
- ◆ du Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Région d'Enghien (Beauchamp, Bessancourt et pour partie Franconville, Montigny et Taverny);
- ◆ de la partie des effluents du Syndicat Intercommunal d'Assainissement de la Patte d'Oie d'Herblay, qui est raccordée sur le réseau du Syndicat précédent (Pierrelaye);
- ◆ et pour complément de l'agglomération parisienne dont le SIAAP à la charge.

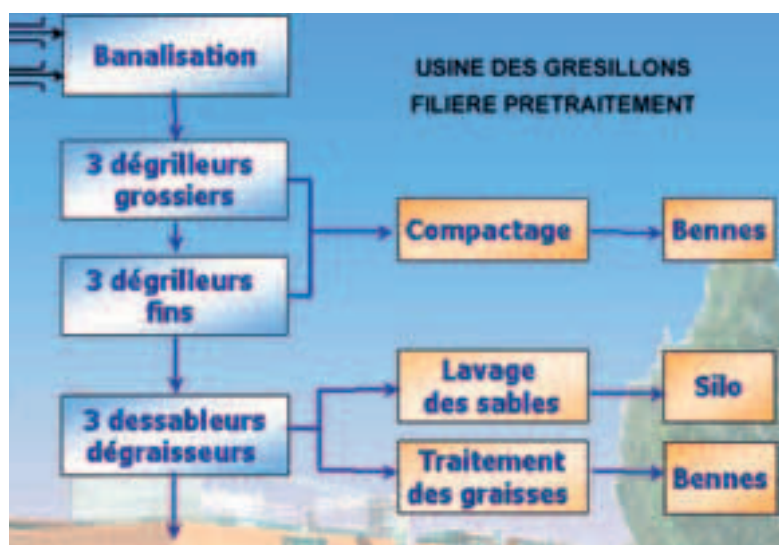
La première tranche d'une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/j par temps sec et 1,8 m<sup>3</sup>/s par temps de pluie est estimée à 170 millions d'euros. Elle est financée par le SIAAP avec l'aide de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et de la région Ile-de-France.

Un appel d'offres sur performance a été lancé en avril 2001 pour l'étude et la réalisation de cette première tranche,

Celui-ci a été attribué le 6 septembre 2002 au groupement d'entreprises conjointes dont Stereau est mandataire :

- ◆ architecture : HB Architectures - Alain Farel Architecte - Atelier Acanthe;
- ◆ génie civil : Bouygues Travaux Publics - Entreprise Razel Frères;

Figure 1  
Filière  
de prétraitement  
Pretreatment  
process



En 1970, lors de la création du SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne), celui-ci a reçu comme mission d'intérêt général de reprendre à son compte le transport et le traitement des eaux usées pour les quatre départements centraux (départements de Paris, des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne) ainsi que pour les communes qui y sont rattachées (environ 170 communes).

Le développement urbain de la région parisienne et l'importance croissante de la protection de l'environnement ont nécessité la construction de moyens supplémentaires en matière de traitement des eaux. C'est ainsi que l'usine d'épuration d'Achères n'a cessé de grandir pour devenir

# Grésillons

## région parisienne

◆ **équipement industriel : Stereau - Passavant Roediger Anlagenbau GmbH.**

**Les études ont démarré le 13 janvier 2003 et le chantier le 1<sup>er</sup> juillet 2004. Le délai d'exécution de 27 mois (hors période de mise au point de 4 mois) s'achèvera le 1<sup>er</sup> octobre 2006.**

**Le SIAPP s'est entouré des prestataires suivants :**

- ◆ **groupement Safège-Merlin en maîtrise d'œuvre;**
- ◆ **Logabat pour la coordination SPS;**
- ◆ **Véritas en contrôle technique.**

**E**n réponse à l'appel d'offres sur performance lancé par le SIAAP en 2002, un groupement d'entreprises emmené par Stereau et Bouygues Travaux Publics s'est constitué et organisé pour proposer un projet d'usine utilisant les procédés les plus modernes de traitement dit en culture fixée.

Cette usine permettra de traiter à partir de février 2007 les effluents de 300 000 équivalents habitants dans une première tranche et de traiter les effluents d'un million d'habitants dans une deuxième tranche.

Après 15 mois d'études qui ont permis de définir les éléments du process et les structures qui l'abritent, le chantier a démarré en juillet 2004 pour 27 mois de travaux et 4 mois de mise en route.

Deux ans d'assistance prévus au contrat permettront de transférer le contrôle de l'usine à l'exploitant tout en affinant les réglages de fonctionnement.

### ■ L'ORGANISATION DE LA FILIÈRE DE TRAITEMENT

#### Filière eau

La filière retenue pour la culture fixée, se compose des ouvrages suivants :

#### Arrivée et comptage des effluents

Les eaux brutes sont fournies par deux collecteurs, l'un en provenance de Seine-Centre (usine de Colombes) qui reprend au passage les eaux du SIARE (Enghien) et de la région de Pierrelaye, l'autre en provenance du SIARH (région de l'Hautail). En entrant dans l'usine, ces deux canalisations de respectivement 1000 et 800 de diamètre passent par deux

comptages électromagnétiques avant de pénétrer dans le bâtiment de prétraitement par deux puits qui déversent dans une fosse de banalisation.

#### Dégrilleurs

Les eaux brutes se répartissent alors sur trois files comportant chacune un dégrilleur grossier de 40 mm puis un dégrilleur fin de maille 6 mm. Les déchets issus de ces dégrilleurs sont compactés puis stockés dans des bennes compactrices qui les emporteront vers une unité d'incinération extérieure.

#### By-pass

Un seuil et une vanne murale permettent un by-pass général de l'usine en cas de débit incontrôlé ou d'incident. Le by-pass est réalisé par une canalisation de 2,20 m de diamètre qui court le long des bâtiments de la file eau permettant un by-pass à chaque étape de traitement.

#### Dessableurs-dégraisseurs combinés

L'élimination des sables et des graisses est réalisée dans trois bassins longitudinaux. Chaque ouvrage est muni d'aérateurs à microbulles et d'un pont racleur. Les sables sont orientés vers une unité de lavage à effet coanda.

Les graisses sont pompées vers des concentrateurs. Elles seront ensuite mises en benne spécialisée et emportées vers une unité d'incinération (figure 1).

#### Traitement primaire et tamisage

Les effluents prétraités transitent vers un deuxième bâtiment pour être répartis en trois files de traitement primaire par décantation lamellaire physico-chimique et recirculation de boues (Delreb®). Les eaux sales de lavage des biofiltres sont également envoyées vers ces trois bassins de décantation afin de piéger les boues de biofiltration et de les épaissir.

Ces boues sont ensuite pompées vers le bâtiment de traitement des boues.

A la sortie des files de décantation primaire, les effluents sont tamisés finement afin de protéger efficacement le traitement biologique par filtration situé en aval.

#### Traitement biologique par biofiltration

Le traitement biologique est de type biofiltration sur trois étages. Ce procédé permet de traiter sur le premier étage la pollution carbonée et d'effectuer une prédénitrification de l'effluent grâce à une recirculation des nitrates sortant de l'étage nitrifiant.

**Christophe Dejoie**  
CONDUCTEUR D'OPÉRATION  
SIAAP

#### Philippe Jacquet



DIRECTEUR DU PROJET  
EN CHARGE  
DE LA COORDINATION  
DE L'ENSEMBLE  
DES GROUPEMENTS  
Bouygues Travaux Publics

#### Philippe Vaillant



DIRECTEUR  
DES TRAVAUX  
DE GÉNIE CIVIL  
Bouygues Travaux Publics

#### Philippe Bour



DIRECTEUR  
DU GROUPEMENT  
PROCESS  
Stereau

#### Mathieu Croll

CHARGÉ DE LA PRODUCTION  
DU GÉNIE CIVIL DES BÂTIMENTS  
Bouygues Travaux Publics

#### Benoît Recourt

CHARGÉ DES TRAVAUX DE RÉSEAUX  
ET DE TERRASSEMENTS  
DTP Terrassement

#### Alain Legeay

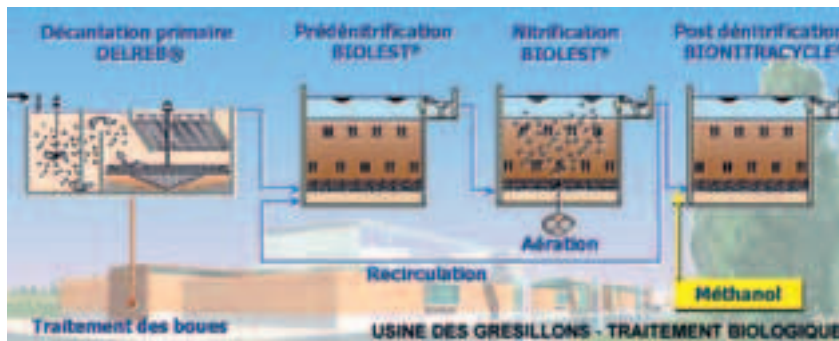
CHARGÉ DES ÉTUDES DE GÉNIE CIVIL  
Bouygues Travaux Publics

#### Gianluca Pellarin

CHARGÉ DES MÉTHODES GÉNIE CIVIL  
Bouygues Travaux Publics

Figure 2  
Traitement biologique

Biological treatment



Figures 3 et 4  
Séchage des boues

Sludge drying

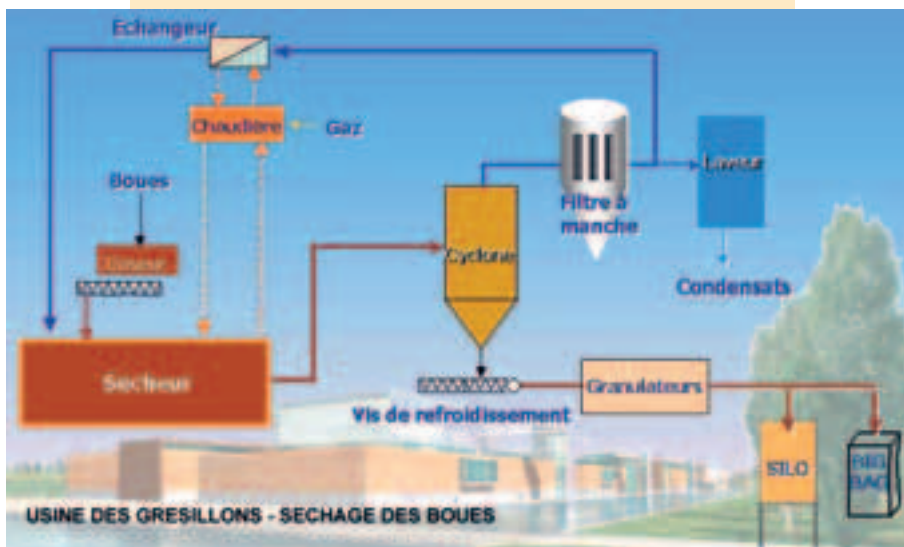
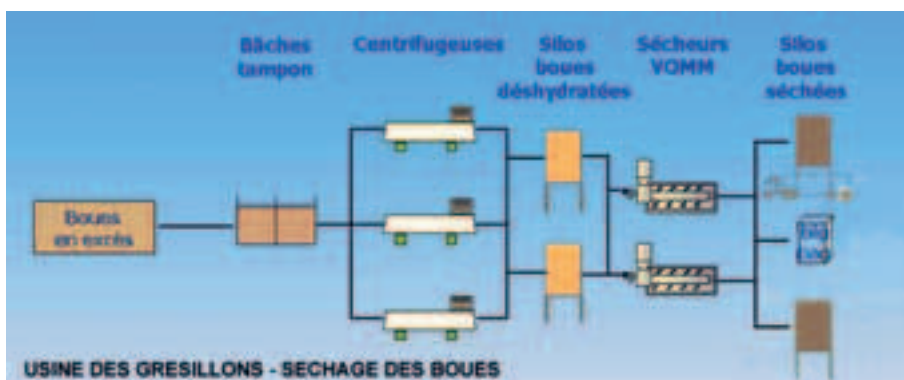


Photo 1  
Exemple de sécheurs sur une installation similaire

Example of driers on a similar installation



Le premier étage est constitué de huit biofiltres de 112 m<sup>2</sup>.

Le second étage sert à la nitrification de l'effluent sur 14 biofiltres de 112 m<sup>2</sup>. Il est aéré à l'aide d'une centrale d'air process sur trois turbocompresseurs. Le dernier étage est un étage de dénitrification sur six biofiltres de 81 m<sup>2</sup>. Une injection de méthanol est prévue pour apporter le substrat carboné nécessaire à la croissance des bactéries.

Des organes de lavage, deux bâches d'eaux traitées et deux bâches de récupération des eaux sales ainsi que des pompes et des turbocompresseurs d'air de lavage permettent d'éliminer la masse biologique excédentaire qui viendrait colmater les biofiltres (figure 2).

**Rejet en Seine**

Un canal venturi et un préleveur permettent d'assurer un contrôle en continu des rejets en Seine. Le rejet est effectué par une canalisation de 3 m de diamètre sur environ 900 m de longueur dimensionnée pour la phase ultérieure de développement. Un ouvrage de chute permet de se prémunir de la diffusion de mousses en rivière, et un diffuseur évitera des remous gênants pour la navigation.

**Filière boues**

**Déshydratation des boues**

Les boues primaires et biologiques mélangées, sont extraites des décanteurs primaires et stockées dans deux bâches à boues, puis sont reprises par pompage vers la déshydratation. La déshydratation des boues est assurée par trois centrifugeuses avec conditionnement au moyen d'un polymère. Les boues produites ont une siccité de l'ordre de 25 % et sont pompées vers deux silos de stockage de boues déshydratées.

**Séchage des boues**

Les boues déshydratées sont reprises à partir des deux silos pour alimenter les deux files de séchage.

Le séchage est assuré par deux sécheurs VOMM qui délivrent des boues à 95 % de siccité, le fluide caloporteur étant de l'huile chauffée par une chaudière.

Les boues séchées sont ensuite dirigées vers deux files de stockage en silo pour évacuation par camion vers l'incinération ou granulées puis mises en big-bags pour une valorisation agricole (figures 3, 4 et photo 1).

**Traitement de l'air**

**Ventilation - Chauffage**

Les locaux abritant le prétraitement et le séchage des boues sont mis en dépression par un réseau de gaines et de ventilateur relié à un plénum. Les

zones les plus odorantes sont confinées afin d'éviter la propagation dans les locaux. Un apport d'air neuf est assuré par des centrales d'air. Les décanteurs lamellaires, le tamisage ainsi que les biofiltres sont couverts et connectés au réseau d'extraction d'air vicié.

### Désodorisation

L'air extrait des bâtiments et des ouvrages est repris au niveau du plénum vers une unité de désodorisation.

Le traitement de l'air vicié est effectué par deux files composées chacune de quatre tours placées en série. Celles-là assurent un lavage physico-chimique de type acide, oxydant à PH faiblement basique, oxydant à PH fortement basique puis réducteur, permettant l'élimination des composés soufrés et azotés et les éventuelles traces de chlore issues des lavages oxydants (photo 2).



Photo 2  
Vue de la désodorisation  
View of the deodorising facility

## LE GÉNIE CIVIL - LES PRINCIPAUX BÂTIMENTS

### Les principales quantités du projet

Les principales quantités du génie civil sont indiquées sur la figure 5.

### Détails des bâtiments

L'usine comporte sept bâtiments principaux :

- ◆ ouvrage A10 : prétraitement ;
- ◆ ouvrage B10 : décantation lamellaire ;
- ◆ ouvrage C10 : biofiltres ;
- ◆ ouvrage E10 : traitement des boues ;
- ◆ ouvrage F10 : désodorisation et séchage des boues ;
- ◆ ouvrage G10 : bâtiment d'exploitation ;
- ◆ ouvrage H10 : bâtiment administratif (objet d'un autre lot).

Le descriptif de la structure de chacun de ces bâtiments est donné ci-après, mais le projet comporte aussi d'importants travaux de réseau et la construction d'ouvrages annexes (figure 6).

### Le bâtiment des prétraitements

Le bâtiment des prétraitements (A10) est un ouvrage à deux niveaux de 85 m de long, 30 m de large et de 12 m de haut pour un volume global de l'ordre de 3400 m<sup>3</sup> de béton.

Le bâtiment s'articule en deux ensembles désolidarisés par un joint de dilatation, de dimensions sensiblement égales, comprenant d'une part le dégrillage-tamisage et, d'autre part, le dessablage-dégraissage et le traitement des graisses.

L'ensemble est fondé soit sur radier au droit des bassins hydrauliques (ex. "Bassins de dessabla-

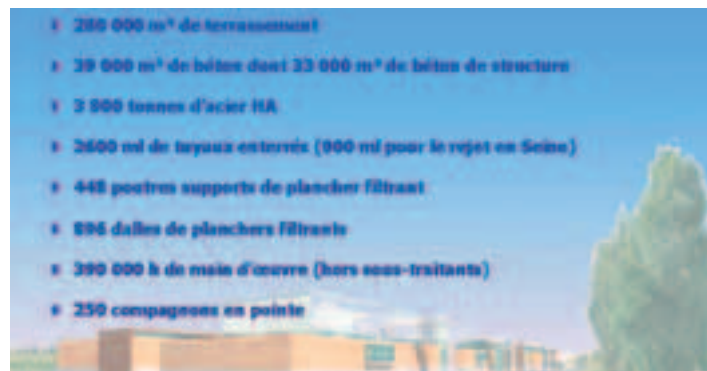


Figure 5  
Les principales quantités du génie civil  
Main civil engineering quantities



Figure 6  
Les principaux bâtiments  
Main buildings

ge") soit sur semelles filantes et dallage dans les locaux techniques (ex. local "bennes"). Des chambres de raccordement situées sous le radier assurent la jonction d'une part avec l'arrivée des eaux à épurer et, d'autre part, avec les canaux d'alimentation des décanteurs lamellaires et de by-pass constitués de tuyaux préfabriqués en B.A. de diamètre 2 m.

La toiture est principalement constituée de poutres précontraintes (portée maximale de 16 m) et de dalles alvéolées (portée de 8 m maximum), le reste étant coulé en place.

Les voiles ont été bétonnés en deux levées d'environ 6 m. Un traitement architectural (matrice type





**Photo 3**  
Le prétraitement  
*Pretreatment*

**LES PRINCIPAUX INTERVENANTS**

**Process**

Groupement Stereau - Passavant-Roediger, solidaires.  
Stereau est également mandataire du groupement.

**Génie civil**

Groupement Bouygues Travaux Publics - Razel, solidaires

**Architectes**

Groupement : Cabinet HB Architectes - Cabinet Alain Farel, solidaires (figure 7).

**Principaux sous-traitants**

En dehors d'ETDE et de VOMM qui réalisent respectivement les réseaux électriques et automatismes puis la fourniture et la pose des installations de séchage, les principaux sous-traitants et fournisseurs suivants ont été impliqués

**Génie civil :**

- Armatures : Sendin et EMCA
- Etalements : Godon & Fernandes Montage
- Construction TCE du bâtiment administratif : Bouygues Ouvrages Publics (Bouygues Bâtiment)
- Fourniture des bétons : groupement Unibéton et BRN
- Fourniture des planchers filtrants : Girebat
- Pour des lots de corps d'état : Trioplast, Rigolot, Leuillet, Cibetanche, Soprema
- Rejet en Seine : Urbaine de Travaux
- Bureaux d'études : Bouygues TP, Descamps, TPF Chapeaux
- Fourniture des conduites préfabriquées BA : Bonna Sabla



**Figure 7**  
Le groupement d'entreprises  
*The consortium*

**Process :**

- Désodorisation : Europe Environnement
- Racleurs de Delreb : Setre
- Montage des tuyauteries : Garhin, ASB, STIC, SIT
- Eléments composites : Trioplast
- Ponts roulants : Abus Stanlev
- Tuyauteries de chauffage : Altat Fluide
- Tamiseurs : Andritz
- Extracteurs de boues déshydratées : Morillon
- Centrifugeuses : Westfalia
- Ventilation : Gainair
- Montage Delreb : MGL
- Flottants Delreb : Gachet
- Pompes : Flygt - Seepex, Burton's steel

tôle froissée), nécessitant un calepinage précis des reprises de bétonnage, a été réalisé sur les façades principales du bâtiment (nord et sud) (photo 3).

**Le bâtiment des décanteurs lamellaires**

Le bâtiment B10 est un ouvrage de 69 m de long, 44 m de large et de hauteur variable pour un volume global d'environ 4 300 m<sup>3</sup> de béton.

L'ensemble s'articule en deux zones de traitement désolidarisées par un joint de dilatation comprenant d'une part la décantation lamellaire et, d'autre part, le tamisage.

La décantation lamellaire est un bâtiment à un niveau de 53 m de long et de 7 m de haut comportant trois cellules semblables, dont l'une d'entre elles est désolidarisée des deux autres par un joint de dilatation. Chaque cellule est composée d'un raccordement sur le carneau d'entrée des eaux pré-traitées, de deux bassins de coagulation, d'un bassin de floculation et d'un bassin de décantation. La salle des pompes, permettant d'envoyer les boues dans le bâtiment de traitement des boues, constitue le seul local sec.

L'ouvrage est fondé sur un radier d'épaisseur variable, de 60 cm au droit des bassins à 35 cm au droit du carneau d'entrée. Les voiles, de 40 cm d'épaisseur, supportent une toiture constituée principalement de dalles alvéolaires, sauf au droit des bassins de décantation qui sont fermés par une couverture légère.

Un carneau central, suspendu au-dessus des bassins de décantation par l'intermédiaire de poutres-voiles, permet d'alimenter le carneau de sortie, fondé sur remblai, et l'unité de tamisage.

Le tamisage comporte une zone de bassin hydraulique au niveau inférieur et une zone destinée aux locaux techniques sur le niveau supérieur. Le bâtiment, de 15 m de long, 44 m de large et 11 m de haut, s'appuie sur un radier posé sur un remblai mis en place autour des carneaux d'alimentation des biofiltres et des by-pass. Les voiles supportent la couverture constituée de dalles alvéolaires de 15 m de portée (photo 4).

**Le bâtiment des biofiltres**

C'est le bâtiment le plus imposant de l'usine, il représente à lui seul près de la moitié du génie civil de l'ensemble du projet.

Le bâtiment des biofiltres est un ouvrage de 245 m de long, 37,6 m de large et de hauteur variable de 8 m à 11 m en son point le plus élevé. L'ensemble représente 17 000 m<sup>3</sup> de béton.

Cet ouvrage, qui s'articule en cinq ensembles principaux dont les trois étages de biofiltres, est fondé sur des radiers de niveaux et d'épaisseurs variables. Un joint de dilatation les désolidarise les uns des autres.

Le premier ensemble, de 52 m de long, raccordé au tamisage par un carneau d'alimentation constitué d'éléments préfabriqués en B.A. de diamètre 1,80 m, intègre les deux bâches d'eaux sales et le poste de relèvement du 1<sup>er</sup> étage surmonté du carneau des eaux brutes alimentant le 1<sup>er</sup> étage de "biofiltration". Il est également connecté au dernier étage de l'ouvrage, par l'intermédiaire d'un tuyau en B.A. préfabriqué, afin de récupérer les eaux à forte concentration de nitrates.

Le premier étage de "biofiltration", constituant le second ensemble, est un bâtiment de 38 m de long. Il comporte huit cellules de biofiltres de 9 m x 12,5 m, réparties de part et d'autre d'une galerie centrale de 8,5 m de large qui supporte les vasques d'alimentation des biofiltres d'une part et les carneaux d'eaux brutes, d'eaux filtrées et d'eaux sales d'autre part. Chaque cellule de biofiltres est équipée d'un plancher filtrant de 15 cm d'épaisseur constitué de 35 dalles préfabriquées perforées (180 trous/dalle, soit 6 300 trous/cellule) ancrées sur des poutres scellées dans le radier et supportant le matériau filtrant du process (pouzzolane).

On trouve ensuite un ensemble de 32 m de long qui se subdivise en deux zones distinctes. Le poste de relèvement du 2<sup>e</sup> étage d'une part, situé côté Est, possède une géométrie complexe depuis le radier sur lequel il se fonde jusqu'à l'édicule en toiture abritant le carneau d'eaux brutes. Il est composé de locaux techniques, de carneaux hydrauliques et d'une bache permettant de transférer l'eau filtrée du 1<sup>er</sup> au 2<sup>e</sup> étage de biofiltration. La centrale d'air d'autre part, située côté ouest, possède une géométrie simple constituée d'un radier et d'une dalle de couverture sans niveau intermédiaire.

Le 2<sup>e</sup> étage de biofiltration constitue l'ensemble le plus long avec ses 66 m. Il comporte 14 cellules de "biofiltres" de 9 m x 12,5 m divisées en deux parties de six et huit cellules, désolidarisées l'une de l'autre par un joint de dilatation, organisées sur le même modèle de structure que celui du 1<sup>er</sup> étage.

Le dernier ensemble regroupe, sur 56 m de long, le poste de relèvement du 3<sup>e</sup> étage, le poste de recirculation des nitrates, le 3<sup>e</sup> étage de "biofiltration" et les bâches d'eau de lavage.

Le poste de relèvement du 3<sup>e</sup> étage et le poste de recirculation des nitrates, situés en sortie du 2<sup>e</sup> étage de biofiltration, sont deux ouvrages de relèvement composés d'une structure simple fondée sur radier et refermée par une dalle de couverture surmontée d'édicules permettant de transférer d'une part l'eau filtrée du 2<sup>e</sup> au 3<sup>e</sup> étage et d'autre part les eaux à forte concentration de nitrates vers le poste de relèvement du 1<sup>er</sup> étage.

En dehors du fait que le 3<sup>e</sup> étage de biofiltration ne comporte que six cellules de dimensions plus petites (9 m x 9 m), sa structure est similaire à celles du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>e</sup> étage. Le nombre de trous dans le plancher filtrant est réduit à 4 500 par cellule.



**Photo 4**  
Décanteur lamellaire  
*Lamellar clarifier*



**Photo 5**  
Ouvrage C10 :  
biofiltres  
**Structure C10 :**  
*biological filters*

L'ouvrage se termine avec deux bâches de 15 m de long, 11 m de large et 7 m de haut, destinées à recevoir les eaux de lavage. Leur structure simple se compose d'un radier, de voiles et d'une dalle de couverture. Elles sont séparées l'une de l'autre par une galerie centrale de 6 m sous plafond dans laquelle sont implantées les pompes alimentant les différents étages de biofiltration pour le nettoyage des cellules.

Chaque ensemble de cet ouvrage, à l'exception des étages de biofiltration, est raccordé à un tuyau de by-pass longeant l'ouvrage et permettant de "court-circuiter" le traitement en cas de panne en renvoyant les eaux vers le poste de comptage avant le rejet en Seine (photo 5).

### **Le bâtiment des boues**

Le bâtiment des boues est un ouvrage de 63 m de long, 31 m de large et de hauteur variable entre 8 et 11 m pour volume global de 3 200 m<sup>3</sup> de béton. L'ensemble s'articule en trois zones désolidarisées par un joint de dilatation comprenant le stockage des boues et le local centrifugation d'une part, le local réactifs d'autre part et enfin le stockage des big-bags.

Le stockage des boues est le seul ouvrage hy-

Photo 6  
Traitement  
des boues

Sludge  
treatment



Photo 7  
Désodorisation  
et séchage  
des boues  
Sludge deodorising  
and drying



► draulique de ce bâtiment. Il comporte deux baches à boues rectangulaires de dimensions globales 33 m de long sur 16 m de large. L'ensemble est fondé sur un radier de 70 cm d'épaisseur. Les voiles, de 70 cm d'épaisseur, sont encastés dans le radier et ont nécessité la création de goussets en pied et dans les angles. Ils ont été bétonnés en plots alternés pour prendre en compte les effets du retrait du béton en une seule levée de 10,50 m. L'ensemble est recouvert d'une dalle de 50 cm d'épaisseur. L'ensemble représente un volume de stockage de 2000 m<sup>3</sup> par unité.

Le local centrifugation (14,50 m x 34 m de long) est structurellement associé aux baches à boues. Il est constitué de voiles de grande hauteur bé-

tonnés en une seule levée supportant une toiture en poutres précontraintes (portée maximale = 14 m) et dalles alvéolaires (portée maximale = 9 m), dégageant ainsi un grand volume pour le matériel de centrifugation avec une hauteur sous plafond de 11 m. Il intègre une partie du circuit de visite situé à 8 m du sol.

Le local réactifs (polymères, chaux, etc.) est un ouvrage en "L" de 20 m de large dans sa plus grande dimension. Sa structure repose sur un radier indépendant et se décompose en voiles de grande hauteur d'une part et en poutres précontraintes et dalles alvéolaires de mêmes caractéristiques que le local centrifugation d'autre part.

Le stockage des big-bags est également un ouvrage en "L" de 22 m de large dans sa plus grande dimension. La hauteur sous plafond est de 8 m dans le plus grand des deux locaux et de 11 m dans celui adjacent. Les voiles ont été bétonnés en une seule levée de 8 m ou 11 m de haut. La toiture est composée de dalles alvéolaires de 9 m de portée maximale s'appuyant soit sur les voiles soit sur des poutres précontraintes de 21 m de portée.

A l'exception des voiles des baches à boues, les autres voiles, fondés sur radier mince et butés en tête, ont nécessité une stabilisation en phase provisoire jusqu'au bétonnage des dalles de couverture.

Enfin, un traitement architectural (matrice type tôle froissée) a été réalisé sur les façades principales nord et sud du bâtiment (photo 6).

### Le bâtiment de désodorisation et du séchage

Le bâtiment de séchage et de désodorisation est un ouvrage rectangulaire de 69 m de long sur 43,5 m de large pour un volume global de 4 200 m<sup>3</sup> de béton. Il se décompose en deux zones désolidarisées par un joint de dilatation comprenant, d'une part, le bâtiment de désodorisation et, d'autre part, le séchage des boues.

Le bâtiment de désodorisation s'étend sur 26,50 m de long sur 11 m de haut. Il ne comporte qu'un seul niveau, sauf au droit des locaux techniques qui se superposent sur deux niveaux. Les voiles s'appuient sur le radier de 30 cm d'épaisseur, constituant la fondation de l'ensemble. Les voiles ont été bétonnés en deux levées de 5,50 m environ sauf au droit de la façade nord pour laquelle un traitement architectural (matrice type tôle froissée) a été réalisé. Cette façade a été stabilisée en phase provisoire jusqu'au bétonnage de la dalle de couverture. Cette dernière est constituée de poutres précontraintes de 16 m de portée et de dalles alvéolaires (8 m de portée maximale).

Le bâtiment de séchage s'étend sur 42,50 m de long. Il comprend le circuit de visite qui sépare les deux bâtiments, les locaux techniques sur un ou deux niveaux pour une hauteur globale de 7 m et



**Photo 8**  
**Bâtiment**  
**d'exploitation G10**  
**Operations**  
**building G10**

les locaux destinés à recevoir les sècheurs à boues (ou local sècheurs) sur deux niveaux. Ces derniers constituent l'ouvrage le plus haut de l'usine avec une hauteur globale de 18 m. La structure de ce local est constituée de portiques poteaux/poutres fondés sur des semelles isolées désolidarisées du radier et supportant les voiles périphériques, la dalle intermédiaire et la dalle de toiture (toutes deux coulées en place). Le niveau bas a été réalisé avec un radier de 30 cm intégrant les caniveaux techniques.

Deux silos à boues de 11 m de haut, servant de stockage tampon des boues déshydratées entre les bâches à boues et les sècheurs, ont été réalisés à proximité de ce local. Les voiles circulaires, de 6,70 m de diamètre intérieur et bétonnés en une seule phase, s'appuient sur une dalle de fond reposant sur quatre poteaux isolés de 4 m qui sont repris par une dalle de répartition au niveau du sol. Chaque couverture de silos est constituée d'une dalle préfabriquée de 30 cm d'épaisseur pour un poids unitaire de 26 t. Une structure métallique de 18 m de haut, constituée de poteaux et poutres supportant la toiture en dalles alvéolaires et le bardage double peau, entoure l'ensemble afin de l'isoler de l'extérieur (photo 7).

### **Le bâtiment d'exploitation**

Il s'agit d'un bâtiment en L à deux niveaux de dimensions extérieures 49 m par 36 m.

La zone du magasin s'étend sur 16,50 m par 17,50 m et comporte un seul niveau; elle est séparée du reste du bâtiment par un hall longitudinal avec une ossature métallique.

La zone nord accueillant l'atelier notamment au R.d.C et la salle de commande au premier s'étend sur 49 m par 14 m et comporte deux niveaux.

Le bâtiment est fondé sur semelles filantes et isolées, sa structure se compose de poteaux isolés et de voiles porteurs, reprenant par l'intermédiaire de poutres principales les planchers constitués de dalles alvéolaires (photo 8).



**Photo 9**  
**Pose du collecteur**  
**de rejet DN 3 000**  
**Laying the main discharge**  
**drain of ND 3 000 mm**

### **Le rejet en Seine**

Le rejet en Seine de l'usine d'épuration des Grésillons est une canalisation en béton armé de diamètre intérieur de 3 m sur une longueur de 900 m environ.

Cette canalisation permet de renvoyer les eaux traitées de la station vers la Seine.

Sur cette canalisation sont positionnés deux ouvrages de génie civil :

- ◆ un ouvrage de chute permettant de freiner l'écoulement des eaux situé à 60 m environ avant l'arrivée en Seine;
- ◆ un ouvrage aval de diffusion permettant de répartir au mieux les eaux traitées en sortie au contact de la Seine.

Les différents tuyaux en béton armé (poids 18 t) sont posés en plusieurs tronçons (six tronçons différents) et pour chaque tronçon une méthodologie de mise en œuvre a été étudiée en fonction des caractéristiques géotechniques des terrains rencontrés. Ainsi, il existe des zones où la conduite est posée en tranchée blindée avec palplanches, ou bien en tranchée talutée.

La réalisation d'un tel ouvrage hydraulique comporte quelques difficultés notamment en raison de la présence de la nappe phréatique (photo 9).

**Photo 10**  
Pose de conduites  
préfabriquées entre ouvrages

*Laying prefabricated pipes  
between structures*



**Figures 8 et 9**  
Vue architecturale du traitement des boues, de la désodorisation et du prétraitement  
*Architect's view of sludge treatment, deodorising and pretreatment*



## Réseaux divers

Les autres réseaux de la station d'épuration sont répartis en deux catégories : les réseaux dits **profonds, principalement hydrauliques** et les **réseaux process et réseaux divers**. Quelques chiffres concernant ces réseaux sont donnés ci-après.

### Réseaux profonds

Réseau by-pass : béton armé DN 2 000 (380 ml);  
Réseau eaux prétraitées : béton armé DN 2 200 (70 ml);  
Réseau eaux décantées : béton armé DN 1 800 (91 ml);  
Recirculation des nitrates : béton armé de forme ovoïde 195 x 115 (127 ml);

Réseaux comptage arrivée : tuyaux fonte DN 1 000 et 800 (227 ml);

Réseaux ventilation : PRV DN 700 au DN 1 400 (350 ml);

Collecteur interne : béton armé DN 1 500 (420 ml);  
Réseaux eaux sales de lavage : PRV DN 350 et 700 (192 ml).

Ces réseaux dits "profonds" sont posés sous les bâtiments de l'usine et entre les bâtiments sous les futures voiries.

### Réseaux process et réseaux divers

Les réseaux process permettent l'alimentation de la station d'épuration en eau potable, eau industrielle et eaux chaudes; ils prennent en compte également la gestion des eaux pluviales des toitures et des futures voiries :

- ◆ réseau eaux pluviales : 1 778 ml;
- ◆ réseau de circulation des boues : 436 ml;
- ◆ réseau eau potable : 1 065 ml;
- ◆ réseau eaux chaudes : 1 442 ml;
- ◆ réseau eau industrielle : 766 ml;
- ◆ fourreaux électriques pour alimentation EDF : 11 540 ml.

Ces réseaux posés entre les différents bâtiments sont à une profondeur moyenne de 1,20 ml et sont posés en tranchée commune.

Pour ces réseaux tous les types de matériaux ont été utilisés : fonte, acier revêtu, PEHD... (photo 10).

### Ouvrages annexes

En plus de la construction des ouvrages principaux décrits ci-avant, le projet prévoit aussi la construction d'un ouvrage de comptage en sortie d'usine, un poste EDF, un pont à bascule, et les travaux de voirie associés.

## Les corps d'états architecturaux et le circuit de visite

Une des caractéristiques fortes de ce projet réside dans l'importance prise par les corps d'état architecturaux. Le projet est moderne tant par la technicité du process de traitement mis en œuvre que par la façade architecturale qu'il doit présenter à l'extérieur offrant un mélange de matériaux bruts, pour les bâtiments consacrés purement au traitement des eaux, et de matériaux plus nobles pour les bâtiments techniques, l'objectif étant de réussir l'insertion de l'ensemble dans le site des Grésillons. De ce contraste, il résulte un ensemble de lots architecturaux et de second œuvre très variés dont les principaux sont :

- ◆ 3 100 m<sup>2</sup> de bardage, dont une partie en aluminium;
- ◆ 1 400 m<sup>2</sup> de façade vitrée ouvrant des perspectives sur certaines des composantes principales du process traitement;
- ◆ 6 000 m<sup>2</sup> de peintures extérieures;

◆ 4 700 m<sup>2</sup> de peintures intérieures notamment pour la mise en valeur des équipements de process ;

◆ 3 000 m<sup>2</sup> de carrelages.

Ces prestations sont associées à la réalisation d'un circuit de visite de l'usine qui sera accessible au public lors de visites organisées permettant ainsi de voir et comprendre le cycle de l'épuration de l'eau.

Après l'accueil, la visite commence en traversant le bâtiment de prétraitement avec vue sur le dégrillage, le dessablage et le dégraissage. Elle se poursuit dans le bâtiment de traitement des boues avec vue depuis le belvédère sur les bâtiments de décantation lamellaire et biofiltration ; traversée du local des réactifs et centrifugation, puis passage par les locaux de désodorisation et de séchage. La visite se termine dans le bâtiment d'exploitation avec vue sur la salle de commande de toute l'usine (figures 8, 9 et photo 11).

## ■ ORGANISATION ET PLANNING DES ÉTUDES

### Les phases d'études

Traditionnellement, l'établissement du projet se fait dans l'ordre suivant. Le process établit des "plans guides de génie civil", qui définissent les besoins : volumes, charges réparties et ponctuelles, réservations.

Avec ces plans, les bureaux d'études du génie civil établissent leurs projets avec plans d'ensemble et plans de coffrage. Chacun passe ensuite à la phase d'exécution.

Cette méthode conduisant de façon quasi systématique à de nombreux allers-retours, il a été décidé de prévoir plusieurs phases dès le démarrage de l'étude.

D'abord le process établit des "plans charges enveloppes", exprimant les besoins principaux en terme de volume, charges et grosses réservations.

A partir de là, le génie civil dresse des "plans d'équarrissage", qui fixent le type de structure, les épaisseurs et la géométrie principale.

Avec ces renseignements, le process peut établir des plans guides de génie civil comportant toutes les composantes nécessaires du process, sur fond de structure convenablement dimensionnée.

Le génie civil peut alors dresser les plans de coffrage.

Cette méthode en quatre étapes favorise les échanges entre les trois intervenants (architectes inclus), permet en même temps de préparer les grands cheminements de câbles et de tuyauteries, notamment de ventilation et de formaliser les allers-retours.

Les études d'exécution s'enchaînent ensuite ou en parallèle, avec les plans d'armatures pour le génie



Photo 11  
Bâtiment  
d'exploitation

Operations  
building

civil et les plans d'équipement, les plans d'électricité.

### Les études génie civil - Le planning des études

L'ordre de service de la phase études a été donné en janvier 2003 pour une première phase d'établissement d'un véritable avant-projet détaillé, de confortement du procédé et de définition complète du projet. Cette phase de 6 mois a été suivie d'une autre phase permettant d'achever la définition du projet, de lancer les études d'exécution et de préparer les travaux. Cette phase a duré jusqu'en avril 2004, période à laquelle le maître d'ouvrage, ayant avancé suffisamment toutes les autorisations administratives (loi sur l'eau, loi Bouchardeau, permis de construire), a donné un ordre de service de réaliser les travaux préparatoires.

Le groupement a pu tirer pleinement parti de cette période de 16 mois, pour préparer de façon très détaillée les travaux, ce qui est rare dans ce genre d'affaire, les délais d'études étant le plus souvent noyés dans un délai général, lui-même très court.

Dans le détail, on peut retenir que la conception de l'usine s'est établie en trois grandes phases sur une durée totale de 25 mois, à savoir :

◆ phase d'établissement du projet, de finalisation et de validation de la conception :

- établissement des plans charges enveloppe (7 mois),

- établissement des plans d'équarrissage (5 mois) ;

◆ phase d'établissement des plans guide de génie civil et d'architecte (10 mois) ;

◆ phase d'établissement des plans d'exécution de process et de génie civil (18 mois).

Les études d'exécution de génie civil ont été réalisées par quatre bureaux d'études sur une durée globale de 13 mois.

La bonne organisation et coordination des équipes de conception et le dialogue permanent entre les différents acteurs ont permis l'optimisation du projet à tous les niveaux.

**Photo 12**  
**Vue aérienne**  
**du chantier en cours**

*Aerial view*  
*of the project*  
*in progress*



**Photo 13**  
**Vue d'ensemble**  
**des installations**

*Overall view*  
*of the facilities*



### ■ L'INSTALLATION DE CHANTIER

Pour ce type d'opération, dont le planning est à la base très tendu, les installations de chantier prennent une dimension encore plus importante. Dans ce cadre, le groupement génie civil, à qui revenait cette tâche, s'est penché très tôt sur le sujet pour mettre en œuvre les installations qui permettraient d'apporter à la maîtrise d'exécution du chantier les moyens les plus adaptés au bon moment.

Les grands principes qui ont guidé ces installations ont été les suivants :

- ◆ centraliser les bureaux et cantonnements pour éviter un éparpillement à divers endroits sur le chantier;
- ◆ installer une base logistique (magasin, atelier et

menuiserie) qui donnerait une plus grande souplesse à la maîtrise pour gérer le petit matériel, et les commandes de coffrages et mannequins en bois notamment;

- ◆ profiter au maximum de l'espace disponible sur le site du projet pour favoriser la création de pistes et/ou voiries provisoires permettant d'optimiser les circulations autour des ouvrages;

- ◆ et enfin, optimiser l'occupation de l'espace par les grues à tour, point clé de la réussite de ce type de chantier où la charge des grues à tour revêt un caractère essentiel.

L'ensemble des installations ont été déployées après concertation avec le groupement Process, ce qui là encore permet d'optimiser les moyens mis en œuvre.

Globalement, les installations suivantes ont été réalisées :

- ◆ mise en place de 1 700 m<sup>2</sup> de bureaux de chantier (pour MO, MOE, GC et Process);
- ◆ mise en place de 1 600 m<sup>2</sup> de cantonnements (vestiaires, sanitaires et réfectoires);
- ◆ montage de trois hangars modulaires de 150 m<sup>2</sup> chacun pour accueillir le magasin, l'atelier et la menuiserie du chantier;
- ◆ construction d'une plate-forme de 17 000 m<sup>2</sup> pour recevoir les installations principales et mise en œuvre de 20 000 m<sup>2</sup> de plates-formes de stockage et de pistes de chantier;
- ◆ installation de neuf grues à tour en pointe dont une grande partie sur voies de grue (presque 500 ml de voies de grue ont été utilisées dans le cadre de ce projet);
- ◆ mise en place d'un poste de transformation de 1 600 kVa (photos 12 et 13).

## ■ LE PLANNING DES TRAVAUX

Après l'ordre de service des travaux préparatoires, l'ordre de service travaux a donné le coup d'envoi pour un délai de 31 mois au total pour réaliser les travaux et mettre en route l'usine.

En réalité, à l'intérieur de ce délai, le groupement a réparti les temps pour relever le pari d'un délai très court de construction : 24 mois ont été consacrés à la construction proprement dite, 3 mois aux essais hydrauliques et électromécaniques avec de l'eau claire, et 4 mois au réglage du traitement d'eau brute.

Dans ces 24 mois, la réalisation du génie civil en gros œuvre, occupe environ 16 mois, le second œuvre 6 mois et le montage du process commencé en parallèle dure environ 12 mois (figure 10).

## ■ LES GRANDS CHOIX DE MÉTHODES LIÉS AUX OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les ouvrages hydrauliques doivent avoir, comme leur nom l'indique, une disposition particulière à retenir les fluides qui y sont stockés. De là, découlent un certain nombre de contraintes qu'il faut pouvoir traiter avec tout l'arsenal des méthodes de construction.

### Banches de grande hauteur

L'utilisation de banches de grande hauteur a été guidée par une volonté de limiter au maximum le nombre de reprises de bétonnage horizontales, source de problèmes même si le traitement de ces reprises est particulièrement soigné.

Ainsi, le groupement a opté, partout où cela était possible techniquement, pour l'utilisation de coffrages permettant de réaliser d'une seule volée les voiles des ouvrages. Ceci a conduit à l'utilisation de coffrages d'une hauteur allant de 7 m à 11 m. Pour les voiles matricés, le choix de voile coulé en une seule fois a eu aussi l'avantage de limiter les reprises de bétonnage qui sont des points sensibles au niveau des jonctions de panneaux matricés lorsqu'on recherche une continuité et une homogénéité de parement (photos 14 et 15).

### Choix des formulations de béton

Le choix de la formulation béton revêt aussi une importance primordiale pour la réalisation d'ouvrages hydrauliques. Tous les bétons en contact avec les eaux usées sont des bétons de classe 5b (ancienne classification) et le choix s'est porté sur un ciment CEM III/A PMES avec une résistance spécifique de 42,5 MPa. Le choix de ce ciment a été

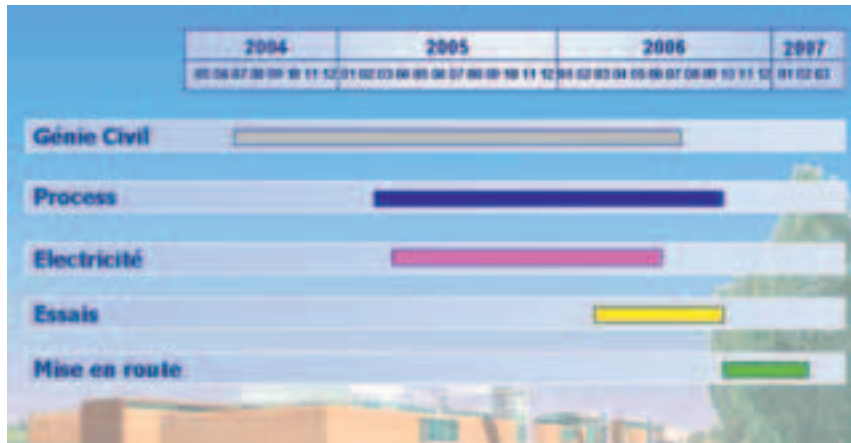


Figure 10  
Planning général  
de l'opération

General project  
schedule



Photo 14  
Banche de grande hauteur sur C10  
Very high shuttering panel on C10



Photo 15  
Banche de grande hauteur sur F10  
Very high shuttering panel on F10

guidé par la quantité relativement importante de parements bruts sur le projet, le résultat visé étant d'obtenir des parements plus clairs que lors de l'utilisation plus courante dans ce type d'ouvrage d'un ciment CEM V.

Une autre contrainte a été imposée, au-delà de ce qui était requis par les normes, concernant le rapport E/C qui a été volontairement abaissé.

Ces choix faits en début de chantier ont permis d'obtenir globalement des résultats très satisfaisants.

### Découpage en plots des bassins de biofiltres

S'agissant de la construction d'ouvrages hydrauliques, la découpe en plots élémentaires des ouvrages revêt un caractère primordial.

Les bassins sont découpés en "plot de bétonna-



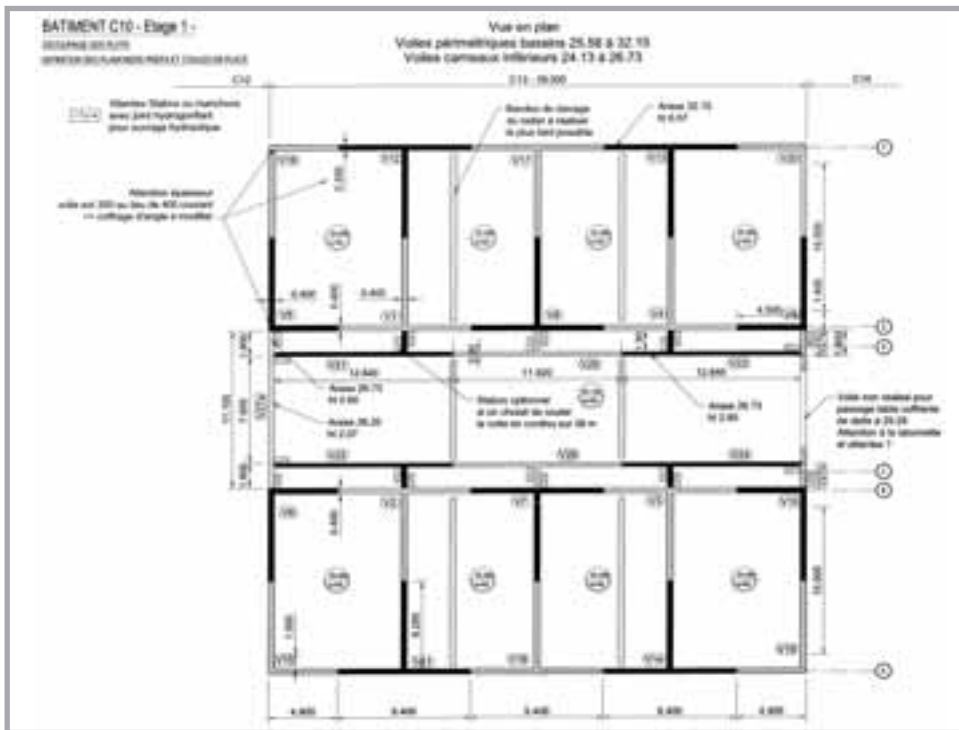


Figure 11  
Vue en plan. Bâtiment C10.  
Etage 1

Plan view. Building C10. Level 1



Photo 16  
Vue d'un plancher de biofiltre  
en cours de réalisation  
View of a biological filter floor  
undergoing construction

► ge" (la "brique élémentaire") et l'ensemble des briques constitue l'ouvrage. Pour les biofiltres, le "plot de bétonnage" qui a été retenu a la forme, vu de dessus, d'un té de 6 m par 9 m. Les "tés" sont imbriqués les uns dans les autres, tête bêche. Cette géométrie a l'avantage :

- ◆ de minimiser les effets du retrait du béton et donc le risque de fissures ;
- ◆ de minimiser le nombre de plots de bétonnage, donc de reprise de bétonnage et donc minimiser le risque de fuites ;
- ◆ d'optimiser le cycle de réalisation (un seul type de coffrage/optimisation de la main-d'œuvre) (figure 11).

### Traitement des reprises de bétonnage

L'objectif étant d'obtenir un ouvrage étanche, le risque de fuite a été minimisé en appliquant les mesures suivantes :

- ◆ reprises de bétonnage désactivées puis traitées au karcher pour obtenir une surface rugueuse (gravier apparent) ;
- ◆ mise en place de feuillard métallique sur les re-

prises de bétonnage (bande d'arrêt d'eau) pour augmenter le cheminement de l'eau.

En plus de ces mesures classiques, il a été décidé de traiter les reprises de bétonnage critiques préventivement : mise en place sur la face avant des reprises de bétonnage, côté eau, d'une résine appliquée en deux couches avec adjonction d'une toile de verre (pour absorption des petites déformations).

## LA PROBLÉMATIQUE DES BASSINS DE BIOFILTRÉS

### Conception

La construction des bassins de biofiltres est un des éléments difficiles du procédé, car les contraintes imposées sont très serrées et difficiles à obtenir. En effet, un bassin type de biofiltre est une boîte d'une centaine de mètres carrés de surface, comportant un plancher situé environ à 1 m au-dessus du radier, percé de milliers de buselures qui matérialisent un quadrillage serré sur toute la surface. Ces buselures permettent aux effluents introduits par le fond du bassin, de se répartir parfaitement pour arroser l'ensemble du massif de pouzzolane. De façon similaire, les buselures doivent répartir l'air de lavage, qui est insufflé par des canalisations sous le plancher, de façon très uniforme pour intéresser l'ensemble du massif support des bactéries et arracher les excédents de biomasse de manière homogène.

Ces fonctions imposent une parfaite planéité du plancher, sous peine de mal répartir l'air et les effluents et de condamner une partie du massif au colmatage, donc de diminuer les performances de traitement.

Compte tenu, d'autre part, du nombre de bassins à construire dans un temps réduit, il était donc normal de s'orienter vers une préfabrication.

La chaîne critique de construction passe par :

- ◆ la construction de la boîte enveloppe ;
- ◆ la pose des poutres supports des planchers ;
- ◆ la pose des canalisations sous plancher ;
- ◆ la pose des dalles préfabriquées de plancher ;
- ◆ le scellement des dalles ;
- ◆ le vissage des milliers de buselures dans les réservations en PVC traversant les dalles préfabriquées ;
- ◆ le montage éventuel au-dessus du plancher des tubulures d'air process sur certaines unités ;
- ◆ la mise en place d'une couche de graviers de protection ;
- ◆ la mise en place de la pouzzolane dans le biofiltre.

Dans ces conditions, il a été décidé de fixer une grande précision sur la fabrication des poutres et des dalles, de prendre des mesures pour assurer une précision suffisante sur les dimensions inté-

rieures des bassins (tolérance en plus et pas en moins pour être sûr de rentrer les dalles), de multiplier les contrôles de fabrication, aussi bien sur la préfabrication que sur la pose, et de prévoir un réglage très fin des poutres supports avant scellement, pour ne plus avoir de réglage des dalles à faire sur chemin critique.

Ce travail de contrôle a été assuré par les géomètres du chantier et a porté ses fruits puisque la tolérance requise par le process, inférieure à 1 cm, a été atteinte partout.

Les poutres et les dalles préfabriquées ont été réalisées par CMA, une entreprise située en Bretagne, qui avait déjà réalisé les planchers de l'usine de Saint-Gilles-Croix-de-Vie pour Stereau (photo 16).

### Réalisation des planchers filtrants

Les contraintes vis-à-vis du process sur ces planchers filtrants sont de deux ordres :

- ◆ efforts alternativement de bas en haut puis de haut en bas ;
- ◆ tolérance de planéité du dessus du plancher de + 9/- 6 mm sur chaque bassin.

#### Reprise des efforts

**Poutres** situées sous les dalles de planchers filtrants (celles-ci supportent les dalles du plancher). Ces poutres sont ancrées dans le radier (réalisation de réservations dans le radier puis scellement des poutres et de leurs aciers en attente).

**Dalles des planchers filtrants** : elles sont fixées sur le dessus des poutres par serrage de crochets en inox. Ces crochets sont insérés à la préfabrication des poutres.

Les radiers, poutres et dalles des planchers filtrants constituent donc une structure monolithique.

#### Tolérance de planéité

La tolérance finale obtenue est la somme des tolérances correspondant à chacune des phases d'exécution :

- **réalisation des poutres** : rectitude de la face supérieure des poutres ;
- **pose des poutres** : positionnement de la face supérieure des poutres ;
- **réalisation des dalles** : planéité du dessus et du dessous de chaque dalle.

#### Préfabrication des 448 poutres et des 896 dalles

Nous nous sommes naturellement dirigés vers une préfabrication très soignée des poutres et des dalles de plancher filtrants. Les éléments essentiels de la réussite ont été :

- ◆ choix de moules métalliques, très rigides, contrôlés en usine avant le premier béton puis à intervalle régulier (tolérance  $\pm 1$  mm) ;
- ◆ levage des pièces béton à la verticale (pour supprimer les risques de déformation du béton au jeune âge) ;



Photo 17  
Système de pose et de réglage des poutres des planchers des biofiltres

System for laying and adjusting the beams of the biological filter floors

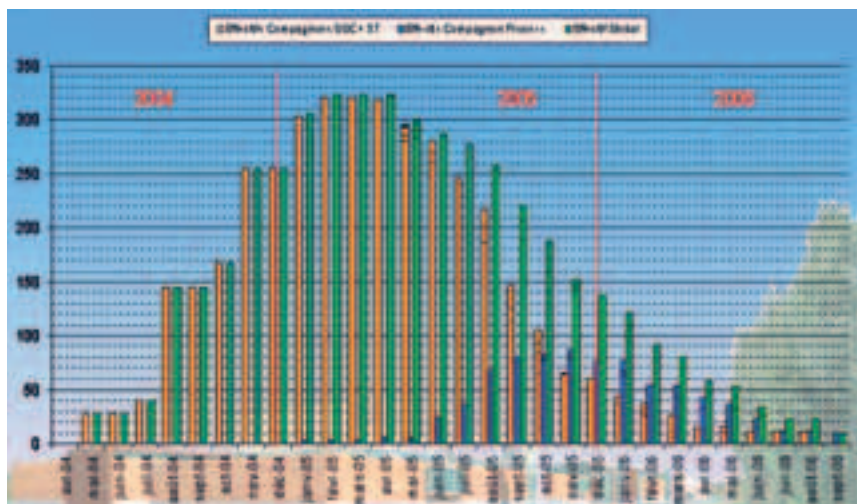


Figure 12  
Répartition des effectifs  
Workforce breakdown

- ◆ transport des poutres debout (pour supprimer les risques de déformation et de fissuration face aux contraintes dynamiques) ;
  - ◆ contrôle systématique des pièces en béton à l'aide de gabarits.
- **Tolérance obtenue :  $\pm 3$  mm.**

#### Pose des poutres

- ◆ Problématique : 448 poutres à poser dans des délais serrés et avec une tolérance de positionnement de la face supérieure de  $\pm 2$  mm.
- ◆ Solution adoptée : mise en place de gabarits/palonniers :
  - réglage des poutres deux par deux sur un marbre extérieur aux biofiltres (hors chemin critique, précision du réglage grâce au marbre),
  - pose du gabarit sur le radier des biofiltres et réglage (vérins à vis),
  - scellement de l'ensemble des poutres d'un bassin après contrôle du géomètre (photo 17).

### LA MAIN D'ŒUVRE DE CHANTIER

L'une des contraintes engendrées par le planning tendu de l'opération a été de réussir la mobilisation de la main-d'œuvre et une montée en effectif relativement rapide (figure 12).

► ■ CONCLUSION

Dès la phase de soumission, le groupement a voulu affirmer sa volonté de structurer fortement ses équipes et de favoriser une collaboration constructive entre les membres du groupement, d'une part, et avec les représentants du client, maître d'œuvre, maître d'ouvrage, contrôleur technique, coordonnateur SPS, d'autre part, en visant toujours l'intérêt du projet d'abord, et non les intérêts particuliers, avec la conviction que c'est le meilleur service rendu à tous.

Chacun a joué son rôle pour aboutir à une réalisation de qualité dans les délais impartis et conforme à l'enveloppe financière.

ABSTRACT

**Grésillons sewage treatment plant in Triel-sur-Seine. A fifth facility for SIAAP in the Paris Region**

*Various authors*

**The Grésillons water treatment plant is SIAAP's first completely new plant since Seine Centre. It uses the most modern sewage treatment processes, which enable discharge into the Seine of water meeting more stringent criteria than the future regulations undergoing preparation.**

**To build this new unit, the consortium led by Stereau and Bouygues Travaux Publics set up the project management structures and facilities to allow turnkey delivery of a non-polluting unit integrated into the site (odour and noise treatment), within the planned deadlines.**

**Very close cooperation between the project stakeholders, the client, the project manager and the contracting consortium, was the key to this success.**

RESUMEN ESPAÑOL

**La estación depuradora de Les Grésillons en Triel-sur-Seine. Una quinta planta para el SIAAP en la región parisina**

*Autores diversos*

**La estación de tratamiento de Les Grésillons constituye la primera planta totalmente nueva del SIAAP desde Seine Centre. Esta estación recurre a los procedimientos más modernos de tratamiento de las aguas residuales, que permiten el vertido en el río Sena, de un agua que posee los criterios más estrictos de aquellos de la futura normativa que se deberá aplicar.**

**Para construir esta nueva unidad, la agrupación de empresas encabezada por Stereau y Bouygues Travaux Publics, ha implantado las estructuras de dirección de proyecto y los medios que permiten suministrar, en los plazos previstos, a la explotación una unidad integrada en las instalaciones existentes, no contaminante (tratamiento del olor y del ruido).**

**Una colaboración sumamente intensa entre los protagonistas del proyecto,**

**empresa contratante y dirección de proyecto, agrupación de empresa, ha sido la clave de este éxito.**

# Valenton VL10

## Un tunnel ø 4 m pour l'assainissement réalisé au tunnelier à pression de terre CSM Bessac

L'assainissement est une composante majeure de la préservation et de l'amélioration de l'environnement. La société CSM Bessac est spécialisée dans la construction de tunneliers et dans la réalisation d'ouvrages souterrains destinés au marché de l'eau et de l'assainissement. Le SIAAP lui a confié la construction d'un collecteur de 4 m de diamètre et d'une longueur de 2 km à Valenton dans le département du Val-de-Marne. Bien que les conditions géologiques fussent contraignantes, le tunnelier à pression de terre construit dans l'usine de Saint-Jory près de Toulouse a permis de creuser l'ouvrage avec de très bons rendements.

### ■ LE COLLECTEUR VL10

Créé en 1970, le SIAAP (Syndicat Interdépartemental Assainissement Agglomération Paris) gère les eaux usées de 8 millions d'habitants de Paris et des départements des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis, du Val-de-Marne, ainsi que de 180 communes de la région Île-de-France. C'est un flux quotidien de 3 millions de mètres cubes d'eaux usées que le SIAAP transporte et traite dans ses quatre usines d'épuration.

Le projet du collecteur VL10 s'inscrit dans un programme de travaux lancé il y a quelques années par le SIAAP pour le transfert, depuis la station d'Achères (Yvelines) où elles sont actuellement traitées vers l'usine Seine-Amont à Valenton, des eaux usées provenant des communes de l'ouest du Val-de-Marne.

Outre sa fonction de transfert, ce collecteur sert de réservoir lors d'épisodes pluvieux importants, empêchant le déversement d'eaux polluées dans la Seine. Les eaux ainsi stockées sont traitées avant rejet.

Au total ce programme représente une dizaine de kilomètres de collecteurs réalisés en souterrain, dont le diamètre varie de 2,50 m à 4,00 m.

L'ouvrage dit VL10 – 2<sup>e</sup> partie, entre le puits Sésame à Valenton et le puits P2 à Créteil, est le dernier tronçon de liaison à la station de Valenton.

C'est un tunnel de 4 m de diamètre intérieur, long de 1830 m, situé à 30 m de profondeur sous une charge hydrostatique de 25 m. Il a été creusé en 9 mois.

### ■ LE TUNNELIER À PRESSION DE TERRE (EPB)

CSM Bessac, mandataire du groupement qui a réalisé l'ouvrage, a également conçu et construit le tunnelier à pression de terre qui a permis son creusement.

Ce type de tunnelier, encore appelé EPB dans la



Photo 1  
Tunnelier EPB ø 4,80 m  
CSM Bessac  
CSM Bessac dia. 4,80 m  
EPB TBM

© Emmanuel Gaiffard - Paris

terminologie anglo-saxonne, exploite le procédé de confinement à pression de terre. Il s'inscrit dans une gamme de machines conçues pour le marché des tunnels urbains pour l'eau et l'assainissement et des galeries techniques pour lequel l'offre de CSM Bessac couvre toutes les techniques de réalisation, depuis les tunneliers à attaque ponctuelle qui ont fait sa réputation jusqu'aux différents modes de confinement à l'air, à la boue ou à pression de terre.

Dans le cas d'espèce, le choix d'un tunnelier à pression de terre a été dicté par les conditions géologiques :

- ◆ une charge hydrostatique importante (> 25 m);
- ◆ la présence de terrains hétérogènes comportant des zones de calcaire dur sur une partie importante du tracé.

Le tunnelier à abattage global équipé d'une roue à molettes permet d'abattre le rocher avec de très bons rendements. Le confinement par pression de terre, lié à l'abattage global, autorise le creusement sous forte charge hydrostatique (photo 1 et figure 1).

CSM Bessac, forte de son expérience en matière de creusement au tunnelier avec confinement par air comprimé, a utilisé le tunnelier EPB en mode mixte sur le chantier VL10, c'est-à-dire en conju-

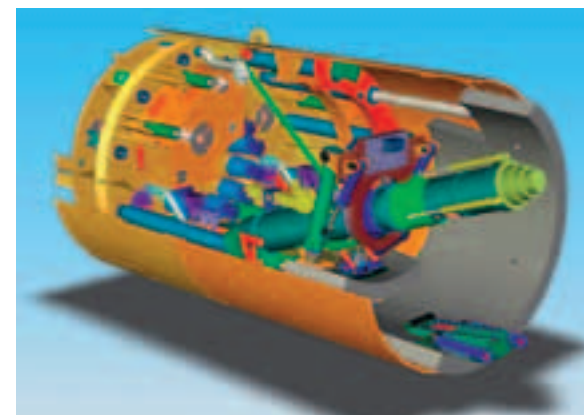


Figure 1  
Eclaté du tunnelier EPB  
Exploded view of EPB TBM

## CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIEL

### TUNNELIER

#### Roue de coupe (photo 2)

- Diamètre d'excavation : 4850 mm
- Outils de coupe : rabots, molettes, outils de surcoupe

#### Bouclier/Jupe

- Diamètre extérieur : 4810 mm
- Longueur : 8,75 m
- Poids : 175 t

#### Sas à personnel

Conforme à la norme européenne prEN 12110 de mai 2003 et directive européenne 97/23/CE

- Nombre de chambres : 2 (dont 1 en secours)
- Capacité de la chambre principale : 3 personnes
- Capacité de la chambre de secours : 1 personne
- Nombre de portes : 4
- Pression maximum de fonctionnement : 3,5 bars

#### Poussée

- Capacité totale : 20 000 kN
- Nombre de vérins : 12

#### Articulation

- Capacité totale : 7 000 kN
- Nombre de vérins : 8

#### Injection de mortier de serrage

- Injection par canaux dans la jupe : 4 orifices

#### Érecteur de voussoirs

- Type : central avec préhension par visseuse hydraulique
- Préhension : douille filetée motorisée

#### Alimentation des voussoirs

- Stockage et approvisionnement érecteur : rampe à galets motorisés
- Capacité de stockage : 1 anneau complet

#### Alimentation électrique

- Puissance totale installée : 930 kW

#### TRAIN SUIVEUR

- Nombre de remorques du train suiveur : 7
- Convoyeur à bande de reprise  
longueur totale : 40 m  
capacité maximale : 300 t/h

- Dépilement des voussoirs par ventouse
- Alimentation de l'érecteur à voussoirs par convoyeur à galets
- Stockage du mortier d'injection : 4 m<sup>3</sup>
- Sécurité : aucune présence humaine dans les zones de circulation et de manutention
- Longueur totale du train suiveur : 50 m

#### TRAIN DE MARINAGE

- Locomotive + benne intégrée
- Capacité de la benne : 10 m<sup>3</sup>
- Bennes supplémentaires : 3 de 10 m<sup>3</sup>
- Alimentation électrique 660 V par gaine dans le tunnel
- Chariot transporteur de voussoirs équipé d'une rampe à galets motorisés
- Transport de mortier : 2 bacs/malaxeur + pompes de transfert
- Sécurité : 2 postes de pilotage avant et arrière + caméras
- Longueur totale : 50 m
- Poids total en charge : 170 t
- Vitesse maxi en charge : 20 km/h



© Emmanuel Gaffard - Paris

**Photo 2**  
**Roue à molettes du tunnelier**  
**EPB**

**Knurling wheel of the EPB**  
**TBM**



**Photo 3**  
Descente du fût du tunnelier sans sa roue dans le puits de départ

*Lowering the frame of the TBM without its wheel into the starting shaft*

© Emmanuel Gaffard - Paris

▶ guant pression de terre et pression d'air. La partie supérieure de la chambre, soit entre le tiers et la moitié de son volume, est sous pression d'air tandis que la partie inférieure est sous pression de terre. Ce mode de confinement mixte a apporté de nombreux avantages :

- ◆ diminution du couple sur la roue, donc moindre sollicitation des composants mécaniques;
- ◆ meilleur confinement de la partie haute de la chambre;
- ◆ meilleure compensation de la pression de la nappe;
- ◆ vision de la chambre possible au moyen d'une caméra et d'un éclairage;
- ◆ meilleure sécurité d'intervention dans la chambre grâce à un débit d'air important disponible à tout moment;
- ◆ réduction de la quantité nécessaire de mousse de forage;
- ◆ production de déblais à teneur en eau constante.

## ■ UN MATÉRIEL CONÇU SPÉCIFIQUEMENT POUR LE MARCHÉ DE L'ASSAINISSEMENT

Son double statut de constructeur de matériel et d'entrepreneur permet à CSM Bessac de développer les matériels parfaitement adaptés aux ouvrages qu'elle réalise sur le marché des tunnels urbains de diamètre inférieur à 6 m. Les spécificités de ce marché sont essentiellement : emprises de surface réduites, conditions de creusement difficiles, longueurs variables entre une centaine de mètres et plusieurs kilomètres, tracé en courbes. Le tunnel du collecteur VL10 est représentatif de ces spécificités, et le matériel nécessaire à sa réa-



**Photo 4**  
Mise en place de la roue

*Putting the wheel in place*

© Emmanuel Gaffard - Paris

lisation a été conçu et construit pour y répondre de manière optimale.

L'équipement est une chaîne de production composée du tunnelier proprement dit, du train suiveur et du train de marinage. L'ensemble est conçu et fabriqué par CSM Bessac dans son usine de Saint-Jory près de Toulouse.

Ce tunnelier a été conçu pour permettre des démarrages rapides à partir de puits de faibles dimensions (photos 3 et 4). Il n'est pas nécessaire de construire une galerie de montage. La construc-

Photo 5  
Poste  
de pilotage  
*Control station*



© Emmanuel Gaffard - Paris

Photo 6  
Intérieur du train  
suiveur, convoyeur  
pour le transfert  
des voussoirs

*Inside  
of the following  
train, conveyor  
for segment  
transfer*



© Emmanuel Gaffard - Paris



© Emmanuel Gaffard - Paris

Photo 7  
Intérieur du train suiveur, ventouse pour le dépilage  
des voussoirs

*Inside of the following train, suction cup for segment  
unstacking*

tion d'une galerie de recul ne sera nécessaire qu'en cas d'ouvrage de grande longueur.

Le tunnelier est compact. Toute la puissance nécessaire à son fonctionnement est installée dans la machine. Il est descendu en puits en un seul élément, cependant il est possible de démonter la roue s'il faut limiter la charge à lever. Ceci permet de réaliser un démarrage dans un délai très court. La longueur du train suiveur dépendra de la longueur de l'ouvrage à réaliser. Une seule remorque est nécessaire au fonctionnement du tunnelier, elle intègre la cabine de pilotage (photo 5), le transformateur et le dispositif de déchargement et de transfert des voussoirs (photos 6 et 7). Pour le chantier VL10, la longueur importante du tunnel nécessitait une capacité de marinage de 40 m<sup>3</sup> par voyage. Le train suiveur était donc composé de sept remorques pour supporter le tapis (photo 8) qui assurait le chargement des quatre bennes du train de marinage. Sur ces remorques étaient répartis d'autres éléments nécessaires à la logistique du tunnelier : système intégré de graissage automatique, pompes à mastic d'étanchéité pour le joint de jupe, malaxeur de reprise et pompes d'injection de mortier, centrale de production et d'injection de mousse, etc.

Le train de marinage (photo 9) était composé d'une

### LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Longueur de tunnel : 1 830 m
- Diamètre de forage : 4 850 mm
- Diamètre intérieur : 4 000 mm
- Epaisseur du revêtement : 300 mm
- Rayon de courbure minimal : 300 m

locomotive électrique avec une benne intégrée de 10 m<sup>3</sup> remorquant trois bennes additionnelles de 10 m<sup>3</sup> chacune. Cette capacité était nécessaire pour évacuer la totalité des déblais correspondant à un avancement de 1,30 m correspondant à la longueur d'un anneau de voussoirs. Ce train comprenait également un wagon de transport des voussoirs et deux bacs malaxeurs de 2 m<sup>3</sup> pour les produits d'injection. Les bennes étaient vidangées par déversement latéral dans des bennes à fond ouvrant en attente en fond de puits. Ceci permettait de supprimer l'attente du train dans le puits. Les bennes à fond ouvrant étaient extraites du puits, en temps masqué, par une grue à tour, elles étaient déversées dans une zone de stockage. Les voussoirs étaient descendus en puits, en une seule opération, au moyen d'un portique.

L'ensemble du chantier fonctionnait à partir d'un puits de 15 m de diamètre avec une galerie de recul de 12 m de long. A noter que, dans le cas d'un tunnel de faible longueur, on peut n'utiliser qu'une seule benne à déblais et ainsi supprimer la galerie de recul, le diamètre du puits pouvant, en outre, être ramené à 11 m.

Le creusement s'effectuait en deux postes de 7 heures effectives. Le troisième poste était utilisé pour assurer l'entretien du matériel. Pendant ce troisième poste, une équipe assurait la réalisation de forages de reconnaissance depuis le tunnelier. Ces forages permettaient de détecter la présence de vides sur la trajectoire du tunnelier. Une auréole légèrement conique de cinq forages était réalisée en calotte, à partir de réservations prévues dans la structure de tunnelier, complétée par deux forages en radier et un forage dans l'axe du tunnelier à travers la roue. Ces forages avaient une longueur d'environ 30 m. Les vides reconnus étaient systématiquement remplis par injection à travers les tiges de forage. L'équipe de forages et injections a été fortement mobilisée lors de la rencontre de zones de terrains présentant d'importants vides à combler.

Grâce à cette organisation, on a pu réaliser jusqu'à 95 m de tunnel par semaine.

## ■ DES TERRAINS HÉTÉROGÈNES ET UNE FORTE CHARGE HYDROSTATIQUE

L'ouvrage est principalement situé dans les marnes et caillasses avec bancs de gypse dans sa partie aval, puis traverse les sables de Beauchamp et passe dans les marno-calcaires de Saint-Ouen pour la dernière moitié du tracé. La pression hydrostatique est d'environ 25 m (figure 2).

Les marno-calcaires de Saint-Ouen et les marnes et caillasses présentent des vides de dissolution importants et des parties rocheuses de forte dureté. La présence de vides francs, la fracturation



**Photo 8**  
Intérieur du train suiveur sous le tapis de transfert des déblais

*Inside of the following train under the earth cut transfer belt*



**Photo 9**  
Train de marinage dans le puits

*Mucking train in the shaft*

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### **Maitre d'ouvrage**

SIAAP (Syndicat Interdépartemental Assainissement Agglomération Paris)

### **Maitre d'œuvre**

SIAAP – Antenne construction VL10 2<sup>e</sup> partie

### **Entreprise principale**

Groupement CSM Bessac - Urbaine de Travaux

### **Sous-traitants travaux spéciaux**

Soleffi et Solétanche Bachy France

### **Sous-traitant télétransmission**

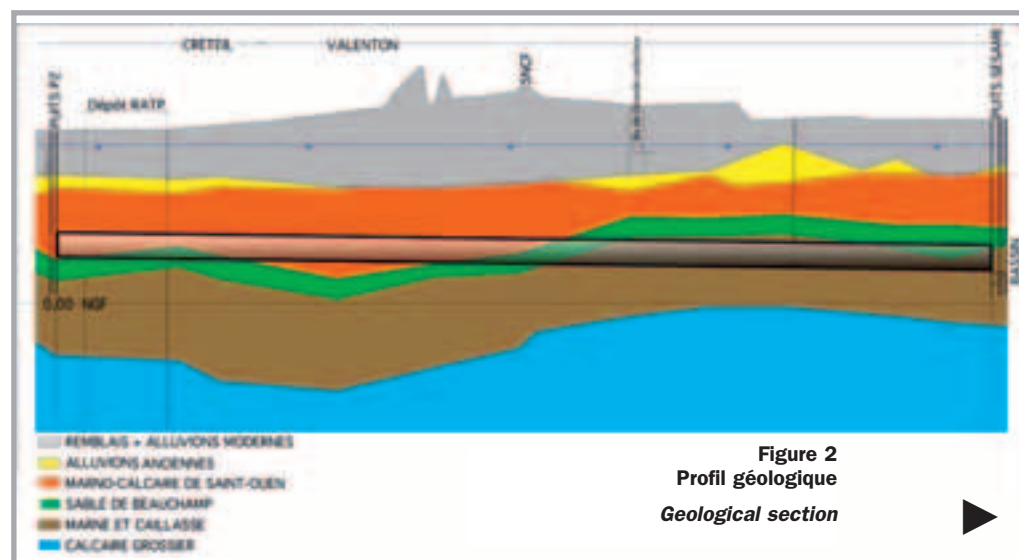
TTI

### **Sous-traitant vantellerie**

Aden

### **Fournisseur de voussoirs**

Strada



**Figure 2**  
Profil géologique  
*Geological section*





**Photo 10**  
Intérieur  
du tunnel  
*Inside  
of the tunnel*

© Emmanuel Garfard - Paris

## ABSTRACT

**Valenton VL10. A tunnel of dia. 4 m for sewerage executed by CSM Bessac Earth Pressure Balance TBM**

*J.-N. Lasfargue, Y. Ménard*

Sewerage is a major factor in conservation and improvement of the environment. CSM Bessac is a company specialised in the construction of tunnel boring machines and in the construction of underground structures designed for the water and sewerage market. SIAAP awarded it the construction of a main sewer 4 metres in diameter and 2 km long at Valenton in the Val-de-Marne region. Although the geological conditions were a constraint, the Earth Pressure Balance TBM built in the Saint-Jory plant near Toulouse enabled the structure to be dug very efficiently.

## RESUMEN ESPAÑOL

**Valenton VL10. Un túnel de 4 metros de diámetro para el saneamiento ejecutado por una tuneladora de presión de tierra CSM Bessac**

*J.-N. Lasfargue y Y. Ménard*

El saneamiento constituye una componente primordial en la preservación y la mejora del medio ambiente. La empresa CSM Bessac está especializada en la construcción de tuneladoras y en la realización de obras subterráneas destinadas al mercado del agua y del saneamiento. El SIAAP encomendó a esta empresa la ejecución de un colector de 4 m de diámetro y de una longitud de 2 km en Valenton en el departamento de Val-de-Marne. Pese a los imperativos derivados de las condiciones geológicas, la tuneladora de presión de tierra construida en la planta de Saint-Jory en las cercanías de Toulouse ha permitido excavar la obra con rendimientos muy elevados.

ou la déstructuration de ces formations induit des perméabilités locales importantes.

Le tracé du tunnel présente des courbes de 300 m de rayon, il passe sous plusieurs ouvrages sensibles : voies ferrées TGV Paris-Méditerranée, bâtiments RATP, collecteurs...

Les tassements mesurés sur les voies ferrées n'ont pas dépassé 3 mm.

## ■ DÉTAIL DU REVÊTEMENT DU TUNNEL

Le revêtement est constitué de voussoirs universels en béton armé (photo 10) avec clé à introduction longitudinale. Les liaisons sont faites par des joncs en PVC entre les voussoirs et par des broches entre les anneaux.

- ◆ nombre de voussoirs par anneau : 5 + clé ;
- ◆ diamètre extérieur : 4,60 m ;
- ◆ diamètre intérieur : 4,00 m ;
- ◆ épaisseur : 300 mm ;
- ◆ longueur : 1,30 m ;
- ◆ poids d'un anneau : 13,2 t.

# Aménagement des berges des lacs de Viry-Châtillon et Grigny (Essonne)

**Rémy Mattras**



INGÉNIEUR D'ÉTUDES  
France Maccaferri

**Christophe Moiroud**



INGÉNIEUR CHARGÉ  
D'AFFAIRES  
Compagnie Nationale du Rhône

Depuis plusieurs années, les services municipaux ont observé une importante dégradation du site des lacs de Viry-Châtillon et Grigny ainsi que des besoins en matière d'aménagements.

Trois opérations seront menées dans ce but :

- création d'un cheminement qui permettra de faire le tour des lacs;
- adoucissement des berges par végétalisation (plantations, boutures, ensemencements);
- mise en place de gabions et de gabions matelas aux endroits les plus sensibles à l'érosion générée par le batillage nautique.

## ■ CONTEXTE

Situés en zone urbaine, les lacs de Viry-Châtillon et Grigny offrent un paysage exceptionnel et constituent un espace naturel aquatique majeur en Ile-de-France (d'une superficie d'environ 100 ha). Les lacs permettent des activités nautiques, de promenade, de pêche et d'autres activités de détente. Ils présentent un intérêt environnemental fort à l'échelle départementale et régionale.

La Communauté d'Agglomération "Les lacs de l'Essonne" a mis en place un plan pluriannuel d'intervention après une enquête publique et une concertation avec les usagers afin d'améliorer la qualité environnementale autour et sur les étangs (photos 1 et 2).

## ■ OBJECTIFS

### Restaurer les berges

L'aménagement des berges est l'un des trois aspects du projet réalisé par CNR en association avec Végétude. Trois opérations seront menées dans ce but :

- ◆ création d'un cheminement qui permettra de faire le tour des lacs;
- ◆ adoucissement des pentes des berges : pente ramenée à 25 %, permettant l'implantation d'une formation végétale héliophytique (zone humide) associée à des bosquets de saules en pied de berge;
- ◆ renforcement des berges par la mise en œuvre de techniques mixtes associant matelas de gabions, gabions boîtes et végétalisation (plantations, boutures, ensemencements, géotextile coco) aux endroits les plus sensibles à l'érosion générée par le batillage nautique. Les hauteurs de batillage évaluées sur les berges sont de l'ordre de 0,40 à 0,60 m.



Photo 1  
Vue aérienne  
des lacs

*Aerial view  
of the lakes*



Photo 2  
Vue du chantier  
en fin de travaux

*View of the site  
at the end  
of the works*

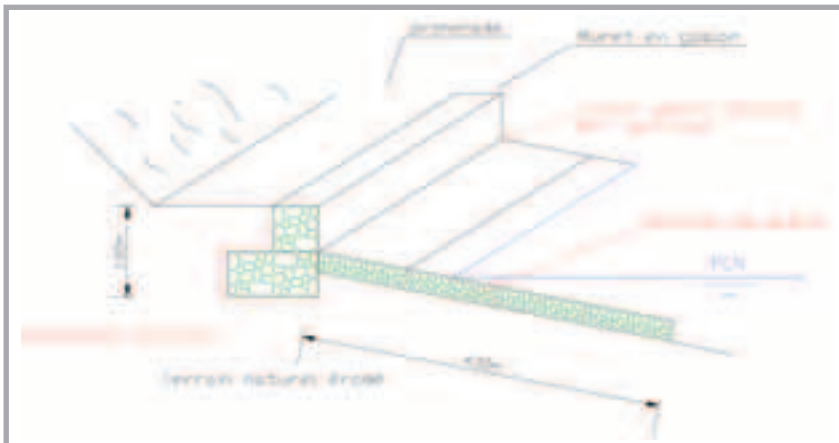
**Photo 3**  
 Vue d'ensemble  
 d'une zone humide  
 et cheminement  
*General view  
 of a wet area  
 and path*



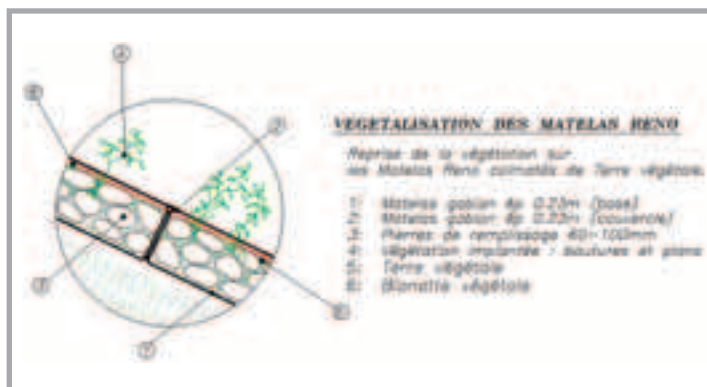
**Photo 4**  
 Détail des hélophytes  
 et mare  
*Detail of helophytes  
 and pond*



**Figure 1**  
 Protection  
 avec gabions  
 et matelas  
 de gabions  
*Protection  
 with gabions  
 and gabion  
 mattresses*



**Figure 2**  
 Végétalisation  
 des matelas  
 de gabions  
*Revegetation  
 of the gabion  
 mattresses*



L'épaisseur des matelas de gabions employés est dimensionnée selon des règles empiriques issues de tests réalisés à échelle réelle par le Laboratoire d'Hydraulique de Delft, en Hollande. En fonction de la pente du terrain support et de l'épaisseur des matelas de gabions, les hauteurs de battillage admissibles vont de 0,60 m à 1,50 m. Dans le cas présent, l'étude hydraulique conduit à l'utilisation de matelas de gabions de 0,23 m d'épaisseur.

**Créer des zones humides**

Les zones humides sont constituées de plantes aquatiques (les hélophytes) qui participent à l'amélioration de la qualité de l'eau en consommant des substances polluantes (nitrates, phosphates...) et participent à la stabilisation des terres par leur système racinaire. Par ailleurs, le rôle de ces formations végétales sur les bordures d'étangs et dans ces zones de faible profondeur est primordial pour de nombreux habitats aquatiques : faune benthique (invertébrés), support de fraie pour les poissons, zone refuge pour les alevins, libellules, batraciens... Sur l'ensemble des lacs, plus de 5 hectares de zones humides seront reconstitués (déblais/remblais dans l'eau) composés de :

- ◆ petites zones humides (500 - 1 500 m<sup>2</sup>), largeur comprise entre 5 et 10 m, avec une cote de terrain compris entre - 0,30 m et 0,50 m par rapport au niveau d'eau normal et une pente faible;
- ◆ grandes zones humides (5000 à 10000 m<sup>2</sup>), largeur comprise entre 40 et 150 m, cote de terrain comprise entre 1,5 m et + 0,50 m par rapport au niveau d'eau normal, pente douce, mares, chenaux, fossés. Les roselières seront implantées sur les hauts fonds et la ripisylve (saules) sera installée sur les zones hors d'eau (photos 3 et 4).

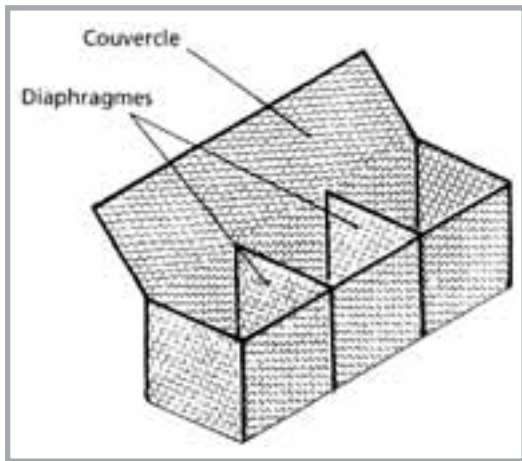
**Améliorer la qualité de vie**

Le paysage est une composante forte qui a été intégrée dès l'amont du projet. Les objectifs sont d'améliorer la qualité paysagère de ce site fréquenté par un public abondant et dont les usages sont variés : détente, promenade, pêche, découverte nature, sports nautiques...

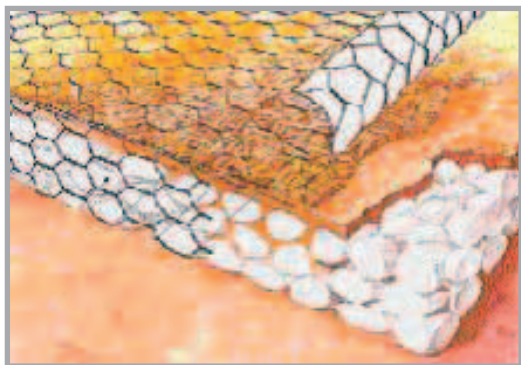
Les principes d'aménagement devront répondre aux besoins : améliorer l'accessibilité adaptée à chaque usage (chemins viabilisés, pontons, passerelle, panneaux pédagogiques...), préserver la faune et la flore, intégrer les exutoires des conduites de collecte des eaux pluviales, prise en compte du patrimoine environnant...

**LE CHANTIER**

Les travaux se déroulent en deux phases. Le découpage des phases se justifie par la faisabilité



**Figure 3**  
**Détail d'un gabion boîte**  
*Detail of a gabion box*



**Figure 4**  
**Coupe de principe d'un matelas végétalisé**  
*Schematic cross section of a revegetated mattress*

des techniques à mettre en œuvre et de la cohérence dans les mouvements de matériaux à l'échelle du site, ainsi que la volonté d'apporter la réponse la plus rapide possible aux attentes des usagers. La première phase a démarré en automne 2004 par les travaux de terrassement et de génie civil, pour une durée d'environ 10 mois. Les travaux des aménagements paysagers et de végétalisation se sont déroulés en parallèle. Cette première tranche de travaux a concerné essentiellement la réalisation de 1200 m de chemin piéton en bordure des étangs sur lesquels la pratique des activités nautiques est autorisée.

Les travaux de talutage, de remblais et de protection des berges se font depuis le pied de berge à partir d'une piste d'environ 4 m de large incorporée aux ouvrages. Les talus érodés et abrupts qui font l'objet d'un reprofilage sont ainsi retravaillés depuis le pied des berges et non depuis le haut du talus afin de préserver la végétation sur les hauts de berge.

Des rampes ont été aménagées pour permettre aux engins d'accéder au pied du talus. Ces rampes sont ensuite réaménagées en pente douce pour les usagers.

Les travaux sont phasés de façon à respecter les différentes étapes de développement de la faune et de la flore (nidification des oiseaux, frayage, reprise des plantations). Afin de remplacer les arbres



**Photo 5**  
**Pose des gabions et matelas de gabions**  
*Laying gabions and gabion mattresses*

dessouchés et abattus dans l'emprise du projet, des plantations ont été réalisées (gros sujets, cépées, jeunes plants et arbustes).

La seconde phase débutera au printemps 2006 et concerne essentiellement la réalisation des zones humides, des protections ponctuelles de berge érodée et la finalisation de l'ensemble du chemin piéton.

## ■ SOLUTION TECHNIQUE POUR LES BERGES

Les berges érodées et soumises au battillage sont restaurées suivant un profil comprenant une protection de pied de la berge en pente douce en matelas de gabions végétalisés, un soutènement en gabions et un chemin de promenade en matériaux stabilisés (figures 1 et 2).

Les matelas sont des gabions plats qui ont une forme de "matelas". Ainsi, quand le terrain n'est pas régulier ou est susceptible de tassements, l'ouvrage s'adapte aux mouvements du terrain sans dommage. Ce type de protection permet de reconstituer la zone végétale sensible de transition entre le plan d'eau et la berge et d'assurer le maintien des équilibres naturels par une végétalisation spécifique et durable : les ouvrages sont végétalisés par remplissage des vides (percolation) de la structure avec de la terre végétale. La terre végétale est alors plantée et/ou ensemencée, elle est protégée par un géotextile coco (figures 3 et 4). Les gabions sont des boîtes parallélépipédiques divisées en cases d'un mètre de largeur. Le grillage est métallique à mailles hexagonales. La durabilité des cages métalliques est assurée par le revêtement Galvan et Polymère PEX (durée de vie testée en laboratoire de l'ordre de 60 à 100 ans en fonction de l'agressivité du milieu), selon les normes européennes en vigueur.

Les structures sont liées entre elles par ligature à la mise en œuvre et assurent ainsi une protection durable contre les phénomènes d'érosion en pied de berge (photos 5 et 6).



**Photo 6**  
**Début de végétalisation des matelas**  
*Initial revegetation of the mattresses*

Le choix des techniques "gabions" répondant aux normes exécution NF P 94 325-1 et 2 correspond à la volonté de réaliser des ouvrages performants vis-à-vis des sollicitations hydrauliques et la possibilité d'intégration du végétal.

### LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

**Maitre d'ouvrage**

Communauté d'Agglomération Les Lacs de l'Essonne

**Maitre d'œuvre**

Compagnie Nationale du Rhône/Végétude

**Entreprise**

Sethy - Agrigex - SNFRE

**Fournisseur**

France Maccaferri

### ABSTRACT

#### Improvement of the banks of Viry-Châtillon and Grigny lakes (Essonne region)

R. Mattras, Ch. Moiroud

The Viry-Châtillon lakes, located in an urban area, offer an exceptional landscape and form a major aquatic natural space in the Ile-de-France region (about 100 ha).

For several years now, the municipal departments have observed extensive deterioration of the site and the need for improvements.

Three projects will be carried out for this purpose :

- Creation of a path that will make it possible to go around the lakes;
- Making the banks gentler through revegetation (plantations, cuttings, sowing);
- Installation of gabions and gabion mattresses in the places most sensitive to erosion generated by nautical wave pressure.

### RESUMEN ESPAÑOL

#### Ordenación de los márgenes de los lagos de Viry-Châtillon y Grigny (Departamento del Essonne)

R. Mattras y Ch. Moiroud

Situados en zona urbana, los lagos de Viry-Châtillon presentan un paisaje excepcional y constituyen un destacado espacio natural acuático en Ile-de-France (aproximadamente 100 hectáreas).

Desde hace varios años, los servicios municipales han observado una importante degradación del sitio así como diversas necesidades en materia de ordenación.

Serán llevados a cabo tres operaciones con este objetivo :

- creación de un paseo que permitirá hacer un recorrido por los lagos;
- suavización de los márgenes mediante restauración vegetal (plantaciones, esquejes, siembras);
- instalación de gaviones y de gaviones colchón en las partes más afectadas por la erosión derivada de las olas producidas por las actividades fluviales.

# Isséane, un chantier aux priorités environnementales

**Le SYCTOM de l'Agglomération parisienne, maître d'ouvrage et maître d'œuvre, a confié au groupement d'entreprises conduit par Razel, les travaux de génie civil et de fondations profondes d'Isséane, futur centre de tri et de valorisation énergétique des déchets ménagers à Issy-les-Moulineaux. Ce chantier s'inscrit dans une logique de développement durable. Dès la conception du projet, la démarche HQE s'est imposée face aux enjeux de limitation des impacts des travaux sur l'environnement et le cadre de vie. Ainsi, des solutions ont été développées pour diminuer fortement les nuisances du chantier. Mais également pour l'avenir, lors de l'exploitation du centre.**

## ■ ISSEANE, UNE LOGIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le futur centre de tri et de valorisation énergétique Isséane assurera la valorisation des déchets ménagers de 17 communes des Hauts-de-Seine, trois communes des Yvelines et cinq arrondissements de l'Ouest parisien. Soit un million d'habitants. Ce projet est conduit par le SYCTOM (Syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères) de l'agglomération parisienne. Destiné à remplacer l'ancienne usine d'incinération d'Issy-les-Moulineaux, ce centre multifilières s'inscrit dans la politique engagée par le syndicat autour de quatre axes forts :

- ◆ la diversification des modes de traitement des déchets ;
- ◆ le développement des capacités de valorisation des déchets dans une logique de proximité ;
- ◆ la réduction des pollutions et des nuisances ;
- ◆ le développement des modes de transport alternatifs (voie fluviale et ferroviaire) pour limiter le trafic routier.

Chaque année, le SYCTOM valorise les déchets ménagers de plus de 5,5 millions d'habitants pour un territoire réunissant 85 communes de cinq départements franciliens, soit plus de 2,5 millions de tonnes d'ordures ménagères.

Dans le centre Isséane, l'unité de valorisation énergétique traitera par incinération et récupération d'énergie 460 000 t de déchets non recyclables par an. En parallèle, le centre de tri permettra la valorisation matière de 20 000 t d'emballages ménagers et journaux/magazines et de 35 000 t d'objets encombrants issues des collectes sélectives.

Dès sa conception, Isséane a été élaboré dans une logique de développement durable. Ainsi, différents aspects (technique, architectural et environnemental) du projet ont été étudiés de façon à privilégier une meilleure intégration des futurs équipements, maîtriser les impacts inhérents à la construction du

centre et utiliser les technologies les plus performantes au service de l'environnement.

Une réflexion qui a naturellement abouti à la signature d'une charte de qualité environnementale (cf. infra) avec la ville d'Issy-les-Moulineaux et la Communauté d'Agglomération Arc de Seine. Cette charte définit les objectifs environnementaux issus de la démarche de Haute Qualité Environnementale (cf. encadré).

Le SYCTOM assure la maîtrise d'ouvrage ainsi que la maîtrise d'œuvre du chantier. De leur côté, les entreprises qui forment le groupement de construction – Razel (mandataire), Urbaine de Travaux, Demathieu & Bard et Solétanche Bachy, Bilfinger Berger, Spie Fondations et Séfi – ont accompagné le SYCTOM dans la conduite d'un chantier aux enjeux environnementaux de premier ordre.

## ■ LA PRISE EN COMPTE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX SUR LE CHANTIER

### L'eau de la nappe phréatique

Le terrain, situé en bord de Seine, a nécessité la mise en œuvre de fondations profondes et de parois moulées (cf. article suivant de Solétanche Bachy "Isséane. Dès les fondations le culte du respect de l'environnement"). Durant la phase de génie civil, l'eau pompée à l'intérieur des parois moulées pour rabattre la nappe phréatique a été utilisée pour les besoins du chantier notamment comme eau de lavage des pistes et des véhicules avant leur sortie sur la voie publique.

La présence de la nappe phréatique a permis de limiter la consommation d'eau potable aux seuls usages indispensables comme les sanitaires, l'alimentation et la restauration collective.

### Sophie Mauvillain



ADJOINTE AU DIRECTEUR DE PROJET ISSÉANE SYCTOM de l'Agglomération parisienne

### Franck Linant



RESPONSABLE QUALITÉ Razel

## LA DÉMARCHE DE HAUTE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE (HQE®)

Cette démarche a été élaborée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). C'est un référentiel relatif à la qualité environnementale d'un bâtiment. Ainsi, les entreprises partenaires du SYCTOM se sont appliquées, dans la réalisation des travaux, à respecter les critères ou cibles définis, et plus particulièrement, ceux correspondant à la phase de construction : relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat ; choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction ; chantier à faibles nuisances.

**Evacuation des déblais  
via l'autopont de franchissement  
de la RD 7**

**Removal of earth cuts  
via the prefabricated flyover  
crossing county road RD 7**



**Alluvions anciennes du chantier Isséane valorisées  
en agrégat pour la fabrication de béton sur le site  
de la carrière de Saint-Louis**

**Old alluvia of the Isséane site recycled as aggregate  
for the manufacture of concrete on the site  
of the Saint-Louis quarry**

## La circulation

Un schéma de circulation des véhicules accédant au chantier à l'extérieur du site a été défini avec la ville. Adapté aux différentes phases des travaux (terrassement, gros œuvre, montage industriel, second œuvre...), il a été élaboré pour réduire au maximum les risques d'embouteillages occasionnés autour du chantier. Ce schéma est imposé à toutes les entreprises qui interviennent sur le site en vue de sa stricte application.

## Le bruit

Conformément aux engagements pris dans le cadre de la charte de qualité environnementale, un suivi sonore du chantier a été réalisé. Deux sonomètres, l'un mobile, l'autre installé aux abords du site, enregistrent les bruits du chantier. La mesure est continue (24 heures/24, 7 jours/7) et visible grâce à un afficheur de niveau installé dans le local de gardiennage. A noter également, la réalisation de simulations pour les travaux de nuit. Les résultats ont modifié l'organisation des travaux avec la limitation du rayon d'action des grues mobiles durant la phase de génie civil.

## Les vibrations

Pendant la réalisation des parois moulées, des capteurs ont été installés dans l'environnement le plus sensible du site, un ensemble de bureaux à proximité. Depuis, des mesures de vibrations ont été faites de part et d'autre des parois afin de déterminer l'atténuation due à ces dernières. Ces mesures ont confirmé le rôle des parois moulées dans la limitation des éventuelles propagations de vibrations vers les riverains.

## La valorisation des matériaux issus du chantier

### Les déblais

Durant la phase de terrassements du chantier, 560 000 m<sup>3</sup> de craie et d'alluvions modernes ont

**Terrassement  
en "taupe"**  
**Underground  
earthworks**



## Les boues de forage

L'exécution de l'ensemble des fondations de l'ouvrage a nécessité l'utilisation de dizaines de milliers de mètres cubes de boues de forage. Ces boues sont des produits naturels fabriqués par mélange d'eau et de bentonite, une argile naturelle activée, particulièrement facile à hydrater. Au fur et à mesure du forage, ces boues viennent remplacer le terrain extrait, permettant ainsi la tenue des parois latérales. L'une des difficultés a résidé dans la gestion de gros volumes de boues (4000 m<sup>3</sup> de stocks en cuves et en silos) d'une part, et dans le maintien des caractéristiques de ces boues dans des fourchettes précises, d'autre part. Une unité de déshydratation par centrifugation a été mise en œuvre sur le chantier, les produits résiduels ont été évacués sur des décharges spécifiques.



Avant leur évacuation en décharge, les anciennes semelles, dalles du site ont été utilisées afin de réaliser des pistes lourdes de chantier pour la circulation des engins de terrassement et les camions toupies. Les volumes ainsi recyclés représentent environ 2 000 m<sup>3</sup>

*Before being removed to the rubbish dump, the old footings and slabs on the site were used to build heavy site tracks for earthmoving equipment and ready mix truck traffic. The volumes recycled in this way represent about 2,000 cu. m*

été évacuées. Les déblais non pollués d'Isséane ont été acheminés en majeure partie jusqu'à l'étang du Gallardon, au sein du site de la base nautique et de loisirs du Val de Seine, pour y être réemployés comme remblais. Grâce à un autopont reliant le chantier à la Seine, le transport de ces terres a pu s'effectuer par péniche.

#### **Les alluvions anciennes**

Une campagne de reconnaissance des sols a mis en évidence la présence d'une couche de terrain composée d'alluvions anciennes. Une grande partie de ces alluvions anciennes (sable) a été transportée et réutilisée en tant que matériau de construction (agrégats pour la fabrication du béton) sur le site de la carrière de Saint-Louis. Cette carrière est équipée afin de procéder au lavage et au criblage de ces alluvions permettant d'obtenir les différentes fractions granulaires du sable et du gravillon.

#### **Les déchets de chantier**

L'ensemble des déchets collectés sur le chantier Isséane fait l'objet d'un tri en vue d'une valorisation matière. Différents containers, situés aux deux extrémités du terrain, sont positionnés pour recevoir cartons, bois et plastique. Le bois ainsi trié fait l'objet d'un broyage. Puis, une fois affiné et déferpillé, il est remis sur le marché soit à des fins de valorisation matière par des fabricants de panneaux de particules, soit pour une valorisation énergétique dans des chaufferies au bois. Le carton, quant à lui, est conditionné en balles avant son acheminement vers des papeteries pour recyclage. Les plastiques sont recyclés dans l'un des centres spécialisés du prestataire où ils sont transformés en matière première secondaire.

#### **Le béton**

Un certain nombre d'ouvrages en béton (semelles, dalles, poteaux...) laissés en place par l'ancien pro-



Mise en place de conteneurs de récupération des déchets de chantier (bois, cartons, ferrailles) pour recyclage  
*Installation of containers for recovery of site wastes (wood, cardboard, scrap metal) for recycling*



Nettoyage des camions  
en sortie de chantier

*Cleaning of trucks  
leaving the site*



priétaire du site, ont dû être dégagés et démolis pour la réalisation des travaux. Avant leur évacuation en décharge, ils ont été utilisés sur site afin de réaliser des pistes lourdes de chantier pour la circulation des engins de terrassement et les camions toupies.

Cette utilisation a permis de diminuer l'amenée supplémentaire de matériaux en provenance de l'extérieur. Les volumes ainsi recyclés représentent environ 2 000 m<sup>3</sup>.

Néanmoins, les besoins importants en matériaux pour la réalisation des pistes de chantier ont nécessité des apports extérieurs. Le choix s'est alors porté sur des matériaux générés par de la démolition de bâtiments. Le volume apporté représente 5 000 m<sup>3</sup> environ. Il faut également compter l'apport de 10 000 m<sup>3</sup> de marno-calcaire.

### **La valorisation de matériaux extérieurs au chantier**

#### **Ballast recyclé**

La réalisation des poteaux profonds a imposé que le forage effectué pour leur mise en place soit remblayé sur toute la hauteur autour du profil en H mis en œuvre.

Ce remblaiement provisoire permet d'assurer la stabilité du poteau sur sa hauteur avant les différentes phases de terrassement, et constitue un impératif en matière de sécurité, la hauteur de forage étant de 30 m.

Le remblaiement de ces poteaux devant s'effectuer avec du caillou, le choix s'est orienté vers un ballast usagé provenant de voies du réseau de la RATP.

#### **Acier**

Les aciers utilisés sur le chantier, notamment pour le ferrailage du béton, proviennent de chutes d'acier refondues. Ils ont obtenu la certification AFCAB (As-



Stockage de la bentonite  
*Bentonite storage*



Voie de circulation  
de chantier  
Site roads



Vue de l'autopont  
du chantier Isséane  
View of the prefabricated flyover  
on the Isséane site



sociation française de certification des armatures pour béton).

### L'usage de la voie fluviale

La présence de la voie fluviale en bordure de chantier a permis de limiter les évacuations des déblais par la route. La liaison entre le chantier et la Seine s'est effectuée par la réalisation d'un autopont de franchissement de la route départementale (RD 7).

560 000 m<sup>3</sup> de terres non polluées ont emprunté cette structure métallique de 80 m. Ainsi, 56 000 camions gros porteurs de 20 t (250 par jour) ont été évités sur les routes. Ils ont été remplacés par 1 201 péniches au total.

La voie fluviale est également utilisée pour acheminer les équipements industriels du futur centre de valorisation énergétique. Par exemple, les deux lignes de fours chaudière ont été convoyées depuis la Croatie jusqu'à Limay. Un périple de plus de 3 000 km qui a permis d'éviter l'emploi de 280 ca-

mions en convoi exceptionnel. Depuis le site de Limay, où ont été pré-assemblés les fours chaudière, d'autres équipements ont été amenés jusqu'à Issy-les-Moulineaux par péniche. Au total, ce sont 300 convois exceptionnels qui ont été évités entre Limay et Isséane par l'utilisation de la voie fluviale.

## LES SOLUTIONS COMPLÉMENTAIRES MISES EN PLACE

### Le suivi de la charte de qualité environnementale (CQE)

La charte de qualité environnementale définit les conditions permettant de concilier la protection de l'environnement avec la réalisation et l'exploitation d'un projet comme Isséane. Elle concerne tous les aspects environnementaux : déchets, bruit, circulation, propreté, poussières, impact visuel, gestion de l'eau, rejets dans l'atmosphère.

Par l'ampleur des domaines traités, par sa durée, par la transparence qu'elle institue, par la concertation et la participation du public qui l'ont accompagnée et par la qualité du partenariat dont elle est issue, cette charte relève d'une démarche exemplaire de développement durable.

Un comité de suivi a été constitué dès la signature de la charte. Il est composé de représentants du SYCTOM, de la ville d'Issy-les-Moulineaux et de la Communauté d'Agglomération Arc de Seine et a en charge de veiller régulièrement à la bonne application, dans les délais fixés, des engagements pris dans le cadre de cette charte.

### Les "sentinelles"

Le maître d'ouvrage souhaite limiter autant que possible les nuisances pour la population environnante. Toutes les mesures nécessaires pour respecter ces objectifs sont donc prises.

Des volontaires, habitants d'Issy-les-Moulineaux et salariés d'entreprises voisines du site de construction du centre Isséane, ont été sollicités par la ville d'Issy-les-Moulineaux et le SYCTOM pour assumer le rôle d'observateurs permanents du chantier. Ils sont appelés "sentinelles" et sont aujourd'hui au nombre de 20.

Le rôle des sentinelles est d'observer le chantier et suivre, à partir des indicateurs environnementaux, ses impacts éventuels sur la ville et ses habitants.

Des réunions trimestrielles ont lieu entre les sentinelles, le SYCTOM et la ville d'Issy-les-Moulineaux. Les sentinelles font part de leurs observations au SYCTOM, qui peut ainsi mettre en œuvre des mesures correctives, de façon à réduire au maximum les nuisances.



**Evacuation des terres de terrassement par voie fluviale  
(560 000 m<sup>3</sup> – 17 000 camions évités sur les routes)**

**Removal of excavated earth by river transport  
(600,000 cu. m – avoiding 17,000 trucks on the roads)**

### Site Internet

Le site Internet ([www.syctom-isseane.com](http://www.syctom-isseane.com)) permet de suivre au jour le jour l'avancée des travaux. Une rubrique est spécialement dédiée aux "indicateurs de qualité" du chantier, prévus dans le cadre de la charte de qualité environnementale. Au nombre de neuf, ils reprennent les dispositions prises pour lutter contre, par exemple, les nuisances dues aux poussières, au bruit et vibrations... Ces indicateurs font l'objet d'un suivi régulier et sont répertoriés dans des "tableaux de bord" disponibles sur le web.

### ABSTRACT

**Isséane, a project with environmental priorities**

*S. Mauvillain, Fr. Linant*

The "SYCTOM" refuse treatment board of the Paris urban area, Owner and project manager, awarded to the consortium led by Razel the civil engineering and deep foundation works for Isséane, the future centre for household waste sorting and energy recovery in Issy-les-Moulineaux. This project is carried out from a sustainable development approach. As of the project design stage, the HQE (High Quality of Environment) approach proved essential faced with the need to limit the impact of the works on the physical and human environment. Accordingly, solutions were developed to greatly reduce the nuisances of the project. But also for the future, when operating the centre.

### RESUMEN ESPAÑOL

**Isséane, obras que dan prioridad al medio ambiente**

*S. Mauvillain y Fr. Linant*

El SYCTOM de la Aglomeración urbana de París, actuando como empresa contratante y responsable del proyecto, encargó a la agrupación de empresas encabezada por Razel, los trabajos de ingeniería civil y de cimientos profundos de Isséane, futura planta de clasificación y de valorización energética de los residuos domésticos de Issy-les-Moulineaux. Estas obras se inscriben en una lógica de desarrollo sostenible. Desde el establecimiento del concepto de este proyecto, el enfoque higiene, calidad, medio ambiente se ha impuesto frente a los retos de limitación de los impactos de los trabajos sobre el medio ambiente y el marco de vida. Así, diversas soluciones fueron desarrolladas para disminuir ampliamente las molestias derivadas de las obras, pero también para el futuro, en el momento de la explotación de la planta.

# Isséane

## Dès les fondations, le de l'environnement

Rien n'est plus gratifiant que de célébrer les exploits techniques. On parle moins volontiers des difficultés d'organisation et d'intendance qu'ils ont engendrées, ni des nuisances qu'ils auraient pu provoquer, ni des efforts quotidiens déployés avec opiniâtreté pour réussir.

Le chantier des fondations du projet Isséane à Issy-les-Moulineaux compte parmi les plus grands des dernières années tant par sa dimension que par la qualité du savoir-faire démontré par le groupement d'entreprises qui l'a réalisé. Les problèmes que soulevaient ces travaux en contexte urbain étaient à l'échelle de l'ouvrage et ont été maîtrisés de manière exemplaire, en particulier ceux touchant à l'environnement.



En cours de travaux de fondations  
*During the foundation works*

Le site au démarrage du chantier  
*The site at the start of the project*



Deux ans après l'achèvement de sa mission, le "groupement fondations" aime à se rappeler l'ampleur de la tâche accomplie ainsi que les défis que ses équipes ont eu à relever en termes de technique et de délai. Conformément à l'ordre des choses, les entrepreneurs de fondations interviennent en pionniers sur les chantiers de construction, et les pionniers débarquent en général sur un site vierge. Quatre hectares, c'est une surface considérable. Les quatre hectares du site dévolu au projet Isséane pouvaient laisser augurer d'un chantier sur lequel il serait facile de faire évoluer les engins. C'était sans compter avec les effets pervers de l'ingéniosité des bureaux d'études. En fait, au fur et à mesure que les études avançaient, c'est toute une palette de techniques différentes qui a été imaginée, puis, évidemment, mise en œuvre. Un bouquet. Un festival. Un feu d'artifice. De quoi faire un traité de technologie. Des travaux pratiques grandeur nature pour élèves ingénieurs, lesquels n'ont d'ailleurs pas manqué de se succéder pour visiter le chantier. On y a même vu quarante Chinois et Chinoises de l'école polytechnique de Hong Kong. Ce foisonnement technologique associé à l'importance des quantités à réaliser s'est bientôt traduit par un nombre inhabituel de machines de toutes



# culte du respect



Centrale de fabrication  
et de traitement de la boue  
de forage

*Drilling mud production  
and treatment plant*

sortes assorties de tous les services, utilités et approvisionnements nécessaires et bien sûr du nombreux personnel en proportion.

Ainsi a-t-on vu apparaître successivement les techniques et les moyens suivants :

- ◆ des parois profondes de 50 m avec une hydrofraise et une haveuse ;
- ◆ des parois plus classiques avec deux ateliers à benne à câbles ;
- ◆ des pieux à la tarière continue de type Starsol ;
- ◆ des pieux avec poteaux préfondés de plus de 40 m de profondeur avec deux ateliers ;
- ◆ des injections pour les bouchons de départ et d'arrivée des tunneliers de CSM-Bessac ;
- ◆ des injections de radier injecté ;
- ◆ des injections de jupe sous paroi à 71 m de profondeur ;
- ◆ des traitements en jet grouting.

Il n'est pas exagéré de dire que le chantier de fondations s'est trouvé bien proche de la saturation une fois réunis tous les moyens nécessaires pour satisfaire le programme. Les acteurs se souviennent :

- ◆ des circulations des camions, quand chaque jour 1 000 m<sup>3</sup> de déblais de forage sortaient du chantier tandis que 1 000 m<sup>3</sup> de béton y entraient ;
- ◆ des circuits de fluides de forage et d'injection

qui comptaient des milliers de mètres de conduites ;  
◆ des déplacements des engins qui devenaient tellement problématiques dans le trafic général que certains devaient se faire la nuit.

Malgré tout, cet ensemble a réussi à vivre en relative harmonie. Il a toutefois été nécessaire d'interrompre prématurément l'activité d'un atelier de tarière continue afin de libérer un peu d'espace d'évolution.

Tout ceci a pu être maîtrisé grâce à des aménagements quotidiens des pistes et à un nettoyage rigoureux des camions avant tout départ du chantier.

Solétanche Bachy France, pilote technique des travaux géotechniques, et ses partenaires Bilfinger Berger, Sefi-Intrafor et Spie Fondations ont trouvé sur ce chantier un parfait terrain d'évolution pour mettre en œuvre ce qui se fait de mieux en matière de fondations et démontrer leurs talents.

Les objectifs principaux ont tous été atteints.

1. La maîtrise de l'eau de la nappe. Il importait de ne pomper que des débits raisonnables dans chacune des grandes fouilles, dont celle de l'usine qui était terrassée à 32 m de profondeur, sous 27 m de charge d'eau. Les besoins du chantier en eau industrielle ont été prélevés sur les pompages.

2. La maîtrise de la verticalité des ouvrages. Pa-

## LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

### **Maître d'ouvrage**

SYCTOM

### **Maître d'œuvre**

SYCTOM

### **Architectes**

- Dubosc & Landowski
- AAE architectes associés

### **Bureau d'études**

Sechaud et Metz

### **Paysagiste**

Serge Eyzat

### **Contrôle technique**

Veritas

### **Coordinateur SPS**

Presents

### **Terrassements, génie civil, travaux souterrains**

Razel - Demathieu & Bard - Urbaine  
de Travaux

### **Fondations profondes**

Bilfinger Berger - Solétanche Bachy  
France -

Spie Fondations - Sefi-Intrafor



Fond de fouille à 32 m de profondeur sous 27 m de charge d'eau

Bottom of excavation 32 m deep under 27 m water head

rois et poteaux préfondés étaient soumis à de très faibles tolérances de verticalité en rapport avec l'installation des équipements de l'usine. Les objectifs ont été tenus grâce à la mise en œuvre des dernières évolutions techniques en matière d'équipements électroniques de contrôle embarqués sur les outillages de forage.

3. La maîtrise des délais. Un équilibre – certes fragile – a été entretenu tout au long des travaux de fondations afin que l'ensemble des ateliers soit maintenu en production et fournisse les rendements attendus.

4. La maîtrise de l'environnement. Les travaux de fondations ont dû être réalisés sur la totalité des plages horaires disponibles : travail 24 heures sur 24 sur 5 jours par semaine. Une étude acoustique préalable a été établie et des enregistrements ont été faits tout au long des travaux pour maîtriser la nuisance sonore. Les importantes quantités de déblais et de boues de forage ont été traitées en respectant scrupuleusement les règlements en vigueur.

## LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Parois moulées : 256 panneaux totalisant plus de 80 000 m<sup>2</sup>
- Tirants : 231 unités
- Poteaux préfondés : 132 unités
- Pieux : 212 unités
- Injections : 1 250 forages
- Jet grouting : 1 050 colonnes

## ABSTRACT

**Isséane.**

**As of the foundation stage, the cult of environmental conservation**

*D. Viargues*

Nothing is more gratifying than to celebrate technical exploits. Less is said about the organisational and day-to-day management difficulties they cause, or the nuisances they could have caused, or the stubborn efforts made every day to succeed. The foundation site for the Isséane project in Issy-les-Moulineaux is among the biggest in recent years due both to its size and the quality of the expertise shown by the consortium that carried out the work. The problems raised by such work in an urban context matched the scale of the project and were managed in exemplary fashion, especially problems relating to the environment.

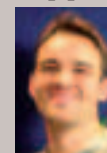
## RESUMEN ESPAÑOL

**Isséane.**

**Desde los cimientos, el culto del respeto del medio ambiente**

*D. Viargues*

Lo que resulta más gratificante, es celebrar las hazañas técnicas. Se hace menos referencia a las dificultades de organización y de intendencia que indujeron, ni de las molestias que hubieran podido provocar, ni tampoco de los esfuerzos a diarios desplegados con tenacidad para alcanzar el éxito. Los trabajos de cimientos del proyecto Isséane en Issy-les-Moulineaux figuran entre los más importantes de estos últimos años, tanto por su dimensión como por la calidad de los conocimientos técnicos que fueron demostrados por la agrupación de empresas que ha ejecutado estos trabajos. Los problemas que vinieron a plantearse con estos trabajos en contexto urbano han sido a la medida de la obra y fueron controlados de forma ejemplar, en particular por lo que atañe al medio.



# A89 Le Sancy - Combronde

## Les batraciens et la Sioule sont suivis de près...

**L'aménagement d'autoroute est précédé d'études d'impact sur le milieu naturel. Une bonne connaissance des richesses animales et végétales en présence et de leurs interactions est indispensable pour faire les bons choix techniques d'implantation et d'équipement de l'autoroute et pour trouver le meilleur compromis possible entre un aménagement d'utilité publique et la préservation de la biodiversité des milieux traversés.**

**Pour atteindre cet objectif, des dispositifs de protection des eaux, du milieu naturel et des riverains ont été conçus en collaboration avec nos maîtres d'œuvre et éprouvés sur les 2943 km d'autoroutes du groupe ASF. Pour améliorer l'efficacité de ces mesures prises pour minimiser nos impacts, nous devons encore apprendre sur les interactions entre nos activités et le vivant. Les bilans LOTI 1 an et 5 ans après la mise en service de chaque tronçon et des opérations de suivi plus fines et sur plusieurs années dans le cadre d'observatoires écologiques et économiques sont autant de source de connaissances.**

**Situés dans la vallée de la Sioule, Znieff qualifiée de remarquable dans les engagements pris par l'Etat, les travaux du viaduc justifiaient une organisation et un suivi écologique de terrain exemplaires... La finesse et la richesse des observations réalisées par la maîtrise d'œuvre en font un retour d'expérience précieux et encourageant.**

**Et le groupement d'entreprises Campenon Bernard/Dodin en charge de la réalisation du viaduc de la Sioule, s'est tout particulièrement illustré dans la parfaite organisation du chantier du viaduc, méritant l'attribution d'un label Sécurité et Environnement ASF!**



### **Fabienne Beaudu**

ADJOINTE AU DIRECTEUR DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
Autoroutes du Sud de la France (ASF)

## ■ INTRODUCTION

La construction de l'autoroute A89 entre Le Sancy et Combronde dans le Puy-de-Dôme (section 8) a été suivie avec attention sur le plan environnemental.

Concernant le milieu naturel, ce suivi présente plusieurs particularités, découlant notamment de la présence d'enjeux écologiques recensés durant les études.

Deux aspects ont donné lieu à des démarches spécifiques :

- ◆ la présence de batraciens ;
- ◆ le franchissement de la Sioule.

## ■ PRIORITÉ AUX BATRACIENS

*"19 avril 2004, les températures plus clémentes et les précipitations de ces derniers jours l'ont sortie de son sommeil hivernal. Poussée par la nécessité de se reproduire et guidée par son instinct, Rana quitte la forêt et se met en chemin. Son ob-*

*jectif : rejoindre l'étang, la mare ou la zone humide où les femelles pourront être fécondées par les mâles et pondre des milliers d'œufs en grappes gélatineuses".*

Cette scène saisonnière de la vie des grenouilles (et autres amphibiens comme les crapauds, les tritons et les salamandres) est courante aux abords du chantier de l'autoroute A89 section 8, entre Le Sancy et Combronde. Le tracé traverse en effet des mosaïques de boisements et de zones humides, propices à l'existence de peuplements intéressants par leur diversité et leur densité.

C'est dans le but de maintenir les flux biologiques, et plus particulièrement les déplacements pré et post-nuptiaux des amphibiens, qu'ASF, maître d'ouvrage, assisté de Scetauroute, maître d'œuvre, a intégré au projet des dispositifs de rétablissements de ces flux (ici des buses de diamètre 1000 mm). Ces "crapauducs" également appelés "batrachoducs", ont été installés au droit des passages principaux déterminés après expertises sur le terrain (étude de Catiche Productions).

Sur l'ensemble du tracé les batrachoducs ont une longueur comprise entre 60 et 80 m. S'ils sont pla-



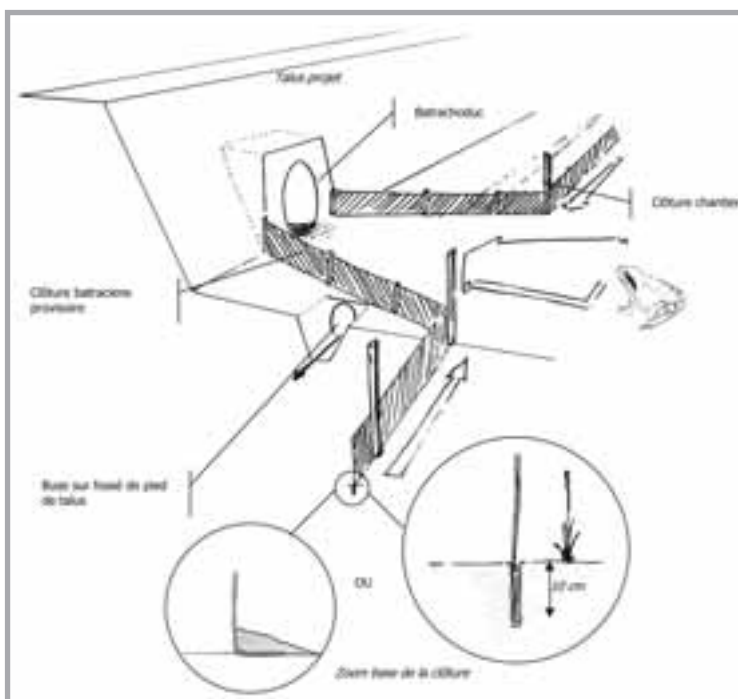
**Photo 1**  
Intérieur d'un batrachoduc revêtu et couvert de terre

*Interior of a frog viaduct lined and covered with earth*



**Photo 2**  
Détail, géotextile gaufré et terre en entrée de buse  
*Detail, corrugated geotextile and earth at culvert entrance*

**Figure 1**  
Batrachoduc et implantation de la clôture provisoire  
*Frog viaduct and location of the temporary fence*



**Photo 3**  
Batrachoduc et clôture provisoire en entonnement  
*Frog viaduct and temporary funnelling fence*



cés dans des zones humides correspondant à des secteurs favorables pour les amphibiens, ils ne doivent en aucun cas être remplis d'eau. Pour cette raison, leur emplacement doit être distinct de celui des ouvrages hydrauliques.

Ces crapauducs ne seront opérationnels qu'une fois les travaux terminés, après la pose de la clôture spécifique définitive qui canaliserà les amphibiens en leur interdisant l'accès à l'intérieur de l'emprise autoroutière. Or, le chantier doit durer plus de 3 ans. Un ensemble de mesures a donc été élaboré au cours des travaux et mis en place sur le chantier pour pallier les risques de perturbation des migrations printanières car plusieurs milliers d'individus de différentes espèces peuvent se déplacer chaque année.

**Des batrachoducs accessibles**

Première mesure : rendre les buses - crapauducs accessibles.

Le chantier a généré des dépôts divers comme la terre végétale en attente d'être régalée ou la tourbe extraite de certains secteurs très humides et mise en dépôt pour sécher.

L'ensemble de pentes et obstacles ainsi créés a été supprimé au moyen de petits terrassements pour réaliser des accès de plain-pied pour les amphibiens. La plupart des espèces présentes sur le tracé ont une mobilité réduite sur le chemin de la migration ; des pentes supérieures à 10 % ainsi que des seuils ou obstacles de plus de 10 cm peuvent se révéler infranchissables, coupant l'accès au point d'eau nécessaire à la reproduction.

**Des batrachoducs aménagés**

Les buses ont été revêtues (photo 1) car le caractère abrasif du béton dans les buses est problématique (usure des pattes des amphibiens, celles-ci ne sont en effet pas protégées par des coussinets, des poils ni des griffes). La collaboration entre les experts du maître d'œuvre et des entreprises et les équipes de travaux a permis de mettre au point une technique évitant au personnel des entreprises de travailler dans les buses. Ce travail est difficile du fait de la faible hauteur de la buse.

Pour recouvrir le fond de la buse avec une matière non abrasive, une bande de géotextile gaufré de 40 cm de largeur, recouverte de terre a été entraînée dans la buse (photo 2). Un câble a préalablement été installé dans la buse avec une perche habituellement utilisée pour les passages des câbles téléphoniques. Fixée au câble, la bande de géotextile a ensuite été tirée dans la buse au moyen d'un treuil. La terre a été placée manuellement sur le géotextile au fur et à mesure de son avancée dans la buse.

Pour assurer sa bonne tenue dans la buse, la ban-

de de géotextile a simplement été ancrée en entrée et en sortie de buse. En effet, le poids de la terre suffit à la tenir en place sur toute la longueur de la buse.

Outre la rapidité de mise en place, le système, et notamment le gaufrage, est intéressant car il retient la terre en cas de venue d'eau dans l'ouvrage, lui assurant ainsi une stabilité au fil du temps.

### Une clôture provisoire adaptée

Troisième mesure : canaliser les batraciens dans ces ouvrages spécifiques. Le dispositif prévu en phase définitive consiste en une clôture basse, à maillage fin, posée sur la clôture d'emprise et jointive au sol.

Un simple géotextile (bande de 50 à 60 cm) a été fixé sur la clôture de chantier pour la phase travaux (figure 1). Pour assurer son bon raccord au sol, deux techniques ont été utilisées. Pour la première, une petite tranchée permet d'enfouir la base du géotextile. Pour la seconde, un retour de géotextile est plaqué au sol et recouvert d'une couche de terre.

Au droit des batrachoducs, un entonnoir en biais permet de guider les amphibiens jusqu'à l'entrée du passage (photo 3).

### Les seaux : quand les buses ne sont pas accessibles

Quatrième mesure : la mise en place d'une traversée manuelle quand les batrachoducs ne sont pas accessibles (notamment en raison du phasage des travaux). Pour réaliser cette opération, des seaux sont placés le long de la clôture provisoire. Ils sont enterrés au niveau du terrain naturel de manière à récupérer les batraciens qui longent la clôture. Deux détails permettent un bon fonctionnement (figure 2) :

- ◆ des trous au fond des seaux évitent le remplissage en cas de précipitation. Le seau est surélevé et des pierres sont installées au fond du trou pour permettre l'écoulement. Un séjour dans l'eau trop long (pour des batraciens fatigués par des migrations pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres) pourrait causer la noyade ;
- ◆ un relevage manuel quotidien des seaux (le matin) réduit le temps de séjour dans le seau et le stress de l'opération. La fréquence de ramassage peut être augmentée en cas de pic de migration.

### Des mares de substitution pour remplacer les zones humides isolées

Ces dispositifs sont complétés par des mares de substitution. Ces mares ont pour objectif de fournir aux batraciens des sites de reproduction et lieux de pontes adéquats à la place des sites rendus in-

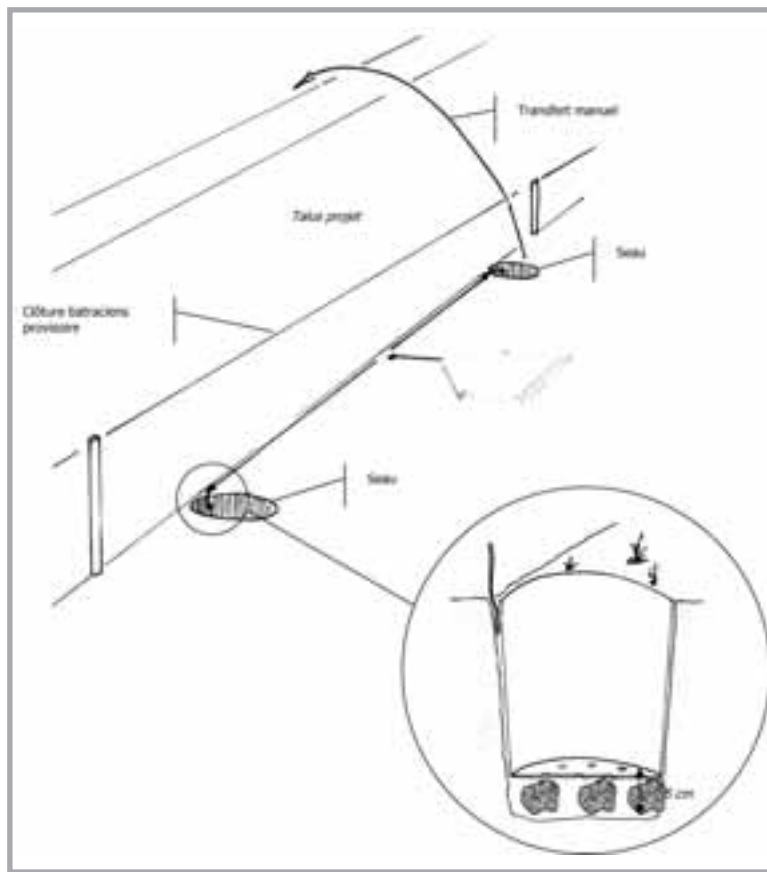


Figure 2  
Schéma type  
du dispositif de collecte  
(seaux et clôture  
provisoire)

Typical collection  
scheme (buckets  
and temporary fence)

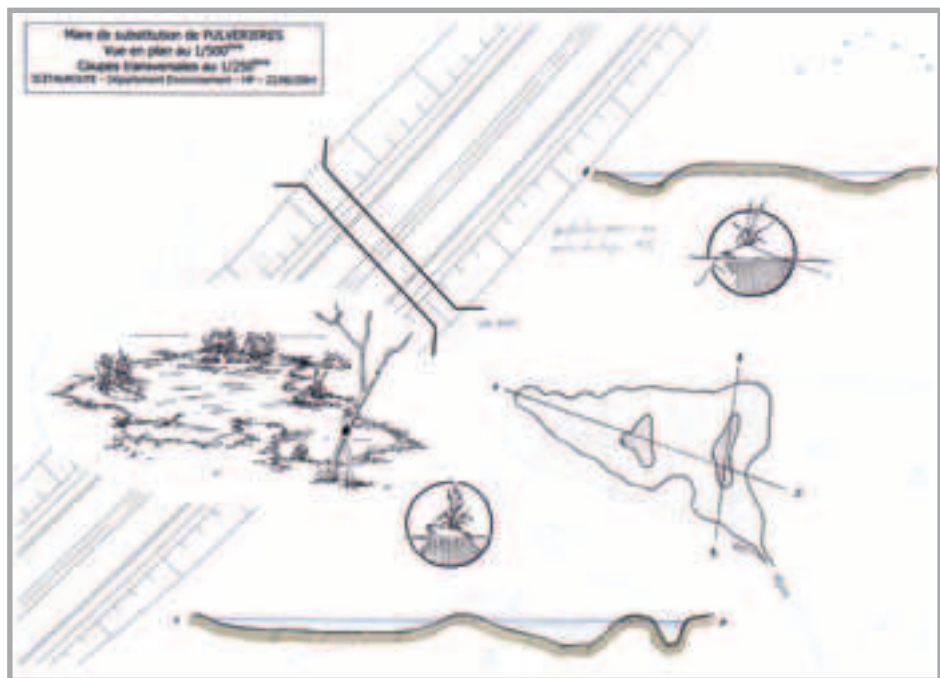


Figure 3  
Plan d'une mare  
de substitution  
Drawing of one  
of the substitute ponds

accessibles par le projet. Les deux localisations choisies sont néanmoins proches de batrachoducs. Leur rôle est donc de renforcer ces dispositifs. Plusieurs facteurs conditionnent le bon fonctionnement de ces mares :

- ◆ localisation sur un axe de migration ;
  - ◆ respect des caractéristiques techniques ;
  - ◆ réalisation hivernale ou automnale pour que le site soit disponible au moment de la migration.
- Le positionnement des mares répond à la nécessité d'une alimentation en eau qui permet le maintien d'une lame d'eau suffisante pour le développement des larves de batraciens lors de la période estivale (figure 3). De la même manière, cet emplacement tient compte de la végétation présente. L'ouverture du milieu et l'absence d'arbres à proximité immédiate per-





**Photo 4**  
Larve de grenouille rousse (*Rana temporaria*) en fin de métamorphose, on observe notamment le vestige de queue  
*Larva of common frog (Rana temporaria) at end of metamorphosis; the remains of the tail can be observed in particular*



**Photo 5**  
Batrachoduc, clôture provisoire et buse dans le fossé de pied de talus, vue latérale  
*Frog viaduct, temporary fence and culvert in the ditch at the base of the embankment, side view*

**Photo 6**  
Clôture batraciens en phase définitive  
*Batrachian fence in final stage*



**Photo 9**  
Observation sur site  
*Observation on site*

mettent un ensoleillement correct<sup>1</sup> et évitent le complètement trop rapide de la mare par les feuilles. Pour les deux mares, la forme repose sur le principe de l'intégration au terrain naturel. Les lignes droites sont évitées pour donner à l'excavation une forme ronde et digitée<sup>2</sup>. La figure 3 présente une vue en plan de principe, adaptable aux conditions de terrain. La surface des mares est proche de 1 000 m<sup>2</sup>. La profondeur des mares n'excède pas 1 m en son centre, pour une profondeur moyenne de 50 cm. Cette règle implique des pentes douces, inférieures à 45°. Seul un petit linéaire du contour présente des berges abruptes (favorisant ainsi certaines espèces de batraciens et d'insectes). Aucune revégétalisation des berges n'a été prévue. En effet le profil des berges et la proximité de zones humides riches en végétation palustre doit permettre une recolonisation spontanée rapide. Le maintien de l'eau n'a pas nécessité la mise en place d'un revêtement imperméable sur le fond des mares, même si cette solution a été envisagée.

1. Nécessaire au développement rapide des larves.  
2. Au contour formant des doigts.

### Une mise en œuvre rapide

Plusieurs documents ont été élaborés par l'expert de la direction Environnement de Scetauroute et communiqués à l'ensemble des acteurs de l'opération. Présentant l'ensemble des ouvrages et actions à réaliser et les résultats des actions menées, ces rapports comportent également une clé de détermination succincte des espèces présentes sur le site à l'usage des correspondants environnement des entreprises.

Ce sont au total six batrachoducs qui ont ainsi été aménagés. Trois mille cinq cents mètres de clôture provisoire ont été posés par les entreprises en 3 semaines, permettant ainsi d'aborder la phase de migration avec des dispositifs viables, au préalable contrôlés par la direction Environnement du maître d'œuvre Scetauroute et validés par Catiche Productions, le bureau d'études spécialisé ayant proposé le lieu d'implantation des batrachoducs. Le résultat pour l'année 2004 est positif puisque de nombreuses pontes ainsi que des larves en cours de métamorphose ont été observées dans les secteurs concernés (photo 4).

La réflexion sur ces dispositifs provisoires a également permis de détecter certains détails problématiques comme le placement des clôtures définitives (notamment par rapport au fossé de pied de talus) et d'élaborer des solutions techniques viables pour la phase définitive comme le passage des fossés par la clôture spécifique au moyen de la pose de buse sur le fossé (figure 1 et photo 5).

### Des résultats satisfaisants et une perspective intéressante pour la phase exploitation

Aujourd'hui, la section Le Sancy - Combronde de l'autoroute A89 est en service et des dispositifs permanents ont remplacé les aménagements provisoires. Des clôtures spécifiques pour les batraciens ont été mises en place sur la clôture faune et les mares de substitution ont été réalisées conformément aux caractéristiques décrites ci-dessus (photos 6, 7, 8 et 9).

Lors d'une visite de terrain réalisée le 8 mars 2006, des concentrations nuptiales et la reproduction de batraciens [grenouille rousse (*Rana temporaria*) essentiellement et crapaud commun (*Bufo bufo*)] ont été constatées au voisinage des batrachoducs et dans les mares de substitution.

## ■ OBSERVATOIRE DE LA SIOULE

### Contexte

En concertation avec la DIREN et pour répondre aux engagements de l'Etat, ASF a réalisé un observatoire écologique sur la vallée de la Sioule (par l'in-

termédiaire de son maître d'œuvre Scetauroute). Les objectifs de cet observatoire étaient de mettre en évidence l'interaction entre les travaux et l'écosystème de la vallée.

Cette démarche fait suite au diagnostic de la phase étude du projet qui a révélé des enjeux importants sur le plan écologique :

- ◆ classement en Znieff de type 1<sup>3</sup>;
- ◆ présence d'une espèce végétale protégée, (Arrêté du 30 mars 1990 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Auvergne complétant la liste nationale);
- ◆ présence d'espèces patrimoniales comme la loutre d'Europe [directive "Habitats-Faune-Flore" : annexes II et IV, Convention de Berne : annexe II, Convention de Washington : annexe I, Espèce de mammifère protégée au niveau national en France (art. 1<sup>er</sup> modifié)];
- ◆ habitats d'intérêt communautaire prioritaire, forêts de pentes, éboulis ou ravins du Tilio-Acerion (Code 9180, code CORINE 41.4).

### Une méthodologie adaptée

Une méthodologie spécifique a été mise en place pour répondre à ces objectifs. Elle repose sur la constance des observations sur la période de travaux (du démarrage à la fin du chantier) et au-delà pour suivre la remise en état du site.

Les observations ont été menées en parallèle avec un point systématique sur l'avancement des travaux et de l'ensemble des facteurs de perturbation engendrés par ceux-ci. Ce point a été fait en étroite collaboration avec l'équipe de Setec TPI (maître d'œuvre particulier pour le viaduc de la Sioule) sur place : MM. Taravella et Noël.

Il est également important de citer la participation du responsable environnement de l'entreprise chargée des travaux (M. Benazech, Campenon Bernard TP/Dodin) ainsi que du porte-mire du géomètre (M. Gatignol). Ce dernier était amené par son travail à parcourir de manière systématique le terrain dans ses moindres recoins. Ses observations notamment sur la grande faune et la mésofaune ont été intégrées aux résultats.

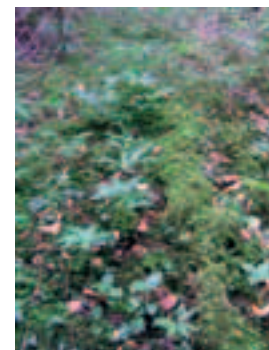
Douze visites ont été réalisées entre avril 2004 et juin 2006.

Sur les quatre saisons, elles ont consisté à parcourir le terrain sur deux jours, à différentes heures de la journée et de la nuit et selon le même itinéraire en prenant en compte :

- ◆ les points de relevés floristiques sur huit habitats différents (printemps et été seulement);
- ◆ les points d'écoutes de l'avifaune (Indice ponctuel d'abondance par écoute normalisée de 20 minutes par type d'habitat homogène);
- ◆ le circuit "spécifique loutre" avec parcours des berges à la recherche d'indices sur les "postes" (empreintes, épreintes<sup>4</sup>, musc);
- ◆ les circuits d'observation de la faune (chauve-



**Photos 7 et 8**  
Mares de substitution de Pulvérières et de la Morge  
*Substitute ponds of Pulvérières and La Morge*



**Photo 10**  
Lis martagon  
*Martagon Lily*

souris, mésofaune, avifaune nocturne et grande faune) avec relevés d'indices (empreintes, fèces, coulées, sentes, pelotes de réjection);

◆ suivi de la station de Lis martagon (*Lilium martagon*) avec comptage des pieds et relevés de l'état de vitalité des plants (graines, fleurs, etc.) (photo 10).

◆ suivi des travaux avec relevés de l'état des pistes du chantier, des piles, des perturbations sonores, de l'assainissement;

### Des résultats concrets

Les résultats de l'observatoire sont intéressants à plusieurs titres.

#### D'un point de vue naturaliste

De nombreuses observations et relevés d'indices ont été réalisés en totalisant, sur plus de deux ans, 192 heures de présence sur le terrain dont 36 heures en période nocturne (photos 11 et 12).

Quelques observations exceptionnelles peuvent être citées, comme l'observation directe d'une loutre d'Europe le 30 juin 2004 au niveau du pont de la RD 418 à quelques mètres seulement de la pile n° 5 et celle des vespertillons de Daubenton, petites chauves-souris chassant au ras de l'eau (cf. encadré page suivante "Observation d'une loutre").

La pression d'observation aura permis d'avoir une idée très précise de la fréquentation du site par



**Photo 11**  
Larve aquatique du type Ecdyonurus

*Aquatic larva of the Ecdyonurus type*



**Photo 12**  
Écrevisse à pieds blancs  
*White-footed crayfish*

3. Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique, caractérisées par leur intérêt biologique remarquable.

4. Crottes de loutre à l'aspect informe de couleur verdâtre ou noirâtre.

Photo 13  
Barrage flottant  
en place sur la Sioule

*Floating barrier  
in place  
on the Sioule*



► la faune et de l'état de la flore durant les travaux. Citons par exemple :

- ◆ la densité des indices de loutre sur les bords de la Sioule avec une identification très nette des secteurs les plus utilisés à quelques dizaines de mètres de la pile n° 5 du viaduc de la Sioule,
- ◆ les différences notables de densité d'oiseaux entre les zones exposées directement aux perturbations sonores (fonctionnement de la centrale à béton, martèlements, circulation des camions) et les zones "calmes";
- ◆ le retour rapide de la faune dans le secteur où les travaux se sont terminés (notamment au niveau de la culée 0 à l'ouest et des piles 1, 2 et 3 achevées en août 2005);

◆ la délimitation et le comptage précis de la station de lis martagon, avec un diagnostic réservé quant à la pérennité de celle-ci. Espèce de lisière, elle est menacée par la fermeture du boisement.

**Du point de vue du suivi de chantier et du lien direct avec le suivi naturaliste**

Sur ce plan, la collaboration avec l'équipe de chantier a été précieuse, car elle a permis de répondre rapidement et efficacement aux problématiques chantier en rapport avec le milieu naturel.

Cela a été le cas pour le lavage des masques de voussoirs effectué à l'avancement; cette opération produisait une quantité non négligeable de laitance (environ 400 l par masque), dont la composition révélait un pH élevé et des traces d'hydrocarbures. Une procédure spécifique a été mise en place pour tenir compte de cet effluent, notamment au droit de la Sioule, même si la hauteur de chute avoisinait 150 m. Au final la procédure d'analyse a révélé un taux de dilution suffisant pour éviter une pollution notable et préjudiciable.

La qualité de la rivière la Sioule a également conduit à suivre les dispositifs spécifiques installés, comme les barrages flottants, au nombre de trois, voire quatre sur le cours de la rivière. L'entretien de ces barrages a été rendu difficile par les nombreux épisodes de hautes eaux de la rivière (photo 13).

■ **CONCLUSION**

Les deux opérations de suivi des batraciens en phase travaux et plus généralement de l'observatoire de la Sioule ont permis une prise en compte ciblée

**OBSERVATION D'UNE LOUTRE**

"Mercredi 30 juin, 22 h 47, pont de la route départementale sur la Sioule, chantier du viaduc.

Après une journée avec MM. Bouchardy et Boulade sur les dispositifs provisoires phase travaux pour les batraciens de l'A89 section 8 (et la découverte d'épreintes fraîches dans les emprises du chantier) je me suis rendu sur la Sioule pour y accomplir la mission de suivi pour l'observatoire.

Environné par les bruits étranges de la nuit je me dirige vers le petit pont qui franchit la Sioule, à proximité de la pile P5 du viaduc. Un premier coup de projecteur en aval me révèle les trajectoires au ras de l'eau du vespertilion de Daubenton en chasse et... rien d'autre. Je m'apprête à faire de même en amont quand j'entends derrière moi un "plouf" que je qualifierai de glissant... Le temps de me retourner et de diriger le faisceau du projecteur, la voilà... une magnifique loutre! Difficile de garder son calme quand on sait combien sont rares les observations de ce mammifère aux mœurs aquatiques et discrètes. Je la suis jusqu'à ce qu'elle disparaisse sous le pont, se coulant littéralement contre la pile centrale... et continue à l'observer en amont du pont dans une remontée tantôt aquatique et fluide tantôt hors de l'eau et presque pataude dans les zones de faible profondeur. Un moment rare."

des enjeux environnementaux majeurs de cette section d'autoroute.

Le retour d'expérience, très riche, permettra notamment de gagner en efficacité sur d'autres projets, qu'ils soient routiers mais également ferroviaires. Intégrer aux projets, ces démarches ont également l'avantage de réduire le temps de réaction face à la résolution de problématiques de chantier, limitant ainsi les dommages éventuels à l'environnement.

## ABSTRACT

**A89 Le Sancy - Combronde. The batrachians and the Sioule are monitored closely...**

*H. Pouchelle*

**Section 8 (Le Sancy - Combronde) of the A89 motorway passes through sectors that are sensitive from the viewpoint of the natural environment in general and batrachians in particular. To compensate for the impact of the project on the populations of frogs, toads, newts and salamanders present, the Owner, Autoroutes du Sud de la France, and the prime contractor Scetauroute adopted specific measures adapted to the work phase. This article describes all the measures taken and recounts the methodology employed for the Sioule Valley ecological lookout station.**

## RESUMEN ESPAÑOL

**A89 Le Sancy - Combronde. Los batracios y el río Sioule objeto de un seguimiento particular...**

*H. Pouchelle*

**El tramo 8 (Le Sancy - Combronde) de la autopista A89 atraviesa los sectores sensibles desde el punto de vista natural en general y de los batracios en particular. Para atenuar los impactos de las obras sobre las poblaciones de ranas, sapos, tritones y salamandras presentes, la entidad contratante, Autoroutes du Sud de la France y el principal responsable del proyecto, Scetauroute han implantado diversas medidas específicas adaptadas a la etapa de los trabajos. El este artículo se presenta el conjunto de las medidas implantadas y se hace mención de la metodología implementada para el observatorio ecológico del valle del río Sioule.**

# Gestion intégrée des eaux

## Fascicule n° 70-II du CCTG consacré et restitution des eaux pluviales

La conception traditionnelle de l'assainissement par réseau enterré a largement montré ses limites : aggravation des risques d'inondation, dégradation de la ressource en eau et accroissement des dépenses incombant aux collectivités. La gestion intégrée des eaux pluviales dans les aménagements fait donc de plus en plus appel à la mise en œuvre de solutions alternatives. C'est pourquoi, lors de la révision du fascicule 70 du CCTG, un nouveau titre a été introduit, le titre II consacré aux ouvrages de recueil, de stockage et de restitution des eaux pluviales.

Les ouvrages concernés permettent de retenir temporairement les eaux pluviales avant de les restituer au milieu récepteur, soit par infiltration, soit par l'intermédiaire d'un réseau enterré ou superficiel. Le titre II s'applique ainsi à l'exécution des bassins de retenue, des fossés et des noues, des tranchées et puits d'infiltration, des chaussées à structure réservoir. Guide d'application volontaire, il a vocation à être une référence pour les maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre dans l'élaboration des marchés de travaux.

Après le rappel des principes de gestion intégrée des eaux pluviales, le titre II est présenté : ses motivations, son champ d'application, sa structure, ses spécificités, les caractéristiques des matériaux mis en œuvre. Des exemples présentés lors de la journée technique "Retenir la pluie : des techniques alternatives pour une gestion intégrée des eaux pluviales" organisée par le CETE de l'Est (24 novembre 2005, Nancy), illustrent cet exposé.

### ■ DES TECHNIQUES ALTERNATIVES POUR UNE GESTION INTÉGRÉE DES EAUX PLUVIALES

La conception traditionnelle de l'assainissement par réseau enterré a largement montré ses limites : aggravation des risques d'inondation, dégradation de la ressource en eau et accroissement des dépenses incombant aux collectivités. Le cadre législatif mis en place depuis une quinzaine d'années vise une gestion équilibrée et intégrée de la ressource en eau : la directive "Eaux résiduaires urbaines" de mai 1991 et la loi sur l'eau de janvier 1992 ont fixé des objectifs de moyens, la directive cadre sur l'eau d'octobre 2000 fixe des objectifs de résultats (l'atteinte d'un bon état écologique en 2015 pour l'ensemble des masses d'eau). Pour répondre à ces enjeux, il est aujourd'hui nécessaire de mettre en œuvre une approche globale de l'assainissement. Le guide "La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau" (Certu, MEDD, 2003) a refondé la conception de l'assainissement et définit pour la gestion des eaux pluviales des principes en rupture avec l'approche traditionnelle des VRD, notamment :

- ◆ intégrer l'eau dans l'urbanisme et la respecter (préservation des cheminements naturels de l'eau, de ses usages et de sa qualité);
- ◆ concevoir un système modulaire qui fonctionne dans toutes les conditions météorologiques (tableau I);

Tableau I  
Niveaux de service du système d'assainissement par temps de pluie, intégrant les objectifs de la limitation des impacts des rejets de temps de pluie sur les milieux récepteurs et la prévention du risque d'inondation (d'après Certu, MEDD, 2003)

*Service levels of the drainage system in rainy weather, taking into account the objectives of limiting the impact of rainy-weather discharges into the receiving environments and prevention of flooding risks (based on Certu, MEDD, 2003)*

Niveau 1 pluies faibles	Tous les effluents sont traités avant rejet.
Niveau 2 pluies moyennes	Surverses acceptées et impact contrôlé. Pas de débordement des ouvrages.
Niveau 3 pluies fortes	Priorité à la gestion du risque, acceptation de la détérioration de la qualité
Niveau 4 pluies exceptionnelles	Seule priorité : éviter les dommages aux personnes

- ◆ déconnecter les eaux pluviales des réseaux existants;
- ◆ retarder, retenir l'eau et favoriser son infiltration...

La gestion intégrée des eaux pluviales dans les aménagements fait donc de plus en plus appel à la mise en œuvre de solutions alternatives aux réseaux d'assainissement traditionnels.

Les ouvrages mis en œuvre pour gérer à la source des eaux pluviales sont couramment appelés "techniques alternatives en assainissement pluvial".

Faisant écho à ces évolutions, le fascicule 70 du CCTG – Ouvrages d'assainissement, modifié et approuvé par arrêté du 17 septembre 2003, est désormais divisé en deux titres :

- ◆ titre I - Réseaux, qui correspond à la révision de la version précédente datant de 1992;
- ◆ titre II - Ouvrages de recueil, de stockage et de restitution des eaux pluviales, totalement nouveau. Il constitue un guide d'application volontaire pour l'élaboration des marchés de travaux (figure 1).

### ■ LES MOTIVATIONS DU TITRE II DU FASCICULE 70 DU CCTG

Les techniques alternatives en assainissement pluvial ne sont pas nouvelles : elles sont mises en œuvre depuis plus d'une vingtaine d'années en France et à l'étranger et certaines techniques renouent avec des pratiques ancestrales (fossé, puits...). Une abondante littérature technique leur est consacrée depuis plus d'une dizaine d'années (cf. encadré "Quelques guides techniques de référence").

Plusieurs associations, telles que l'ADOPTA (Association douaisienne de promotion des techniques alternatives) et le GRAIE (Groupe de recherche Rhône-Alpes sur les infrastructures et l'eau), œuvrent à leur promotion et au partage de retours d'expériences. Enfin le projet européen Daywater est consacré à l'élaboration d'outils d'aide à la décision pour le choix des techniques.

Cependant il manquait encore un document de référence pour aider les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à élaborer leurs marchés de travaux. De plus ces techniques présentent un certain nombre de spécificités. Il convient également de souligner que lors de la conception d'un système de gestion des eaux pluviales à l'échelle d'une petite zone amont, l'utilisation des techniques alternatives doit être systématiquement envisagée et comparée aux

# pluviales

## aux ouvrages de recueil, stockage

**Nathalie Le Nouveau**  
INGÉNIEUR CHARGÉ D'ÉTUDES  
CETE de l'Est - LRPC de Nancy

**Sylvie Vigneron**  
INGÉNIEUR CHARGÉ D'ÉTUDES  
CERTU

**Jean-Daniel Balades**  
RESPONSABLE DU DOMAINE  
ENVIRONNEMENT  
CETE du Sud-Ouest - LRPC de Bordeaux

techniques traditionnelles pour le choix d'une solution adaptée (Certu, MEDD, 2003). Ces ouvrages constituent ainsi une solution technique à part entière, dont le développement est amené à se poursuivre. Leur mise en œuvre est désormais mieux encadrée.

### LE CHAMP D'APPLICATION DU TITRE II DU FASCICULE 70 DU CCTG

Le titre II du fascicule 70 du CCTG s'applique à l'exécution des ouvrages de recueil, de stockage et de restitution des eaux pluviales. Ces ouvrages permettent de retenir temporairement les eaux pluviales, avant de les restituer au milieu récepteur, soit par infiltration, soit par l'intermédiaire d'un réseau enterré ou superficiel (figure 2).

Ces ouvrages permettent ainsi de :

- ◆ limiter les risques d'inondation en écrêtant les débits ruisselés, voir les volumes en cas d'infiltration;
- ◆ limiter la pollution apportée par les eaux pluviales

### QUELQUES GUIDES TECHNIQUES DE RÉFÉRENCE

- ◆ Eau et aménagement - Organiser les espaces publics pour maîtriser le ruissellement urbain, Certu, dossier n° 102, 2000.
- ◆ Les structures alvéolaires ultra-légères (SAUL) en assainissement pluvial, Certu, LCPC, Agences de l'eau, 1998.
- ◆ Techniques alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial - Éléments clés pour leur mise en œuvre, Certu, 1998.
- ◆ Chaussées poreuses urbaines, Certu, AIVF, LCPC, 1999.
- ◆ Voiries et aménagements urbains en béton : revêtements et structures réservoir, Cimbéton, 2001.
- ◆ Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial sur la Communauté urbaine de Bordeaux - Guide de réalisation, Communauté Urbaine de Bordeaux, 1999.
- ◆ Techniques alternatives en assainissement pluvial, GRAIE, Agences de l'eau, LCPC, Certu, 1994.
- ◆ Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales, STU, Agences de l'eau, 1994.

aux milieux récepteurs, la décantation et/ou la filtration assurant une certaine dépollution;

- ◆ intercepter une éventuelle pollution accidentelle.

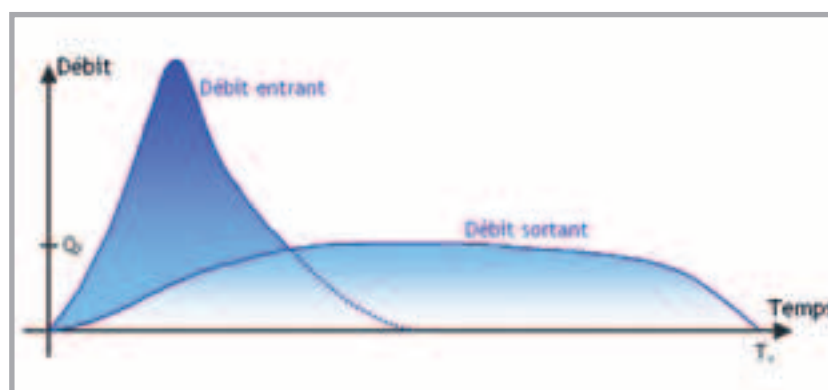
Le titre II s'applique à l'exécution des ouvrages suivants :

- ◆ les bassins de retenue;
- ◆ les fossés et des noues;
- ◆ les tranchées et puits d'infiltration;
- ◆ des chaussées à structure réservoir.

Il ne couvre pas la rétention en collecteurs surdimensionnés (titre I), en toitures-terrasses (règles professionnelles) et les ouvrages en béton de stockage et de transport de l'eau (fascicule 74 du CCTG).



**Figure 1**  
Fascicule n° 70-II du Cahier des clauses techniques générales (CCTG)  
Section 70-II of the "CCTG" General Technical Specifications



**Figure 2**  
Ecrêtement des débits par stockage temporaire  
Flow control by temporary storage

### UNE STRUCTURE SUIVANT LA CHRONOLOGIE DE CONCEPTION ET DE RÉALISATION DES OUVRAGES

Le titre II présente une structure commune au titre I - Réseaux. Il est composé de cinq chapitres : dispositions générales, nature et qualité des matériaux, études préalables et organisation des chantiers, exécution, conditions de réception. Il a vocation à être un guide de référence pour les maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre dans l'élaboration des marchés de travaux. A cet effet un guide est joint en annexe pour aider le prescripteur à élaborer le CCTP, il se présente sous la forme d'un CCTP-type venant préciser le CCTG.

Chaque partie insiste sur les éléments spécifiques à la mise en œuvre de ces techniques : conditions d'acceptation des matériaux poreux ou perméables, mise en œuvre des géosynthétiques (géotextile, dispositif d'étanchéité par géomembrane), organisation du chantier pour éviter le colmatage de l'ouvrage, etc.

Photo 1  
Creutzwald :  
mise en œuvre  
de la grave poreuse  
*Creutzwald : application  
of porous gravel*



© CETE de l'Est

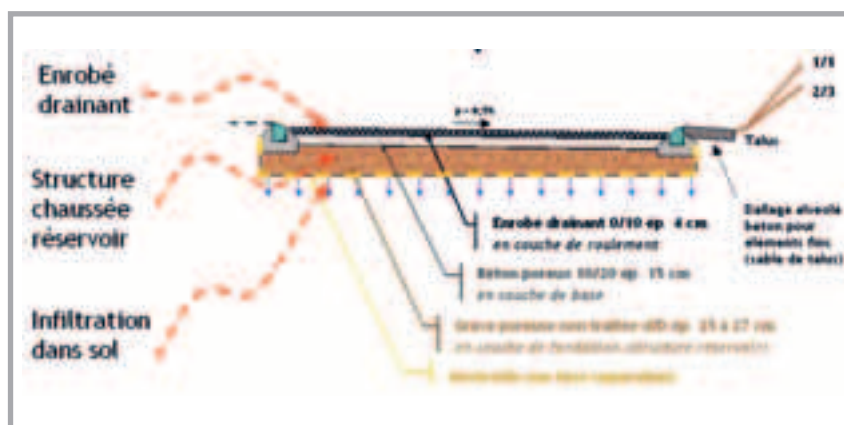


Figure 3  
Coupe de chaussée à structure réservoir, voirie  
secondaire (CETE de l'Est)  
*Cross section of pavement with reservoir structure,  
secondary road system (CETE de l'Est)*



© CETE du Sud-Ouest

Photo 2  
Chaussées à structure réservoir  
pour la protection décennale  
*Pavements with reservoir structure  
for ten-year flood protection*



© CETE du Sud-Ouest

Photo 3  
Larges noues pour le drainage de la zone, la collecte  
du débit de fuite des parcelles, le stockage  
de l'épisode pluvieux trentennal et l'évacuation  
du débit centennal vers le lac  
*Broad shallow channels for drainage of the area,  
collection of the leakage flow from plots, storage  
of thirty-year return rain and discharge  
of the hundred-year return flow to the lake*



© CETE du Sud-Ouest

Photo 4  
Plan d'eau permanent pour le centennal  
*Permanent reservoir for hundred-year return rain*

## LES SPÉCIFICITÉS DU TITRE II

Les ouvrages concernés par le titre II présentent un certain nombre de spécificités dans leur conception et dans leur exécution.

En effet, **les ouvrages concernés sont nombreux et très différents les uns des autres**, en terme de conception et de réalisation, allant du simple fossé à la chaussée à structure-réservoir de réalisation plus complexe. Chaque famille d'ouvrage peut également présenter des variantes selon :

- ◆ le mode de recueil des eaux pluviales : recueil diffus au travers d'une surface perméable ou recueil traditionnel par ruissellement sur les surfaces adjacentes et/ou raccordement de canalisations de branchement ;

- ◆ le mode de restitution des eaux pluviales : restitution diffuse par infiltration dans le sol support et/ou restitution ponctuelle à débit régulé vers un exutoire.

Ces ouvrages font eux-mêmes appel à de **nombreux matériaux, techniques et disciplines** : la route, l'aménagement des espaces verts, le génie civil, l'hydraulique, etc. C'est pourquoi le fascicule 70 titre II fait référence à de nombreux autres fascicules (fascicule 70 titre I, fascicule 35 pour les espaces verts, fascicule 2 pour les terrassements, fascicule 74 pour les réservoirs en béton, fascicule 25, 27 29 pour les chaussées à structure réservoir, places, etc.).

Chaque ouvrage a plusieurs usages, nécessitant des caractéristiques particulières. A titre d'exemple, une chaussée à structure-réservoir doit assurer :

- ◆ une fonction mécanique (la structure de chaussée est dimensionnée pour supporter le trafic) ;
- ◆ des fonctions hydrauliques de recueil, stockage et restitution des eaux pluviales.

### **Exemple : réalisation de chaussées à structure réservoir lors de la rénovation de la voirie secondaire, Cité Bellevue - Creutzwald (57)**

Principales caractéristiques :

- ◆ recueil des eaux pluviales diffus au travers de l'enrobé drainant (doublé d'avaloirs en cas de colmatage de l'enrobé);
- ◆ stockage temporaire dans la grave poreuse non traitée;
- ◆ restitution par infiltration dans le sol support;
- ◆ dimensionnement hydraulique pour un niveau de protection décennal (photo 1 et figure 3).

Chaque ouvrage doit être conçu et réalisé comme faisant partie intégrante de l'aménagement.

### **Exemple : zone d'activités Bordeaux - Technopolis**

Bordeaux Technopolis est une ZAC de 1000 hectares à terme dédiée aux sciences du vivant, inscrite dans un environnement fortement contraint : sol argileux et mal drainé, nappe subaffleurante, forte urbanisation à l'aval avec des problèmes d'inondation, débit d'étiage très faible (forte contrainte qualitative), risque de pollution accidentelle, périmètres de protection de captage.

Trois principales fonctions ont été assignées localement au système de gestion des eaux pluviales :

- ◆ protection contre un risque hydrologique;
- ◆ dépollution des eaux de ruissellement;
- ◆ possibilité de gérer une pollution accidentelle (photos 2, 3 et 4).

### **Exemple : aménagement de la salle socioculturelle à Pont-à-Mousson (54)**

Principales caractéristiques :

- ◆ bâtiment en demi-cercle construit sur pilotis, dont l'entrée est agrémentée d'un jardin aquatique;
- ◆ larges noues enherbées entourant le parking (photos 5 et 6).

**Architecte** : J. Ramos-Ibanez.

## **DES QUALITÉS DE MATÉRIAUX EXIGÉES PAR LES FONCTIONS HYDRAULIQUES**

Les matériaux et produits mis en œuvre sont adaptés pour assurer une ou plusieurs des trois fonctions : recueil, stockage et restitution des eaux pluviales.

Seuls les matériaux poreux et spécifiques sont explicités dans le titre II, les matériaux non spécifiques faisant généralement l'objet d'une norme.



**Photo 5**  
Larges noues drainant le parking de la salle socioculturelle de Pont-à-Mousson

*Broad shallow channels draining the parking lot of the Pont-à-Mousson social and cultural hall*



**Photo 6**  
Raccordement à la noue

*Connection to the shallow channel*



**Photo 7**  
Réalisation d'une rétention de 300 m<sup>3</sup> en structure alvéolaire ultra-légère

*Execution of a 300 cu. m retention basin with an ultra-light honeycomb structure*

Le titre II classe ainsi les matériaux en trois familles.

**Les matériaux de structure et de stockage de l'eau**, qui peuvent être mis en œuvre selon les exigences de conception pour la construction des CSR, tranchées, puits et bassins, sont : graves non traitées poreuses, graves bitumes poreuses, béton de ciment poreux, voire d'autres matériaux (produits creux en béton, structures alvéolaires ultra-légères, pneumatiques, etc.). Leur principale caractéristique hydraulique est la porosité utile qui traduit leur capacité de stockage. A titre d'exemple, une porosité utile de 30 % est exigée pour les GNTP mises en œuvre en structure de chaussée réservoir (1 m<sup>3</sup> de matériaux mis en œuvre permet de stocker 300 litres d'eau). A cette exigence hydraulique s'ajoutent d'autres caractéristiques géométriques et mécaniques (photo 7).



**Photo 8**  
**Parking perméable,**  
**station d'épuration**  
**à Maxeville**  
**(maître d'ouvrage :**  
**Communauté Urbaine**  
**du Grand Nancy)**  
*Permeable parking lot,*  
*Maxeville treatment*  
*plant*  
**(Owner : Communauté**  
**Urbaine du Grand Nancy)**



► **Les matériaux constituant les couches de surface perméables** peuvent être, selon les conditions d'environnement et d'usages, des pavés poreux, des dalles poreuses, des graves non traitées poreuses, du béton bitumineux drainant (BBDr), du béton de ciment drainant, voire d'autres matériaux (gazon, etc.). Ces matériaux sont caractérisés du point de vue hydraulique par une perméabilité minimale spécifique, mais également par des caractéristiques mécaniques adaptées à l'usage (photo 8).

**Les autres matériaux constituant les interfaces** correspondent à des produits assurant des fonctions diverses, essentielles au fonctionnement de l'ouvrage :

- ◆ les géosynthétiques : d'une part les dispositifs d'étanchéité par géomembrane (DEG), d'autre part les géotextiles assurant des fonctions de séparation, de filtration, et/ou de drainage ;
- ◆ les systèmes d'évacuation et de drainage pour la diffusion des eaux pluviales dans les matériaux déstockage (recueil localisé), l'évacuation des eaux pluviales (restitution localisée) ;
- ◆ les dispositifs de dépollution des eaux pluviales susceptibles d'être mis en œuvre en amont du stockage à recueil localisé (dégrilleurs, dessableurs, décanteurs...) pour prévenir son colmatage ;
- ◆ les systèmes de régulation et de limitation de débit mis en œuvre en aval des ouvrages de stockage à restitution localisée vers un exutoire ;
- ◆ d'autres fournitures telles que les cloisons (ouvrage en pente), événements (ouvrage à surface de recueil non perméable), systèmes anti-racines, etc.

## ■ CONCLUSION

Le fascicule 70 - Titre II du CCTG (2003), consacré aux ouvrages de recueil, stockage et restitution des eaux pluviales, constitue désormais un guide pour

aider les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre à élaborer leurs marchés de travaux, en complément des guides techniques déjà disponibles. Les ouvrages, qui participent à une gestion à la source des eaux pluviales, peuvent être conçus de différentes manières selon :

- ◆ le mode de recueil des eaux : diffus au travers une revêtement perméable ou par ruissellement sur les surfaces adjacentes, ou localisé par des équipements traditionnels ;
- ◆ le mode de restitution des eaux pluviales : par infiltration dans le sol support (ouvrage d'infiltration) ou par restitution à débit régulé vers un exutoire naturel ou artificiel (ouvrage de rétention). Leur réalisation requiert un soin particulier en vue de prévenir le colmatage des matériaux de stockage poreux, des matériaux de surface perméable, de la surface d'infiltration dans le sol support. Ces ouvrages constituent un élément de réponse pour une gestion intégrée des eaux pluviales dans les aménagements urbains ou interurbains, que des espaces publics adaptés à la gestion des écoulements superficiels lors des événements exceptionnels doivent venir compléter.

## ■ RÉFÉRENCES

Bulletin officiel - Fascicule spécial n° 2003-10 - Novembre 2003. Marchés publics de travaux. Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 70 - Ouvrages d'assainissement - Titre I - Les réseaux - Titre II - Ouvrages de recueil, de stockage et de restitution des eaux pluviales. Certu, MEDD, 2003, La ville et son assainissement : principe, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau.

Les réalisations illustrant l'article sont extraites des présentations suivantes, réalisées lors de la journée technique "Retenir la pluie : des techniques alternatives pour une gestion intégrée des eaux pluviales", organisée par le CETE de l'Est à Nancy le 24 novembre 2005 (partenaires : LCPC, Communauté Urbaine du Grand Nancy et GEMCEA) :

- ◆ Le titre II du fascicule 70 du CCTG : un référentiel pour l'élaboration des marchés de travaux, N. Le Nouveau - CETE de l'Est.

Une nouvelle approche pour les études d'aménagement : l'exemple de Bordeaux Technopolis. J.-D. Balades, CETE du Sud-Ouest ;

- ◆ Exemples de techniques alternatives mises en œuvre sur l'agglomération nancéienne. L. Dalaine, M. Febrey, B. De Belly, Communauté Urbaine du Grand Nancy ;

- ◆ Rénovation de la cité Bellevue à Creutzwald (57) : conception de chaussées à structure-réservoir et de bassins en structure alvéolaire ultra-légère. A. Gomez, R. Wagner, CETE de l'Est ;

- ◆ Aménagement de la salle socioculturelle à Pont-

à-Mousson : prise en compte de l'inondabilité et intégration de noues enherbées. J. Ramos-Ibanez, architecte

L'ensemble des présentations de cette journée technique est consultable sur le site internet du CETE de l'Est.

**Références sites internet :**

- [www.cete-est.equipement.gouv.fr](http://www.cete-est.equipement.gouv.fr)
- [www.adopta.free.fr](http://www.adopta.free.fr)
- [www.graie.org](http://www.graie.org)
- [www.daywater.enpc.fr/www.daywater.org](http://www.daywater.enpc.fr/www.daywater.org)

**ABSTRACT**

**Integrated rainwater management. Section 70-II of the "CCTG" General Technical Specifications devoted to structures for the collection, storage and retrieval of rainwater**

*N. Le Nouveau, S. Vigneron, J.-D. Balades*

The traditional underground drainage network design has largely shown its limits : aggravation of the risks of flooding, deterioration of water resources and increased expenditure incumbent on local government. Integrated rainwater management in development projects therefore increasingly involves the implementation of alternative solutions. That is why, when revising section 70 of the "CCTG", a new title has been introduced, Title II devoted to structures for the collection, storage and retrieval of rainwater.

The structures in question enable rainwater to be retained temporarily before being restored to the receiving environment, either by infiltration or via an underground or surface network. Title II accordingly applies to the construction of retention basins, ditches and shallow channels, trenches and seepage pits, and pavements with reservoir structure. A guide for voluntary application, it is designed to serve as a reference for clients and project managers in drawing up works contracts.

After a reminder of the principles of integrated rainwater management, Title II is presented : reasons for it, its scope of application, its structure, its special features, and properties of the materials employed. The paper is illustrated by examples presented during the technical seminar on "Retaining rain : alternative techniques for integrated rainwater management", organised by CETE de l'Est (24 November 2005, Nancy).

**RESUMEN ESPAÑOL**

**Gestión integrada de las aguas pluviales. Fascículo nº 70-II del CCTG dedicado a las estructuras de captación, almacenamiento y vertido de las aguas pluviales**

*N. Le Nouveau, S. Vigneron y J.-D. Balades*

El establecimiento tradicional del concepto de saneamiento mediante redes enterradas ha demostrado ampliamente sus límites : agravación de los riesgos de avenidas, degradación de los recursos hídricos e incremento de los gastos que incumben a las corporaciones públicas. Por consiguiente, la gestión integrada de las aguas pluviales en las ordenaciones recurre cada vez más a la puesta en aplicación de soluciones alternativas. Motivo por el cual, durante la revisión del fascículo 70 del CCTG, se introdujo un nuevo título, el título II consagrado a las estructuras de captación, de almacenamiento y de vertido de las aguas pluviales.

Las estructuras interesadas permiten la retención temporal de las aguas pluviales antes de su vertido al medio receptor, ya sea por infiltración, o bien por mediación de una red enterrada o superficial. El título II se aplica de este modo para la ejecución de los depósitos de retención, de las cunetas y canalones, de las zanjas y pozos de infiltración, de los firmes de estructura depósito. Manual de aplicación voluntario, tiene vocación para constituir una referencia para las empresas responsables de las obras y sus empresas contratistas en la elaboración de los contratos de trabajos. Después de recordar los principios de gestión integrada de las aguas pluviales, se presenta el título II : sus motivaciones, su campo de aplicación, su estructura, sus especificidades, las características de los materiales implementados. En este artículo figuran diversos ejemplos presentados con motivo de la jornada técnica "Almacenar la lluvia : diversas técnicas alternativas para una gestión integrada de las aguas pluviales" organizada por el CETE del Este (24 de noviembre de 2005, Nancy).

# Développement durable

## L'exemple d'Eiffage Travaux

**La prise en compte du concept de développement durable par Eiffage Travaux Publics a provoqué une remise à plat de ses activités. Tous les impacts ont été pris en compte. En appliquant une stratégie d'écoconception prenant en compte les produits fabriqués depuis les matières premières servant à les fabriquer jusqu'à leur valorisation en fin de vie en passant par leur procédé de fabrication, l'entreprise a progressivement minimisé ces impacts.**

**La consommation de matières premières non renouvelables a diminué grâce au recyclage des matériaux routiers et à la valorisation de déchets industriels. La dépense d'énergie non renouvelable et de gaz à effet de serre a diminué par le développement d'enrobés froids ou tièdes et la mise au point d'un nouveau procédé de fabrication de liants.**

**Enfin, la mise au point de bioproduits réduit les impacts atmosphériques des chantiers, contribue positivement à l'effet de serre et constitue de nouveaux débouchés agricoles.**

**De nombreux autres axes de R&D subsistent et sont engagés avec comme objectif l'amélioration de la rentabilité du groupe en diminuant les impacts environnementaux et en favorisant le développement d'autres secteurs d'activité souvent en difficulté.**

### ■ INTRODUCTION

Conscient des impacts sanitaires et environnementaux de ses activités, le groupe Eiffage Travaux Publics s'est lancé dès le milieu des années 1990 dans une politique d'écoconception. Dans un premier temps celle-ci s'est essentiellement concentrée sur l'activité routière. A l'issue d'une réflexion approfondie cela s'est traduit par une identification et une hiérarchisation des risques.

Il est couramment admis que les activités du groupe peuvent être divisées en deux catégories :

- ◆ les chantiers ;
- ◆ les productions industrielles.

### ■ LES CHANTIERS

Sur chantier les accidents les plus graves sont généralement dus à une mauvaise coordination ou à un non-respect des procédures de sécurité. La diminution de ces accidents passe par la formation des équipes d'application aux techniques ou matériels mais également aux mesures d'hygiène à respecter sur chantier. Ainsi, Eiffage Travaux Publics a mis en place les procédures et les formations nécessaires, relayées dans chaque filiale par des préventeurs sécurité chargés de coller le plus possible au terrain.

Certains risques proviennent cependant des produits mis en œuvre ou utilisés sur ces chantiers. La Recherche et Développement (R&D) s'est intéressée à proposer des alternatives à l'utilisation de solutions à risques.

Certaines concernent à la fois les chantiers et les industries, elles seront traitées plus avant dans la partie productions industrielles, d'autres sont spécifiquement liées aux risques sanitaires et environnementaux sur chantiers.

#### Nettoyage

Le premier exemple concerne le nettoyage des matériels souillés de bitume voire des mains des opérateurs. Pendant longtemps, des solvants comme les fuels ou le gasoil étaient utilisés. Il en résultait une exposition aux vapeurs de ces produits aujourd'hui considérés comme dangereux pour la santé. Cette exposition étant cutanée ou respiratoire, le problème a été étudié par les services régionaux et une solution a été testée, tout d'abord en région Rhône-Alpes.

Il s'agit d'utiliser une huile végétale ou, pour dimi-

nuer les risques d'allergies, d'esters méthyliques de ces huiles. Utilisés aussi bien pour le nettoyage des mains, des petits matériels, ou des engins de chantiers, ces produits sont de plus en plus utilisés dans cette application.

La généralisation à l'ensemble du groupe est décidée.

#### Emulsifiants

L'utilisation d'émulsions aqueuses de bitume permet de travailler sur chantier à une température proche de celle ambiante au lieu de 160 °C avec les liants anhydres. Ceci permet une diminution des consommations d'énergie et une amélioration des conditions de travail des équipes d'application. L'inconvénient majeur à l'utilisation de ces émulsions réside dans l'utilisation quasi-systématique de polyamines ou d'amidoamines grasses chlorhydratées qui sont très toxiques pour les organismes aquatiques et non biodégradables. En usage normal, ces tensioactifs sont neutralisés au contact du sol qui les fixe de façon irréversible.

Des déversements accidentels peuvent toutefois apparaître lors d'une mauvaise manipulation ou de fortes précipitations avant rupture de l'émulsion. Les milieux naturels voisins des chantiers peuvent alors être durablement pollués.

L'application du principe de précaution a poussé la Direction R&D d'Eiffage Travaux Publics à chercher une alternative techniquement équivalente aux produits commerciaux, mais moins dangereuse pour l'environnement. Un tel produit n'étant pas disponible sur le marché, notamment pour les applications en répandage qui constituent la majeure partie du marché, Eiffage Travaux Publics a décidé d'étudier la synthèse d'un tel produit. Dans le cadre d'une thèse, fruit du partenariat d'Eiffage Travaux Publics avec Onidol (organisme professionnel pour la valorisation des oléagineux), l'Ecole nationale supérieure de Chimie de Rennes, la société DTA (société conseil en tensio-actifs) et cofinancée par Agrice (groupement d'intérêt scientifique géré par l'Ademe dont le but est la valorisation non alimentaire des produits d'origine agricole), un cahier des charges a été défini. Ce tensioactif devait bien évidemment être capable d'émulsionner le bitume, être issu de matières premières renouvelables, biodégradables et être obtenu par un procédé de synthèse le plus propre possible.

A l'issue de la thèse, une famille de produits a été identifiée comme pertinente, c'est-à-dire que les émulsions de bitume obtenues présentent les

# et entreprise routière Publics



**Photos 1 et 2**  
Oléagineux  
et betteraves  
servent de matières  
premières

*Oil seeds  
and beetroot  
are used  
as raw materials*



mêmes caractéristiques que celles produites par Eiffage Travaux Publics. Ces tensioactifs sont obtenus par réaction d'un alcool ou d'une amine grasse issu des oléagineux sur la glycérine bétaine. Cette dernière, sous-produit de la filière sucrière, n'est à l'heure actuelle pas valorisée.

Les essais d'écotoxicité sur ces produits montrent qu'ils sont biodégradables. Enfin, le procédé retenu ne fait appel à aucun solvant ni ne nécessite de purification intermédiaire. Aucune purification finale n'est par ailleurs techniquement nécessaire pour obtenir les émulsions comme l'a prouvé l'essai industriel réalisé en juillet 2004.

Deux brevets internationaux ont été déposés (photos 1 et 2).

## ■ PRODUCTIONS INDUSTRIELLES

Le cas des installations industrielles, c'est-à-dire des carrières postes d'enrobage et usines de liants est différent du fait de leur activité et de leur organisation. Les réglementations auxquelles elles sont soumises sont beaucoup plus nombreuses et



**Photo 3**  
Des taux de recyclage élevés  
grâce à un poste à double tambour

*High recycling rates  
using a double-drum station*

nécessitent une organisation dédiée à ces problèmes environnementaux. Eiffage Travaux Publics désirent aller au-delà d'un simple contrôle de conformité réglementaire, a décidé la mise en place dans chaque unité d'un système de gestion environnementale conforme au référentiel ISO 14001.

Cette politique implique une amélioration permanente qui trouve son prolongement dans la stratégie d'écoconception mise en place.

Chaque type d'installation a ses propres impacts. Chacun a, par conséquent, été traité individuellement.

## Carrières

L'extraction de granulats des carrières a, principalement, des impacts en terme de poussières, de bruit et, d'un point de vue sanitaire, de silicozes. La plupart des carrières d'Eiffage Travaux Publics ont actuellement été équipées des matériels nécessaires afin de limiter ces nuisances et d'améliorer la perception sociétale de cette activité. Ceci explique la difficulté à ouvrir de nouveaux sites ou à prolonger l'activité des sites existants. Le coût du traitement de réhabilitation des carrières en fin d'exploitation augmente également considérablement.

## Recyclage

Le recyclage apparaît comme une bonne alternative car il permet d'économiser des matériaux et par conséquent de diminuer l'extraction des matières premières non renouvelables. Eiffage Travaux Publics a développé un certain nombre de techniques de recyclages.

Le procédé de Recyclage à fort taux (RAFT), développé dans les années 1990 permet, grâce à un poste d'enrobage à double tambour d'atteindre des taux de recyclage de 60 % dans les enrobés (photo 3).

## Jean-Pierre Antoine

DIRECTION TECHNIQUE  
Eiffage Travaux Publics



## Bernard Héritier

DIRECTION TECHNIQUE  
Eiffage Travaux Publics



## Jérôme Marcilloux

DIRECTION TECHNIQUE  
Eiffage Travaux Publics





**Photo 4**  
Composé de 100 % d'agrégats d'enrobé, Biochape est un procédé d'enrobé à froid

*Biochape, consisting of 100 % bituminous mix aggregates, is a cold mix asphalt process*



**Photos 5, 6 et 7**  
Les enrobés tièdes peuvent être produits par tous les types de postes

*Warm asphalts can be produced by all types of stations*



Le procédé Biochape permet d'obtenir un enrobé à froid utilisable en reprofilage et/ou couche de roulement sur chaussée à faible ou moyen trafic, en utilisant 100 % d'agrégats d'enrobés. Du bitume d'apport est amené au moyen d'une émulsion fluxée par un ester méthylique d'huile végétale ; ce dernier permet de régénérer le bitume oxydé et ainsi de limiter fortement la quantité de bitume utilisée (photo 4).

**Valorisation de coproduits industriels**

La valorisation de déchets et/ou de coproduits industriels permet également l'économie de l'extraction de granulats. L'entreprise a ainsi consacré d'importants travaux de R&D, par exemple dans le domaine des laitiers de hauts fourneaux ; en particulier pour la compréhension et la maîtrise des phénomènes de gonflement. Ainsi, Eiffage Travaux Publics s'est engagée à écouler plusieurs centaines de milliers de tonnes de ce type de matériaux.

**Postes d'enrobage**

Les principaux impacts des postes d'enrobage résident dans les émanations de gaz libérés lors du séchage des granulats pour l'enrobage à 160 °C.

**Enrobés à froid**

Afin de supprimer ces dégagements, Eiffage Travaux Publics comme pratiquement toute la profession s'est intéressée et a développé des techniques

d'enrobage à froid c'est-à-dire, à l'émulsion de bitume. Ces techniques fonctionnent très bien pour les graves émulsions ou les enrobés coulés à froid. Les enrobés à froid autrement appelés béton bitumineux à froid sont moins bien maîtrisés. Malgré des avancées significatives (brevet EP 1.275.698), force est d'admettre qu'à l'heure actuelle aucune solution technique ne permet d'obtenir des résultats entièrement satisfaisants. Une des raisons identifiées est la difficulté à évacuer l'eau que l'on introduit dans l'enrobé et qui y est piégée après compactage. Les recherches sur le sujet continuent mais Eiffage Travaux Publics a initié un autre projet.

### **Enrobés tièdes**

Les Enrobés basse température (EBT) constituent une alternative intéressante. Eiffage Travaux Publics a développé ce procédé qui permet de fabriquer l'enrobé à une température de 90-100 °C au lieu de 160-180 °C. Ceci est dû à un séchage partiel des granulats et à l'utilisation de l'eau résiduelle pour faire mousser le bitume. Cette mousse formée in situ permet d'obtenir un bon enrobage ainsi qu'une maniabilité équivalente aux enrobés classiques. Outre l'amélioration des conditions de travail des équipes d'application, ce procédé permet de diviser par deux, d'une part la quantité de combustible, d'autre part la quantité de gaz à effet de serre libérés lors de la fabrication d'une tonne d'enrobés, par ailleurs techniquement équivalents aux produits classiques. De façon plus surprenante, un nettoyage des bennes des camions et engins de chantier a été constaté après mise en œuvre des produits. L'économie de produits de nettoyage qui en résulte rend également le procédé environnemental intéressant. Deux brevets ont été déposés relativement à ce procédé (photos 5, 6 et 7).

### **Usines de liant**

Dans les usines de liant, outre les problèmes de process de fabrication, se posent les risques liés aux substances utilisées et à leur dangerosité. L'étude des dangers liés à ces substances a permis d'identifier deux types de produit dangereux.

### **Bioproduits**

Nous avons déjà parlé des tensioactifs utilisés pour l'émulsification du bitume mais les fluxants utilisés pour fabriquer les liants de répandage ou d'enrobage pour enrobés stockables sont dangereux pour l'environnement, volatils, ils contribuent à la pollution atmosphérique et nuisent aux conditions de travail des équipes d'application. En ce qui concerne les usines, leur point éclair inférieur à 80 °C pose problème quand ils interviennent dans des formulations fabriquées, stockées, mises en œuvre au-dessus de 160 °C. Les risques d'explosion sont

importants et en France, plusieurs cuves de stockage ont déjà été endommagées. La solution alternative développée par Eiffage Travaux Publics consiste à utiliser des esters méthyliques d'huile végétale dont le point éclair est supérieur à 180 °C, évitant les risques pour les installations. Leur faible volatilité permet également de limiter la pollution atmosphérique. Les végétaux croissant par photosynthèse, ces produits sont des pièges à CO<sub>2</sub> et contribuent positivement à l'effet de serre.

Biodégradables et renouvelables, ils constituent un débouché non alimentaire pour les agriculteurs. Cette application représente déjà plusieurs milliers d'hectare d'oléagineux. Le brevet (FR 2 768 150) protège cette invention par ailleurs déjà décrite dans la page 69 du n° 799 de juillet-août 2003 de la revue *Travaux*.



**Photo 8**  
Les mélanges maîtres SBS/bitume obtenus par extrusion doublent les cadences

*The SBS/bitumen master mixes obtained by extrusion double the work rate*

### **Procédé de fabrication**

La fabrication des liants bitumineux et notamment des bitumes modifiés par des polymères est assurée chez Eiffage Travaux Publics par des usines qui ont été conçues et dimensionnées pour certaines cadences. Ces dernières évoluent en fonction de la proximité de travaux importants et du fait de l'augmentation générale des tonnages. Un accroissement des capacités de production de ces sites est recherché. Plutôt qu'un simple agrandissement des usines existantes avec en corollaire l'augmentation des consommations de combustibles et de forts investissements, Eiffage Travaux Publics a mis au point et breveté un nouveau procédé de fabrication. Celui-ci fait appel à des mélanges maîtres de bitume et de SBS. Cela permet de valoriser un procédé de stabilisation breveté (FR 2617491) qui permet d'optimiser la quantité et la qualité du polymère dispersé, tout en divisant par trois la quantité de réticulant soufré nécessaire. Cela permet de diminuer considérablement les quantités d'H<sub>2</sub>S libérées (photo 8).

Par ailleurs, la redispersion de ces mélanges maîtres dans du bitume afin d'obtenir les liants de la gamme Appia permet de doubler les cadences de pro-

duction de ces dernières. Une partie de l'énergie fossile utilisée dans les usines est par conséquent remplacée par de l'énergie électrique peu contributive de l'effet de serre consommée lors de la fabrication des mélanges maîtres par extrusion réactive. Ce procédé est en phase de pré-industrialisation.

## ■ CONCLUSIONS

La prise en compte du concept de développement durable par Eiffage Travaux Publics a provoqué une remise à plat de ses activités. Tous les impacts ont été pris en compte. En appliquant une stratégie d'écoconception prenant en compte les produits fabriqués depuis les matières premières servant à les fabriquer jusqu'à leur valorisation en fin de vie en passant par leur procédé de fabrication, l'entreprise a progressivement minimisé ces impacts. La consommation de matières premières non renouvelables a diminué grâce au recyclage des matériaux routiers et à la valorisation de déchets industriels. La dépense d'énergie non renouvelable et de gaz à effet de serre a diminué par le développement d'enrobés froids ou tièdes et la mise au point d'un nouveau procédé de fabrication de liants. Enfin, la mise au point de bioproduits réduit les impacts atmosphériques des chantiers, contribue positivement à l'effet de serre et constitue de nouveaux débouchés agricoles.

De nombreux autres axes de R&D subsistent et sont engagés avec comme objectif l'amélioration de la rentabilité du groupe en diminuant les impacts environnementaux et en favorisant le développement d'autres secteurs d'activité souvent en difficulté.

## ABSTRACT

### Sustainable development for a highway engineering contractor. The example of Eiffage Travaux Publics

*J.-P. Antoine, B. Héritier, J. Marcilloux*

To allow for the concept of sustainable development, Eiffage Travaux Publics has completely overhauled its operations. All impacts have been taken into account. By applying a strategy of eco-design considering the manufactured products from the raw materials used to manufacture them through to their end-of-life recycling, and including their manufacturing process, the company has gradually minimised these impacts. Consumption of non-renewable raw materials has diminished as a result of recycling of highway materials and the recycling of industrial wastes. The expense of non-renewable energy and greenhouse gases has diminished through the development of cold and warm mix asphalts and a new binder manufacturing process.

Finally, the development of bioproducts reduces the atmospheric impacts of projects, makes a positive contribution to the greenhouse effect and represents new markets for agricultural produce. There are still numerous other areas of R&D in which work is under way with the goal of improving the group's profitability while reducing environmental impacts and encouraging the development of other sectors of activity that are often in difficulty.

## RESUMEN ESPAÑOL

### Desarrollo sostenible y empresas viales. El ejemplo de Eiffage Travaux Publics

*J.-P. Antoine, B. Héritier y J. Marcilloux*

La integración del concepto de desarrollo sostenible por parte de Eiffage Travaux Publics ha vuelto a poner en tela de juicio sus actividades. Todos los impactos fueron tenidos en cuenta. Al aplicar una estrategia de ecodiseño que integra los productos fabricados desde las materias primas que sirven para su fabricación hasta su valorización en fin de vida, y pasando por su procedimiento de fabricación, la empresa ha minimizado progresivamente estos impactos.

El consumo de materias primas no renovables ha disminuido por medio del reciclado de los materiales viales y la valorización de los residuos industriales. Los gastos de energía no renovable y de gas de efecto invernadero se han reducido mediante el desarrollo de aglomerados fríos o semicalientes y la elaboración de un nuevo procedimiento de fabricación de los ligantes. Finalmente, la puesta a punto de bioproductos permite disminuir los impactos atmosféricos derivados de las obras, contribuye positivamente en la reducción del efecto invernadero y representa nuevas oportunidades agrícolas. Subsisten numerosos ejes de I + D que se están llevando a cabo con un objetivo de mejora de la rentabilidad de otros sectores de actividad frecuentemente en dificultad.

# "Home vert"

## Vers une pratique conforme à un développement durable

### ■ LE CONTEXTE

Le développement durable est une notion qui est interprétée de manière parfois contrastée. Certains professionnels considèrent ce concept flou car il englobe trop de dimensions voire même paradoxal car tout développement serait incompatible avec l'idée de "soutenabilité". D'autres au contraire se contentent d'un élargissement de la question environnementale en intégrant des préoccupations de préservation de la planète. GTM Construction se situe dans une perspective différente, celle de la responsabilité sociétale en phase avec l'ensemble du groupe Vinci.

S'engager dans une démarche de développement durable c'est réfléchir sur la contribution de l'entreprise vis-à-vis de l'environnement mais aussi avoir le souci des hommes au travail.

GTM Construction, dès son engagement à faire reconnaître ses efforts pour prendre en compte l'environnement en 1998 et accéder à la certification ISO 14001, a voulu conjuguer cette volonté avec celle déployée en faveur de la qualité (ISO 9001) et de la sécurité (BS 8800). Cette triple certification acquise en 2000 qui suppose un souci quotidien de rigueur et qui demande à être chaque jour remis en chantier s'accompagne d'actions de longue haleine sur des sujets jugés jusqu'à présent comme hors du champ des préoccupations naturelles de l'entreprise.

La mise en œuvre des "Home verts" est une illustration, à la fois des avancées résultant d'une vision de développement durable, mais aussi des contraintes nouvelles qui en découlent.

### ■ LA DÉMARCHE

La construction est par définition une activité foraine qui suppose des installations de chantier accueillant le personnel qui réalise tous ces travaux. Pour GTM Construction l'inventaire des bungalows de chantier s'élève à plus de trois mille unités et concerne plus de huit mille personnes.

L'intérêt de ce questionnement réside dans deux constats. Les cantonnements de chantier ne relèvent d'aucune réglementation quant à leur utilisation de l'énergie. Mais par ailleurs les forces vives de l'entreprise vivent dans ces lieux et ce pour toute carrière professionnelle.

Or chacun connaît l'inconfort habituel de ces ins-

tallations qui se traduit par des variations brutales de température en hiver ou en été souvent acceptées comme caractéristiques d'une vie nomade confrontée aux intempéries.

C'est à partir de ce questionnement sur un équipement spécifique de l'entreprise engagé au titre d'une réflexion sur le développement durable que la démarche "Home vert" a été déployée avec l'aide de l'Ademe Ile-de-France.



Le site pilote  
The pilot site

Lors d'une étude préparatoire il est apparu tout d'abord que les consommations énergétiques des cantonnements représentaient plus de 60 % des consommations des chantiers de construction. Il est apparu également qu'au plan technique les performances des bungalows pouvaient être très sensiblement améliorées.

En fait une question était posée. Est-il possible de concilier meilleur confort au travail, contribution aux économies d'énergie tout en respectant un équilibre économique ? Le périmètre de ce questionnement étant par ailleurs au plan national équivalent à une "petite ville" c'est-à-dire un vrai enjeu citoyen. Pour répondre à la question posée il a donc été décidé de réaliser un site pilote et d'en tester des résultats.

Ce travail a été mené en associant dans une action de partenariat la direction du matériel, le constructeur de bungalows JP et la direction de projet d'un site parisien (groupement GTM Bâtiment, Lainé De-lau).

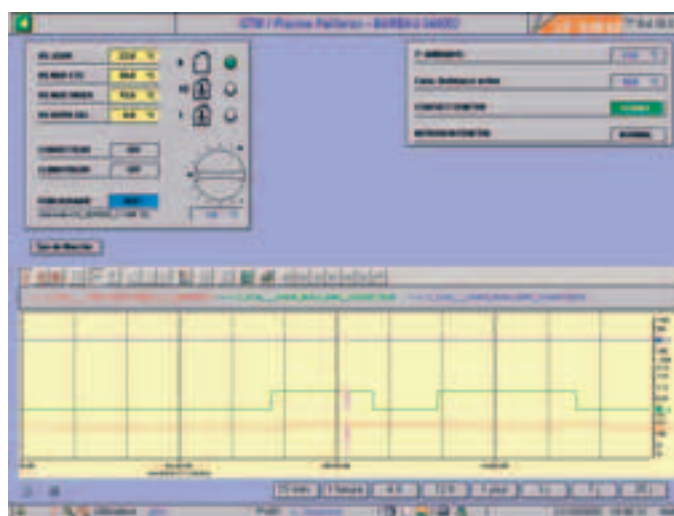




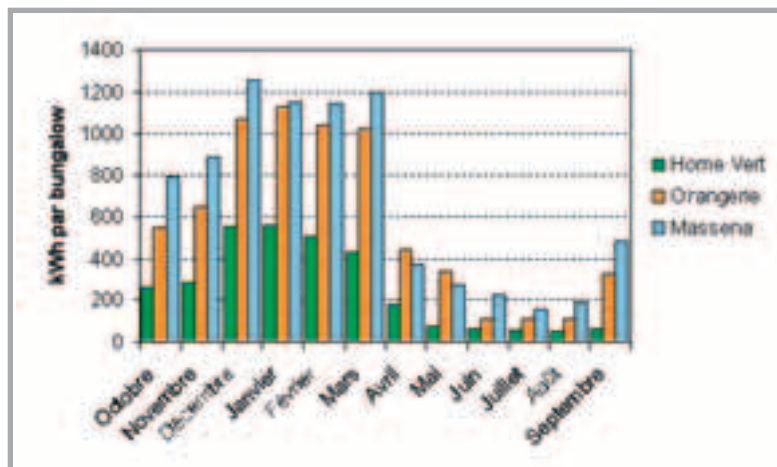
**Nouvelle forme des ouvrants**  
*New shape of opening panels*

**L'interface utilisateur de la GTB (gestion technique modulaire)**

*The user interface of the BMS (modular building management system)*



**Résultats des mesures**  
*Measurement results*



Le chantier de la piscine Pailleron a été équipé de nouveaux bungalows dont les performances thermiques ont été fortement accrues (surisolation, vitrages, ponts linéiques traités). Sont concernés les bureaux, les réfectoires et les vestiaires. Pendant un an (2005) des relevés de données ont été effectués et confirment, grâce à une série de bungalows témoins également présents, que l'économie était de plus de 50 % tout en offrant des conditions d'usage plus favorable (enquête de satisfaction).

Ce résultat très constructif s'accompagne de deux corollaires.

Le gain en énergie nécessite non seulement une amélioration des performances nominales des cantonnements mais aussi une gestion technique modulaire (GTB) de façon à responsabiliser les utilisateurs (détecteur de présence, programmeur à distance, contacteur de fenêtre...). Il ne sert en effet à rien de chauffer une pièce tout en ouvrant les fenêtres. Ce qui a conduit aussi à réfléchir sur les modes de ventilation.

Au plan économique il s'avère que l'amortissement technique est sensiblement équivalent au gain sur la consommation énergétique des bungalows.

Reste un questionnement. Comment décider et planifier la modification du parc qui souvent est loué à des fournisseurs habitués à des conditions de prix et à des investissements tirés par le bas compte tenu de l'absence de performances imposées ?

## LES ENSEIGNEMENTS

Il apparaît ainsi que l'engagement de l'entreprise envers le développement durable n'est pas neutre et qu'il nécessite une modification assez sensible des comportements puisque son intérêt ne se réalise qu'au prix d'un horizon élargi des choix. Ainsi GTM Construction, sur ce point, développe un contrat particulier de louage.

En fait le développement durable peut se définir comme un usage responsable des ressources qui se traduit à la fois par un souci de délivrer un produit performant, la recherche d'une minimisation des impacts consécutifs de cette activité et la volonté de jouer un rôle accru comme un corps social intégré dans la vie collective de la cité.

Dans cette perspective, le plan de travail de GTM Construction s'articule autour de plusieurs ateliers : comment fondre les différents systèmes de management (qualité, environnement, sécurité) dans un seul outil de management intégré ; comment conjuguer avec les donneurs d'ordres un partenariat tirant avantage d'un traitement en commun des problématiques "développement durable" ; comment enfin déployer des procédures de dialogue avec les parties prenantes des projets qui ne relèvent pourtant pas de relations contractuelles (concertation avec les instances locales).

Ce cheminement est exigeant mais il constitue aussi un projet fédérateur.



# Traitement de l'eau, des déchets, des fumées et des boues : quatre métiers catalyseurs d'activité chez Sogea Construction

À côté de ses métiers historiques, bâtiment, génie civil, hydraulique, Sogea Construction (groupe VINCI) s'est dotée de compétences – qu'elle développe – en traitement de l'eau, des déchets, des fumées et des boues, qui lui permettent de proposer des offres intégrées génie civil - process et de satisfaire aux exigences de la loi dans son activité de dragage-curage. Élargissant l'éventail de solutions techniques disponibles, ces offres globales suscitent l'intérêt des donneurs d'ordres et connaissent un fort développement.

Partout présente dans l'Hexagone au travers de ses directions régionales et de ses agences, Sogea Construction (groupe VINCI) est en prise directe avec les projets d'équipements ou d'aménagements publics ou privés ayant trait à l'environnement. Pour qu'elle y joue un rôle, ses compétences en génie civil et en hydraulique ne sont pas son unique atout. L'entreprise peut en effet s'appuyer sur une expérience des métiers de services acquise dans les années 1980 et surtout sur les compétences qu'elle a vigoureusement réinvesties au seuil des années 2000 en traitement de l'eau, traitement des déchets et des fumées, traitement des boues.

Mis en œuvre au travers de trois pôles : la direction du traitement de l'eau, VINCI Environnement-Speic et Extract, ces savoir-faire constamment remis à niveau et étoffés de procédés innovants lui permettent d'intervenir en appui du réseau dans l'ingénierie et la conception des projets pour élargir le choix des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. Symétriquement, cette maîtrise des process lui ouvre en aval de la construction des marchés de maintenance et de mise à niveau des installations, et d'exploitation pour les usines d'eau. Sur un marché rendu durablement porteur par le rehaussement des exigences réglementaires et une sensibilité toujours plus grande aux enjeux environnementaux, cette offre soutenue par l'action commerciale du réseau de Sogea Construction auprès des donneurs d'ordres porte ses fruits et a suscité un vigoureux développement de l'activité sur les derniers exercices.

## ■ TRAITEMENT DE L'EAU : UNE OFFRE UNIQUE ET UN CHOIX ÉLARGI DE PROCÉDÉS

"Le positionnement de Sogea Construction en traitement de l'eau est unique, assure Didier Haegel, le directeur du traitement de l'eau de l'entreprise, car, par tradition, l'offre des opérateurs sur ce marché reste limitée aux process."

### R3F : LES PREMIÈRES RÉFÉRENCES EN FRANCE

Choisi pour équiper les Step de Soustons, de la communauté de communes des Trois-Frontières et le SIVOM de la vallée d'Arves, le procédé de traitement biologique R3F développé sur la base d'une licence du Norvégien Anox Kaldnes est adapté à tout type d'effluent et équipe plus de 350 usines dans le monde (Bergame en Italie, Wellington en Nouvelle-Zélande, Lillehammer en Norvège, etc.) ayant une capacité comprise entre 50 000 et 300 000 équ.-hab. Basé sur le principe des technologies à biofilm, il présente un haut rendement et il est adapté au traitement du carbone, de l'azote et du phosphore. Il peut être utilisé seul, "en hybride", c'est-à-dire en combinaison avec une boue activée conventionnelle, ou comme prétraitement à la boue activée. Compact, robuste, simple à utiliser, il permet la conversion de stations biologiques conventionnelles et convient à leur extension ou à leur "dopage" et concurrence directement les procédés de biofiltration couramment utilisés en France.

À l'inverse, Sogea Construction propose des projets en conception-construction où l'interpénétration étroite du génie civil et des process est prise en compte dès les premières études, ce qui présente nombre d'avantages en termes de dimensionnement des ouvrages, de maîtrise globale de l'exécution et de simplicité des relations puisque le maître d'ouvrage n'a affaire qu'à un seul interlocuteur. Sur un plan d'organisation interne, les compétences de l'échelon central (ingénierie, achats, assistance à la mise en service, assistance technique, après-vente, etc.) sont mises à contribution pour chaque projet par les centres de profit qui traitent les offres. Dans chaque direction régionale, des équipes spécialisées sont plus particulièrement chargées des questions commerciales et en particulier de faire connaître les procédés innovants et originaux dont Sogea Construction s'est dotée. Pour rivaliser avec les procédés "de pointe" de ses grands concurrents, dont les applications ne concernent du reste qu'une petite fraction du marché, Sogea Construction est en effet allée chercher des solutions développées dans d'autres pays, notamment d'Europe du Nord, qui ont pris une longueur d'avance dans ce domaine.

En 2003, Sogea Construction a ainsi acquis une licence du norvégien Anox Kaldnes (cf. encadré "R3F : les premières références en France") pour le pro-



Station d'épuration de la Communauté de Communes des Trois-Frontières - CC3F - 120 000 équivalents-habitants avec procédé R3F

Sewage plant of the Communauté de communes des Trois Frontières - CC3F, 120,000 inhabitant-equivalents, with the R3F process

**Didier Haegel**  
DIRECTEUR DU TRAITEMENT  
DE L'EAU  
Sogea Construction

**Alain Mendiboure**  
DIRECTEUR  
VINCI Environnement

**Fabien Genest**  
DIRECTEUR COMMERCIAL  
VINCI Environnement

**Rodolphe Benaddou**  
DIRECTEUR  
Extract

**MEMBRANES MEMCOR : UNE ULTRAFILTRATION DE POINTE**

Exclusivement distribuées par Sogea Construction en France, les membranes Memcor ont été mises au point par une filiale australienne du groupe US Filter et sont la clé du système de traitement R-MeS. Modulaire, ce système associe un bassin biologique de taille réduite (jusqu'à 75 % par rapport aux installations classiques) et un module membranaire installé dans un réacteur séparé et est adapté au traitement du carbone, à la nitrification, à la dénitrification ou à la déphosphatation. La qualité des eaux traitées au moyen de ce procédé réserve son utilisation aux zones sensibles (eaux de baignade, zones d'irrigation) où de hauts rendements d'épuration et de désinfection sont nécessaires. Sous la forme "pack", tout en un et totalement automatisée, le procédé offre des capacités de traitement de 300 à 2 000 équ.-hab. et de 2 000 à 10 000 équ.-hab.



**Rack membranaire - Procédé R-MeS**

**Membrane rack - R-MeS process**



**L'usine de traitement des eaux de Dax (Landes), d'un débit hydraulique de 125 000 équ.-hab., a été construite avec Sogea Sud-Ouest et mise en service en 2005**

**The water treatment plant at Dax (Landes region), with a hydraulic flow rate of 125,000 inhabitant-equivalents, was built with Sogea Sud-Ouest and commissioned in 2005**

Lancée début 2004, l'extension de la station de traitement des eaux de Strasbourg vise, entre autres, à mettre aux normes et à améliorer les performances de sa filière boues. Livré en juin 2005, alors que la livraison finale est prévue pour novembre 2006, ce lot a été exécuté sans interrompre le traitement des boues

*Started in early 2004, the extension of the Strasbourg water treatment plant aims, among other things, at bringing it into line with the standards and improving the performance of its sludge treatment process. Delivered in June 2005, whereas final delivery is scheduled for November 2006, this work section was executed without interrupting sludge treatment*



**PROCÉDÉ OVH : UNE OXYDATION SANS COMBUSTION**

Initialement conçu pour le traitement des effluents industriels et développé par la société suisse Granit, le procédé d'oxydation de boues biologiques par voie humide OVH est une solution alternative à l'incinération qui ne nécessite pas d'installation classée. Elle équipe actuellement la Papeterie du Léman et la station d'épuration d'Orbe (Suisse). Après avoir été conditionnées (tamisage et épaissement), les boues sont réchauffées (200 à 300 °C) et, sous une pression de 40 à 150 bars, reçoivent un apport d'oxygène au sein d'un réacteur qui est le cœur du process. Les gaz produits sont traités à 100 % et les résidus peuvent être soit utilisés comme matériau de remblai, soit stockés en décharge de classe III.



cédé de traitement biologique des eaux usées R3F (réacteur à flore fixée fluidisée), et un partenariat exclusif a été noué avec une filiale australienne du groupe US Filter pour la distribution de bioréacteurs à membranes Memcor (cf. encadré "Membranes Memcor : une ultrafiltration de pointe). Dans le domaine de l'eau potable, un accord de partenariat a été signé avec la société suisse Membratec pour un procédé d'ultrafiltration n'utilisant pas de produits chimiques, et l'entreprise propose un procédé de traitement des boues d'épuration OVH (oxydation par voie humide), mis au point lui aussi par une société suisse, Granit (cf. encadré "Procédé OVH : une oxydation sans combustion"). Plus récemment, Sogea Construction a encore étoffé sa palette de procédés avec le même souci d'élargir le choix des maîtres d'ouvrage.

*"Nous avons acquis une licence exclusive auprès de la société belge Keppel Seghers pour le procédé Unitank, un traitement biologique SBR (sequence batch reactor) qui est le seul du marché à être "continu" et qui permet de concilier traitement biologique par boues activées conventionnelles, compacité, modularité des ouvrages et facilité d'exploitation",* indique Didier Haegel.

Deux nouveaux accords ont par ailleurs été passés, l'un de représentation exclusive, pour le four à incinération de boues Zérofuel, un four à lit fluidisé considéré comme la technique d'excellence pour l'incinération des boues de stations d'épuration puisqu'il ne nécessite aucun apport d'énergie exogène ; l'autre avec la société Amendor (groupe Pena Environnement) pour une technique de compostage des boues accélérée en tunnel de fermentation. Un procédé de séchage solaire des boues

développé par Sogea Construction, Sogélios, complète cette offre qui, "en matière de destruction des boues, doit être considérée comme très prometteuse", juge Didier Haegel.

### Premiers marchés remportés

Depuis plus d'un an, ce portefeuille de solutions n'en est pas resté au stade des promesses. Le procédé d'ultrafiltration de Membratec a été choisi pour équiper les usines d'eau potable d'Annenasse (Haute-Savoie) et de Baillif, en Guadeloupe, et en 2005 c'est le procédé R3F qui a été retenu, à deux reprises, face à des procédés de biofiltration classiques, pour les Step de Soustons (Landes), une usine de 100 000 équivalents-habitants qui sera réalisée clef en main par Sogea Sud-Ouest, puis, en fin d'année, de la communauté de communes des Trois-Frontières (120 000 équivalents-habitants), dans la région de Mulhouse, une unité qui sera construite avec Sogea Est et Urban. Enfin, tout récemment le Syndicat de la Vallée d'Arves en Savoie a confié à Sogea Rhône-Alpes la construction de sa station d'épuration dont la conception est également basée sur le procédé R3F.

Alors que ces contrats démarraient en 2005, Sogea Construction enregistrait une vingtaine de commandes et suivait une vingtaine de projets de Step ou d'usines d'eau potable, livrant notamment en France les usines de Granville (Manche) et de Dax (Landes), ainsi que l'unité de traitement des boues de l'extension de la Step de Strasbourg, qui sera achevée en 2006. "Notre compétence dépasse le cadre de l'Hexagone, poursuit Didier Haegel : nous apportons le même service aux filiales de VINCI Construction intervenant à l'international. Nous avons ainsi engrangé de beaux succès dans les Caraïbes avec deux contrats d'usines d'eau potable à la Jamaïque – y compris l'exploitation –, en Afrique, avec deux usines d'eau potable au Rwanda et une à Kinshasa (République démocratique du Congo), d'une capacité de production quotidienne de 110 000 m<sup>3</sup>, et d'importantes perspectives se dessinent à la faveur du redéploiement de VINCI Construction à l'international, sur des grandes opérations de type intégré (canalisations, réservoirs, usines de traitement, etc.) en Algérie, au Vietnam, au Moyen-Orient et dans l'arc Caraïbes."

Autre signe de la percée de Sogea Construction dans les métiers de l'eau, la bonne tenue de l'activité exploitation, car tous les contrats qui arrivaient en renouvellement en 2005 – Charleville-Mézières, Bar-sur-Aube, Persan-Beaumont –, ont été reconduits et de nouveaux contrats ont été acquis dont celui de Villeneuve d'Ascq. "Avec 24 contrats représentant 1,2 million d'équivalents-habitants, nous sommes le quatrième acteur du marché, constate Didier Haegel, mais surtout, nous avons pu vérifier que nos offres étaient compétitives, aussi bien techniquement que financiè-



À Strasbourg, Sogea Est et Urban réalisent la partie génie civil de l'extension. Ici, construction du bâtiment de séchage des boues

In Strasbourg, Sogea Est and Urban perform the civil engineering part of the extension work. Here, construction of the sludge drying building

rement, partout où nous étions candidats, et c'est d'excellent augure."

### ■ VINCI ENVIRONNEMENT : UN ENSEMBLIER MULTIFILIÈRE

Créé en 1997 de la fusion des activités traitement des déchets de Sogea Construction, traitement thermique de Tunzini et traitement biologique d'OTV, VINCI Environnement couvre l'ensemble des filières de traitement des déchets, soit la valorisation énergétique (incinération) et la valorisation biologique (compostage et désormais méthanisation), à l'exclusion de la mise en décharge. À ce métier de base s'est ajouté le traitement des fumées, notamment pour les usines d'incinération, et la conception-fourniture d'équipements (filtres à manche, électrofiltres) pour l'industrie avec l'acquisition de la société Speic en 1999 (cf. encadré "VINCI Environnement-Speic : procédés et références").

Si le métier diffère du traitement de l'eau, le schéma d'offre au sein de Sogea Construction reste celui d'un ensemble associant ingénierie de process et conception-réalisation des ouvrages. "Nous répondons à des appels d'offres de groupements de collectivités locales, directement s'il s'agit de construction, ou pour le compte d'un prestataire spécialisé en cas de délégation de service public, indique Alain Mendiboure, le directeur de VINCI Environnement. Dans ces marchés, le process est mandataire. En marché de construction clés en main, la partie génie civil est alors confiée à Sogea Construction en sous-traitance ou en co-traitance. Un point important à souligner est que tous nos chantiers sont faits avec des critères de performances : nous nous engageons sur des quantités de déchets brûlés, de rejets et de réactifs. Il faut donc être sûr de soi, car en cas de dysfonctionnement les pénalités encourues pour perte d'exploitation sont très lourdes, et il ne faut pas oublier que la durée de vie d'un équipement est de 20 ou 30 ans..."

### Répondre à tous les besoins

Selon leur nature, les ordures ménagères ne requièrent pas le même type de traitement. Certaines brûlent, d'autres fermentent, d'autres doivent être

### VINCI ENVIRONNEMENT-SPEIC : PROCÉDÉS ET RÉFÉRENCES

#### Traitement des déchets

- Incinération et valorisation thermique ou énergétique

Procédés : grille refroidie à l'eau; grille à gradins; grille à rouleaux; four tournant rotatif.

- Valorisation biologique

Compostage : procédés accélérés Siloda et BRS.

Fermentation : procédés accélérés Siloda Rac et Ecosilo.

Biométhanisation : procédé Kompogas.

Traitement des boues : procédé Ibisoc.

#### Traitement de l'air

- Traitement des gaz et des fumées

Procédés sec, semi-humide, humide sans rejet liquide, par condensation (brevets Speic), par condensation sans rejet liquide, procédés d'adsorption spécifiques (traitement des dioxines et furannes), traitement des oxydes d'azote (NOx).

- Équipements

Électrofiltres.

Filtres à manches.

#### Références récentes

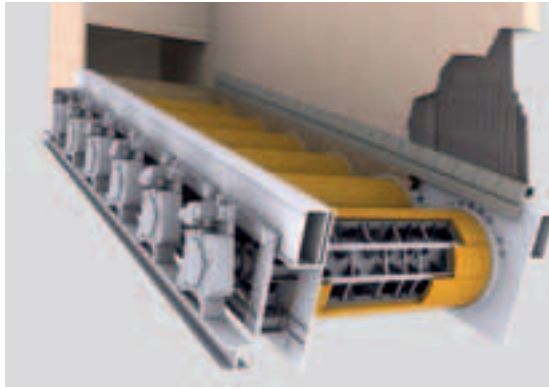
- Ordures ménagères

**Unités de valorisation énergétique** de Carrières-sur-Seine (Yvelines), Pontmain (Mayenne), Annecy (Haute-Savoie), Edmonton (Royaume-Uni), Fort-de-France (Martinique), Bellegarde (Ain), Chambéry (Savoie), Grenoble (Isère).

**Unités de valorisation biologique** de Bapaume (Pas-de-Calais), Carpentras (Vaucluse), Champagne-sur-Oise (Val-d'Oise), Murianette (Isère), Le Robert (Martinique), Menemen (Turquie), Amave (Portugal).

- Déchets industriels

**Unité de valorisation énergétique** de Petkim (Turquie), centre de traitement de déchets industriels de Sandouville (Seine-Maritime).



Spécialement adapté aux déchets ménagers et assimilés, le four à rouleaux est une technologie éprouvée qui compte plus de 300 références dans le monde. Associé à un foyer de type parallèle, le modèle développé par VINCI Environnement permet une combustion parfaite (y compris des imbrûlés gazeux formés au cours de la combustion), une production de NOx (oxydes d'azote) réduite de moitié par rapport aux technologies concurrentes et une robustesse supérieure aux fours traditionnels dits à gradins. Selon les types, il offre une capacité comprise entre 8 et 30 t/h

*Specially adapted for household and similar wastes, the roller hearth furnace is a tried and tested technology employed in over 300 projects worldwide. Combined with a parallel type hearth, the model developed by VINCI Environnement permits perfect combustion (including for the gaseous combustion residues formed during combustion), NOx (nitrogen oxide) production reduced by half by comparison with rival technologies and ruggedness superior to that of the traditional so-called stepped furnaces. Depending on the type, it offers a capacity ranging between 8 and 30 t/h*



Bâti dans un site qui donne tout son sens au mot environnement, le centre de valorisation énergétique d'Andorre-la-Vieille (principauté d'Andorre), qui sera mis en service en juin 2006, aura une capacité de traitement de 8 t/h (four à rouleaux et foyer parallèle) et sera équipé d'un traitement des fumées (procédé sec avec filtre à manches), traitement des dioxines par charbon actif, traitement des oxydes d'azote par voie SNC, procédé BioNOx

*Built in a remarkable landscape which gives its full meaning to the word 'environment', the energy recovery centre of Andorre-La-Vieille (Principality of Andorra), which will be commissioned in June 2006, will have a treatment capacity of 8 t/h (parallel roller hearth furnace). It will be equipped with systems for fume treatment (dry process with bag filter), dioxin treatment by activated carbon, nitrogen oxide treatment by SNC path, BioNOx process*

► mises en décharge. Le point fort de VINCI Environnement est de disposer de procédés complémentaires permettant de répondre aux différents besoins. Ils ont récemment été proposés à Marseille et à Clermont-Ferrand et le sont actuellement sur la nouvelle usine d'Andorre-La-Vieille, qui sera mise en service en juin 2006.

"En incinération, explique Alain Mendiboure, nous disposons de procédés traditionnels que nous avons

rendu plus performants, ce qui nous permet d'intervenir dans la remise aux normes des installations, qui représente actuellement une part importante du marché, et nous ouvre des portes à l'international. Outre-Manche, en 2004-2005, nous avons ainsi remis à niveau l'unité de valorisation énergétique de déchets d'Edmonton, près de Londres, équipée de cinq fours à rouleaux de 14,5 t/h. En traitement biologique, à côté des procédés traditionnels de compostage, nous avons acquis en Suisse la licence du procédé de méthanisation Kompogas, que nous avons l'ambition de diffuser en France où cette méthode reste encore trop peu connue. Après avoir construit avec Sogea Construction une unité d'une capacité annuelle de 20 000 t sur la commune du Robert (Martinique) en 2005, nous nous apprêtons à mettre en chantier avec Sogea Sud une unité de 200 000 t à Montpellier, qui devrait marquer le démarrage du procédé en France" (cf. encadré "Montpellier : la plus importante unité de méthanisation construite en France").

L'apport de Speic, qui permet de proposer des offres intégrant le traitement des fumées, a été un atout supplémentaire pour le pôle avec l'entrée en vigueur en décembre 2005 des normes européennes de rejet des fumées dans l'atmosphère et l'obligation de renforcer le traitement des fumées d'incinération. Pour Speic, cette contrainte a généré une activité d'étude très importante sur l'exercice, notamment pour deux chantiers où intervient également VINCI Environnement : l'unité de valorisation thermoélectrique de Chambéry, pour la mise aux normes de la ligne III (avec une tranche conditionnelle de remplacement des deux lignes plus anciennes), et l'épuration des fumées du traitement des boues de l'usine du Siaap à Achères.

Au total, pour VINCI Environnement, 2005 s'est achevée par une nouvelle et forte croissance de l'activité, dans le prolongement d'un mouvement amorcé depuis plusieurs années. De 22 M€ en 2002, le chiffre d'affaires du pôle a en effet atteint 75 M€ en 2005, tandis que son effectif doublait, passant de 50 à 105 personnes.

### Suivre l'évolution des déchets

Pour faire face à un avenir également placé sous le signe du développement en France, où rien ne laisse prévoir de diminution de la demande, comme à l'international, où le pôle peut compter sur l'"effet groupe", VINCI Environnement et Speic travaillent à se renforcer à la fois sur le plan des moyens humains et des solutions techniques.

"Bien que l'environnement soit un des grands thèmes de l'époque, nous avons beaucoup de mal à recruter, en particulier des projeteurs, pour lesquels n'existe pas de filière spécialisée", regrette Alain Mendiboure. Dans ce métier qui demande à la fois beaucoup de compétences et d'expérience, ce sont donc les plus expérimentés qui for-



### MONTPELLIER : LA PLUS IMPORTANTE UNITÉ DE MÉTHANISATION CONSTRUITE EN FRANCE

Centre de valorisation biologique de Montpellier

Montpellier biological recycling centre

Développé par la société suisse W. Schmid AG au début des années 1990, le procédé de digestion anaérobie – ou de méthanisation – Kompogas, permet de valoriser la partie fermentescible des ordures ménagères, des déchets verts, des déchets organiques ou tout mélange de ces déchets en produisant du biogaz et du compost. Sa mise en œuvre, précédée d'une étape de préparation consiste en une fermentation contrôlée d'une durée de 15 à 20 jours dans un réacteur horizontal caractéristique du procédé, après quoi le digestat est pressé et composté, les issues liquides étant soit épurées, soit valorisées en épandage en décharge.

Avec une capacité annuelle de traitement de 200 000 t, l'unité qui va être mise en chantier à la mi-juin dans la ZAC Garosud de Montpellier pour le compte de la communauté d'agglomération sera la plus importante de France et la première mettant en œuvre le procédé Kompogas. Conçue par le cabinet d'architectes ATE, elle sera réalisée par un groupement VINCI Environnement-Sogea Sud pour un montant de 68 M€. Elle produira annuellement en biogaz l'équivalent de 30 000 MWh ainsi que 32 000 t de compost, qui sera valorisé en espaces verts ou en agriculture. Après une phase de chantier de 18 mois et 12 mois de mise en route, l'exploitation de l'unité devrait donc commencer début 2009.



**L'unité de valorisation énergétique de Sarran, près d'Orléans (Loiret)**  
**The energy recovery unit at Sarran, near Orléans (Loiret region)**



**Équipements du traitement des fumées de l'usine d'incinération de Brest (Finistère)**  
**Fume treatment equipment of the Brest incineration plant (Finistère region)**



**Mise en place des équipements du traitement des fumées de l'usine d'incinération d'Haguenau (Bas-Rhin)**

**Installation of fume treatment equipment for the Haguenau incineration plant (Lower Rhine region)**

ment les jeunes recrues. Quant à l'offre technique, elle doit suivre l'évolution des déchets. Les grilles refroidies à l'eau ont ainsi fait leur apparition pour pouvoir traiter des déchets dont le pouvoir calorifique est toujours plus élevé. À Brest, Speic a mis en œuvre pour la première fois en France un procédé innovant d'élimination catalytique des oxydes d'azote (déNOx), développé à l'origine par les pétroliers américains. "Alors que nous concentrons nos efforts commerciaux sur la promotion de la méthanisation, nous menons en partenariat une réflexion sur la biomasse, explique Fabien Genest, directeur commercial de VINCI Environnement, en particulier la valorisation des déchets de bois par gazéification, qui peut constituer une intéressante voie de diversification. Enfin, dans le domaine du

traitement des gaz, nous travaillons à anticiper la demande des industriels, que la réglementation ne concerne pas encore – mais pour combien de temps? À côté des industriels (centrales thermiques, sidérurgie) qui nous ont sollicités sur des demandes bien précises d'équipements, nous nous intéressons à d'autres secteurs par exemple l'industrie verrière, où les professionnels sont demandeurs. Mais c'est un domaine où nous avançons avec prudence, car là aussi les risques sont très importants."

### ■ EXTRACT : UN SAVOIR-FAIRE RENDU INDISPENSABLE PAR LA LOI SUR L'EAU

Avant de susciter de nouvelles opportunités d'activité en dragage et en curage, la loi sur l'eau, promulguée en 1992, a d'abord contraint EMCC, filiale de Sogea Construction spécialisée en travaux maritimes et portuaires et leader sur ce marché, à acquérir une compétence en traitement des sédiments de dragage ou de curage. Plutôt que de développer cette compétence en interne, EMCC décide en 1999 de racheter Extract, une entreprise qui a approfondi son expérience par une pratique d'une dizaine d'années aux Pays-Bas, un pays éminemment concerné par les problématiques de pollution de couches aqueuses, et qui offre des compétences d'ingénierie et de travaux tout à fait complémentaires des siennes.

"Nous réhabilitons tout site aquatique ou ouvrage d'assainissement urbain ou industriel, et notre capacité de traitement est d'environ 300 000 m<sup>3</sup> par an, à quoi s'ajoutent depuis 2004 les 40 000 t

Sur le plan d'eau du Grand Large (150 ha), dans la région de Lyon, a été créée une zone naturelle de 4 ha, isolée par un rideau de palplanches (en haut). Cette zone, à reconquérir, a été comblée avec 100 000 m<sup>3</sup> de sédiments extraits du plan d'eau et conditionnés grâce au procédé de "floculation en ligne" d'Extract. Cette opération s'est déroulée entre avril et octobre 2004; au printemps 2005, la nature commençait à coloniser la zone (en bas)

*On the Grand Large reservoir (150 ha), in the Lyons region, a 4-ha nature area has been created, isolated by a sheet piling curtain (top). This area, to be reclaimed, was filled with 100,000 cu. m of sediments extracted from the reservoir and conditioned by the Extract "in-line flocculation" process. This project was carried out between April and October 2004; in the spring of 2005, nature was beginning to colonise the area (bottom)*



de capacité de traitement de Tra-sable, une installation fixe située dans le port de Gennevilliers (Hauts-de-Seine), où sont traités les sables d'assainissement en provenance de Paris et du Nord-Ouest parisien", explique Rodolphe Benaddou, le directeur d'Extract.

Très vite après l'acquisition, les synergies se mettent en place au sein de Sogea Construction, et la nouvelle venue enchaîne les réalisations : déblaiement du bassin du Queen Mary II aux Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire, désenvasement du port de plaisance de Vannes (Morbihan) avec Armor; décontamination de matériaux avec Salvarem, une filiale de VINCI; curage du ru de Gironde à Villeneuve-le-Roi, de bassins d'usines de traitement des eaux exploitées par Sogea Construction, et tout récemment dragage du canal du Jars avec Tournaud pour la communauté d'agglomération de Valenciennes; contrat sur trois ans pour le traitement des sédiments de dragage du port autonome de Paris à Bonneuil avec EMCC.

**Préserver les riverains**

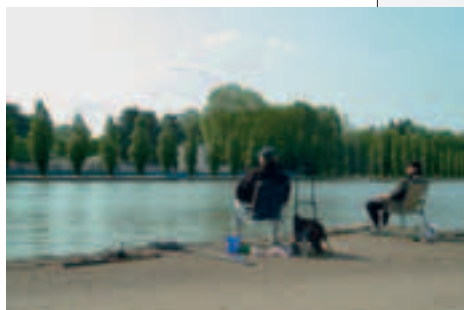
En pratique, l'intervention d'Extract se décompose en une phase d'étude (bathymétrie), afin d'évaluer les volumes de sédiments à extraire et de définir la filière de traitement, puis une phase de travaux qui conduit l'entreprise à installer un centre de traitement près du site à traiter. "Notre première

**GRAND CANAL DU PARC DE SCEAUX : 50 000 M<sup>3</sup> EXTRAITS EN 7 MOIS**

Le curage du Grand Canal du parc de Sceaux (8,8 ha) a été réalisé de décembre 2004 à septembre 2005 par les équipes d'Extract. 50 000 m<sup>3</sup> de sédiments ont été extraits par le procédé écologique et environnemental développé par Extract. Curage par drague aspiratrice dotée de spécificités pour limiter les impacts sur le milieu aquatique (en haut). Traitement des eaux et des sédiments par une centrale mobile conçue pour travailler en milieu urbain, aucune nuisance pour les usagers et les riverains (en bas)

*Cleansing of the Great Canal in Sceaux Park (8,8 ha) was performed from December 2004 to September 2005 by Extract's personnel. 50,000 cu. m of sediments were extracted by the ecological, environmentally-friendly process developed by Extract. Cleansing by suction dredger provided with specific features to limit impacts on the aquatic environment (top). Water and sediment treatment by a mobile unit designed to operate in an urban environment, no nuisance for the users and riparians (bottom)*

Après une phase d'étude destinée à déterminer les niveaux d'envasement et à délimiter les zones polluées, le curage du grand canal du parc de Sceaux, qui n'avait pas été nettoyé depuis près de 30 ans, a été réalisé entre février et septembre 2005 sans que l'intervention d'Extract affecte les habitudes des promeneurs ou des cygnes familiers du lieu, car les matériaux extraits à l'aide d'une mini-drague étaient acheminés par une conduite jusqu'au centre de traitement installé en retrait. Aménagé au XVII<sup>e</sup> siècle par le fils de Colbert, le grand canal (1 000 m de longueur, 153 000 m<sup>3</sup> d'eau) est alimenté pour partie par le ru d'Aulnay, qui y déverse son trop-plein – ainsi que sa pollution – en cas de forte pluie. Réalisée pour le compte du Conseil général des Hauts-de-Seine, cette opération, qui a permis d'extraire et de traiter 50 000 m<sup>3</sup> de sédiments, est liée à la réhabilitation du ru qui prévoit l'aménagement d'un bassin de stockage et de dépollution souterrain sous la plaine des Quatre-Statues.



règle est de préserver les riverains, ce qui nous amène à utiliser un matériel spécial ne générant ni nuisances sonores, ni nuisances olfactives, indique Rodolphe Benaddou, qui mentionne la double certification qualité (ISO 9001) et environnement (ISO 14 001) acquise par la société en 2005. À Vannes, poursuit-il, où le port de plaisance se trouve en plein centre-ville, Extract avait installé son centre de traitement à 2 km de distance, et les matériaux extraits transitaient via une conduite étanche. En 2005, le traitement du grand canal du parc de Sceaux (cf. encadré "Grand canal du parc de Sceaux : 50 000 m<sup>3</sup> extraits en 7 mois) a été réalisé avec les mêmes exigences de discrétion."

Cœur du process mis en œuvre par Extract, le tri granulométrique permet de séparer les différents composants du matériau extrait : déchets divers par dégrillage ; sables et graviers (entre 5 mm et 63 microns) par lavage et attrition ; fines (argiles et limons de moins de 63 microns) par floculation ; tandis que l'eau clarifiée est rendue au milieu naturel. L'activité d'Extract est donc simultanément une activité de production de matériaux, "mais en l'absence de filière de recyclage, ceux-ci doivent pour l'essentiel être gérés comme des déchets<sup>1</sup>", regrette Rodolphe Benaddou, pour qui le débouché logique d'une activité environnementale est évidemment la valorisation.

En attendant que le recyclage devienne réalité pour les résidus de sédiments comme il commence à le devenir pour les déchets de chantier, Extract travaille à améliorer les performances de ses procédés, tant sur le plan économique qu'environnemental. La "floculation en ligne", qui a été développée avec EMCC, permet ainsi de décanter des sédiments sans recourir aux bassins de décantation, qui immobilisent longuement des terrains et alourdissent les coûts de réalisation. Grâce à une pièce permettant l'injection d'un adjuvant à base polyacrylamide dans le matériau extrait, la décantation s'opère en effet directement dans la conduite. Présenté au Prix de l'Innovation VINCI 2005, ce procédé, qui a été mis en œuvre en 2005 sur le plan d'eau du Grand Large (Rhône), a été récompensé par le prix spécial Développement durable – belle illustration des synergies créatrices d'activité qui inspirent l'investissement de Sogea Construction dans les métiers de l'environnement.

1. Les sables et graviers, matériau "propre et inerte" sont utilisés en remblaiement de carrière tandis que les fines, où se concentrent les pollutions, sont envoyées selon les cas en centre d'enfouissement technique de classe I ou II, en biocentre où peuvent être dégradés leurs polluants organiques, ou en décharge de classe III.

## ABSTRACT

### **Water, waste, fume and sludge treatment : four catalyst activities at Sogea Construction**

*D. Haegel, A. Mendiboure, F. Genest, R. Benaddou*

**Alongside its historic businesses of building, civil engineering and hydraulic engineering, Sogea Construction (VINCI group) has acquired competencies – that it is developing – in water, waste, fume and sludge treatment, which enable it to propose integrated civil engineering/process offerings and meet the legal requirements in its dredging and cleansing activity. Broadening the range of technical solutions available, these overall offers arouse interest from clients and are undergoing major development.**

## RESUMEN ESPAÑOL

### **Tratamiento del agua, de los residuos, de los humos y de los lodos : cuatro actividades en sinergia**

*D. Haegel, A. Mendiboure, F. Genest y, R. Benaddou*

**Junto a sus actividades históricas, construcción, ingeniería civil, hidráulica, Sogea Construction (grupo VINCI) se ha dotado de competencias – que desarrolla – para el tratamiento del agua, de los residuos, de los humos y de los lodos, que le permiten proponer diversas ofertas integradas de ingeniería civil - procesos y de satisfacer las exigencias de la ley en su actividad de dragado-limpieza. Al ampliar el abanico de soluciones técnicas disponibles, estas ofertas globales provocan el interés de los responsables de las decisiones y son objeto de un importante desarrollo.**